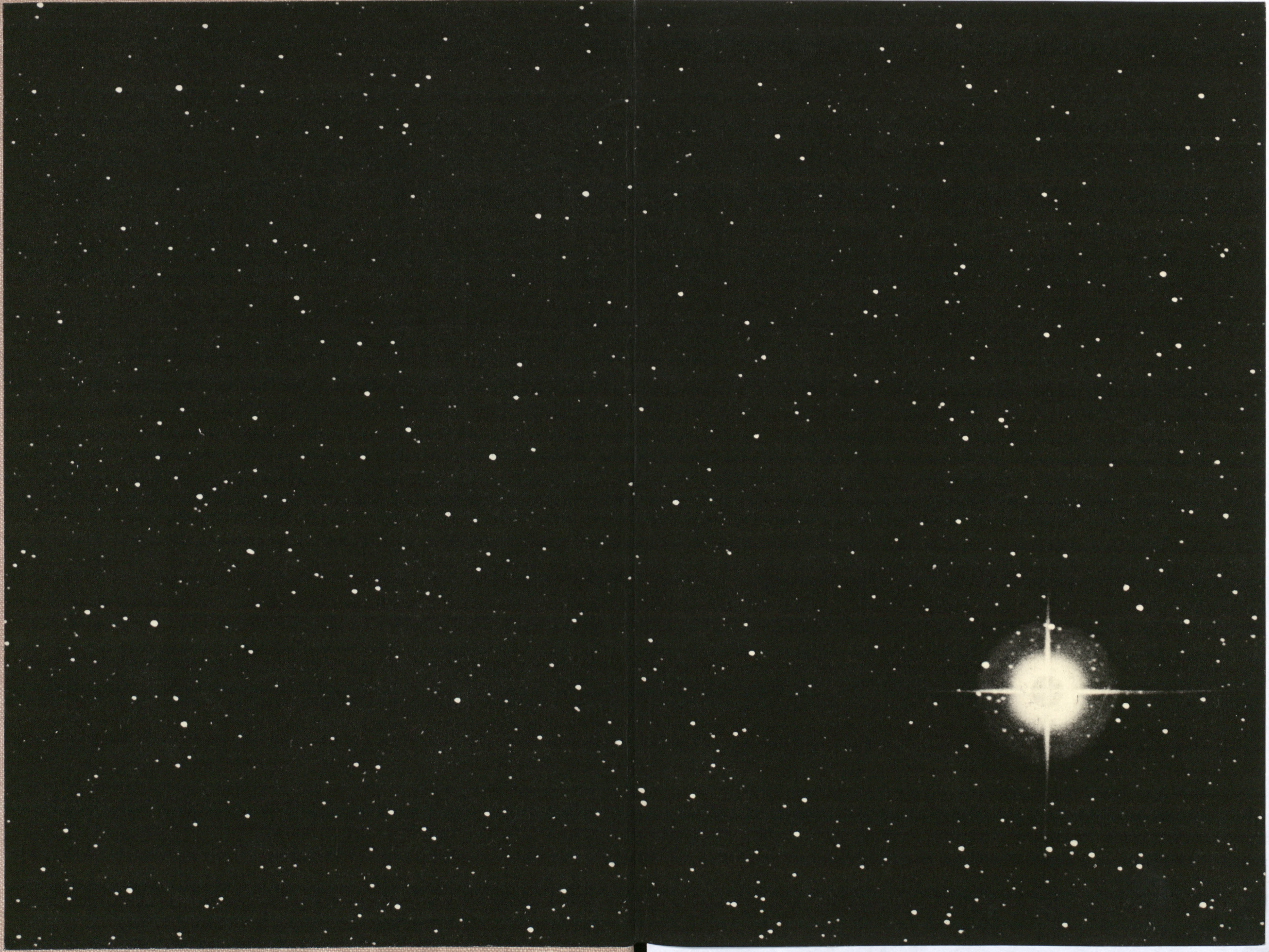
MIKOŁAJ
KOPERNIK
dzieła wszystkie

II



POLSKA AKADEMIA NAUK

MIKOŁAJ KOPERNIK
DZIEŁA WSZYSTKIE

II

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

MIKOŁAJ KOPERNIK
O OBROTACH

WARSZAWA — KRAKÓW MCMLXXVI

PRZYGOTOWANO STARANIEM

KOMITETU HISTORII NAUKI I TECHNIKI

ORAZ ZAKŁADU HISTORII NAUKI,

OŚWIATY I TECHNIKI

POLSKIEJ AKADEMII NAUK

MIKOŁAJ KOPERNIK

O OBROTACH

Przekład:

Mieczysław Brożek (ks. I)
Stefan Oświecimski (ks. II—VI)

Komentarz:

Aleksander Birkenmajer (ks. I, rozdz. 1—11)
Jerzy Dobrzycki (ks. I, rozdz. 12 — ks. VI)

Redaktor tomu:

Jerzy Dobrzycki

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA

Przekazywany obecnie Czytelnikom nowy polski przekład *De revolutionibus* Mikołaja Kopernika stanowi realizację zamierzenia, podjętego przez Polską Akademię Nauk w związku z obchodami kopernikowskimi w roku 1953. Wydano wówczas łacińsko-polski tom, zawierający krytyczną edycję tekstu łacińskiego pierwszych jedenastu rozdziałów I księgi *Obrotów*, przygotowaną przez Ryszarda Gansińca, polski przekład tego tekstu dokonany przez Mieczysława Brożka oraz komentarze Aleksandra Birkenmajera, który był również autorem „Przedmowy" i redagował całość dzieła [1]. Ukazało się ono w przededniu setnej rocznicy opublikowania przez warszawskiego astronoma, Jana Baranowskiego, pism Kopernika w wersji oryginalnej i tłumaczeniu polskim; po raz pierwszy właśnie w roku 1854 *De revolutionibus* wydane zostało w przekładzie na język nowożytny.

Wydanie dzieł Kopernika kontynuuje powołana w Zakładzie Historii Nauki i Techniki PAN Pracownia Badań Kopernikańskich. Reprodukcja autografu *De revolutionibus* wraz z analizą i historią rękopisu, opracowaną przez Jerzego Zatheya, opublikowana została jako pierwszy tom wersji polskiej (1972) i wersji łacińskiej (1973) *Dzieł wszystkich Mikołaja Kopernika*. Edycja krytyczna całego tekstu łacińskiego *Obrotów*, wykonana przez Ryszarda Gansińca i po jego śmierci przygotowana do druku przez Juliusza Domańskiego przy współpracy Jerzego Dobrzyckiego, wydana została w roku 1975 jako tom II *Opera omnia*. W obecnym II tomie *Dzieł wszystkich*, zawierającym polski tekst *Obrotów*, całość pierwszej księgi przełożył Mieczysław Brożek. Pozostałe księgi, od drugiej do szóstej, tłumaczył Stefan Oświecimski, który też w oddzielnym „Słowie od tłumacza" (s. XVII—XXVI) przedstawił problematykę przekładu i przebieg prac nad nim.

Tytuł dzieła Kopernika w przedstawionej obecnie formie — *O obrotach* — różni się od tytułu w historycznym już przekładzie J. Baranowskiego[2] i wymienionej wyżej edycji pod redakcją A. Birkenmajera. Odrzucając, zgodnie z łacińską wersją w II tomie *Opera omnia*, nieautentyczną przydawkę „sfer niebieskich", zachowuje wierność wobec wiarygodnej tradycji[3].

W pracach nad całością polskiego przekładu redakcja przyjęła — jako wiążące — te założenia, które sformułował A. Birkenmajer w „Przedmowie" do cytowanego łacińsko-polskiego wydania pierwszej księgi *Obrotów*. Tekst polski pomija więc te fragmenty dzieła, które skreślone zostały w trakcie pracy autora nad autografem i nie weszły do norymberskiego wydania w roku 1543. Podobnie dla tablic liczbowych przyjęto ich wersję odpowiadającą najpóźniejszej postaci dzieła, a więc uwzględniono te zmiany tekstu i wartości liczbowych w autografie, których konieczną konsekwencją jest odpowiednia modyfikacja tablic. Jest rzeczą oczywistą, że dla studiów nad procesem twórczym Kopernika nieodzownym narzędziem pozostają sam autograf, dostępny obecnie w reprodukcji w I tomie obecnych *Dzieł wszystkich*, oraz krytyczne wydanie łacińskie, stanowiące II tom *Nicolai Copernici opera omnia*.

Istotnym problemem wymagającym rozstrzygnięcia była stylistyka przekładu. Zwrócić trzeba bowiem uwagę, że w samym dziele Kopernika występują dwie kategorie języka naukowego. Mamy więc, zwłaszcza w I księdze, treści „kosmologiczne", „opisowe", dające się przed-

[1] *De revolutionibus orbium caelestium liber primus. O obrotach sfer niebieskich księga pierwsza*, Varsoviae 1953.

[2] „O obrotach ciał niebieskich ksiąg sześć".

[3] Por. R. Gansiniec, „Prolegomena", w: *N. Copernici De revolutionibus libri sex*, Varsaviae — Cracoviae 1975, s. XXII.

stawić językiem o bogatej tradycji literackiej i korzystającym z precyzyjnej terminologii filozoficznej. Poza I księgą jednakże dominuje w *Obrotach* język astronomii matematycznej i rachunku liczbowego, nie pozbawiony wieloznaczności terminologicznych, a przy tym nie dysponujący jeszcze sformalizowanym zapisem matematycznym. W tej sytuacji istniały dwie drogi, obie mające precedensy w istniejących przekładach dawnych tekstów naukowych: utrzymanie — mimo wszelkich trudności — charakteru oryginalnego tekstu lub transpozycja treści na język i zapis nowoczesnych nauk matematyczno-fizycznych. To drugie rozwiązanie trudno by było przyjąć dla wersji polskiej, jako zacierające wszelkie indywidualne cechy dzieła i rozbijające spójność z jego partiami opisowymi. Należało więc dążyć do utrzymania w przekładzie literackiego charakteru oryginału; przy tym zadaniem redakcji było zachowanie merytorycznej poprawności przekładu w wymagających odpowiedniego przygotowania zagadnieniach matematycznych i astronomicznych.

Osnową towarzyszących tekstowi *Obrotów* komentarzy są opublikowane w roku 1953 „Objaśnienia" A. Birkenmajera do I księgi, a ściśle mówiąc do pierwszych 11 rozdziałów tej księgi. Pracy nad dalszym ciągiem komentarzy nie mógł już dokończyć zmarły w roku 1967 autor; zachowane jego notatki dotyczą jedynie poszczególnych kwestii w końcowych rozdziałach I księgi (trygonometria) i w II księdze (astronomia sferyczna). Przedrukowując wspomniane już „Objaśnienia" (s. 327–369) wprowadzono jedynie niezbędne uzupełnienia, oznaczone gwiazdką oddzielającą późniejszy dodatek od oryginalnego tekstu. Kontynuacją pracy A. Birkenmajera są przypisy (s. 369–402) do pozostałej, objętościowo zresztą dużo większej, części dzieła Kopernika. Odmiennej od I księgi tematyce ksiąg II–VI odpowiada i charakter przypisów, starających się zadośćuczynić postulatowi zwięzłości, wyrażonemu przez A. Birkenmajera w przedmowie do „Objaśnień".

W treści przypisów użyto skrótowej formy odsyłacza do powtarzających się częściej tytułów. Tak więc do obszernej monografii L. A. Birkenmajera *Mikołaj Kopernik, część pierwsza*, Kraków 1900, odsyła skrót „L. A. Birkenmajer, I". Przy powoływaniu się na podstawowe dzieło Ptolemeusza, cytowane pod arabsko-łacińskim tytułem *Almagest*, wskazano odnośne miejsca w krytycznej edycji J. L. Heiberga (Lipsk 1898–1903), oznaczając dwa tomy tej edycji przez „Heiberg, I" i „Heiberg, II". Weneckie wydanie *Almagestu* w przekładzie Gerharda z Kremony oznaczamy jako „wyd. 1515 r.". Częste odwoływanie się do Ptolemeuszowego *opus magnum* ma — oprócz bezpośrednich funkcji w komentarzu — i szersze podłoże historyczne. Oba wielkie dzieła — *Almagest* i *Obroty* — łączy bowiem nie tylko dramatyczna przeciwstawność rozwiązań kosmologicznych; mimo tej przeciwstawności książka Kopernika w swej warstwie matematycznej i astronomiczno-praktycznej wywodzi się z antycznej tradycji aleksandryjskiej. Znajomość *Almagestu* stanowi niezbędny, podstawowy klucz do techniki dowodzenia i budowy geometrycznych modeli oraz tablic liczbowych w *Obrotach*. Warto więc zaznaczyć, że treść *Almagestu* dostępna jest obecnie, poza edycją tekstu Heiberga i zaopatrzonymi w adnotacje przekładami na języki francuski, angielski i niemiecki[4], również poprzez świeżo wydane obszerne analityczne przedstawienia O. Pedersena[5] i O. Neugebauera[6].

Przedkładany Czytelnikom obecny tom II *Dzieł wszystkich* zamykają „Indeks osobowy" i „Indeks rzeczowy". Ten ostatni nie jest zbudowany według formalnych kryteriów leksykograficznych. Istotną przeszkodę stanowi tu swobodne operowanie przez Kopernika termi-

[4] *Composition mathématique*, tłum. N. Halma, Paris 1813-1816; *The Almagest*, tłum. C. G. Wallis, Chicago 1952; *Handbuch der Astronomie*, tłum. K. Manitius (2 wyd.) Leipzig 1962–1963.

[5] *A Survey of Almagest*, Odense 1974.

[6] *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, Part I, Berlin — Heidelberg — New York 1975.

nami blisko- lub wieloznacznymi; są to nieraz określenia skrótowe, których znaczenie ulegało zmianie w następujących stuleciach, a które i w szesnastym wieku zrozumiałe były dopiero w odpowiednim kontekście, jak np. hasło (w oryginale łacińskim) *motus*, oznaczające bądź to sam ruch w różnych jego kategoriach, bądź też prędkość tego ruchu, bądź wreszcie położenie ciała niebieskiego na firmamencie, wyrażone w mierze kątowej. Jakie oczywiste trudności wynikają z tej sytuacji dla tłumacza, przedstawia S. Oświecimski we wspomnianym „Słowie od tłumacza". W indeksie rzeczowym natomiast uchwycenie owych wieloznaczności wymagałoby przy szeregu haseł obszernych uzupełniających wyjaśnień i pozbawiłoby tak rozbudowany indeks funkcji praktycznej. Postanowiono więc zawrzeć w skorowidzu po pierwsze normalny wykaz bezosobowych imion własnych, po drugie — przewodnik do astronomii *Obrotów*, umożliwiający odnalezienie tych miejsc tekstu, w których dane pojęcia są definiowane względnie stanowią istotny element wywodów i w których wszelkie parametry matematycznej teorii ruchu ciał niebieskich określane są liczbowo.

Jerzy Dobrzycki

SŁOWO OD TŁUMACZA

Epokowe dzieło Kopernika, napisane w ówczesnym języku międzynarodowym i naukowym, nieprędko się doczekało pełnego przekładu na któryś z języków narodowych. I jest to zresztą zupełnie zrozumiałe: dopóki bowiem to dzieło w całej swej zawartości przedstawiało coś nowego, a przynajmniej aktualnego i, pilnie studiowane, dawało impuls do dalszych badań astronomicznych, język łaciński odgrywał wciąż jeszcze dominującą rolę w życiu umysłowym i kulturalnym, a gdy w późniejszych wiekach stracił ten monopol w sferze politycznej, społecznej i literackiej, to pozostawał przez długi jeszcze czas językiem naukowym, w każdym zaś razie był nadal znany i rozpowszechniony wśród szerokiego ogółu uczonych i, bez względu na dziedzinę uprawianej nauki, trudno było któremukolwiek z nich tłumaczyć się nieznajomością języka łacińskiego. A kiedy na skutek rozwoju badań astronomicznych, których zwrotnym punktem stały się już odkryte przez Keplera trzy prawa ruchu planet, teoria kopernikowska, spełniwszy swe epokowe zadanie i pozostawszy raz na zawsze nienaruszalną podstawą nowożytnej astronomii, przeszła już do historii nauki, nie było również pilnej potrzeby tłumaczenia całego dzieła na języki narodowe. Dla astronomów bowiem i historyków nauki było ono jeszcze przez dłuższy czas dostępne w swym oryginalnym brzmieniu, a dla laików nie znających języka łacińskiego nie na wiele przydaje się najbardziej nawet przejrzysty i skomentowany przekład. Bo też to dzieło nie jest lekturą łatwą i nie można go czytać bez ołówka i cyrkla w ręku. Najbardziej więc zainteresowany, lecz ze ściśle naukową stroną astronomii nie obeznany czytelnik po przeczytaniu — z napiętą początkowo, a potem coraz bardziej słabnącą uwagą — pierwszej, i to bynajmniej nie całej, księgi oraz niektórych rozdziałów z drugiej i może jeszcze trzeciej księgi odłoży resztę z ulgą, bo i nawet z tego, co przeczyta, niewiele mu pozostanie więcej w świadomości nad to, co już dawno wie ze szkoły, że Ziemia się obraca wokół własnej osi i wraz z innymi planetami krąży dookoła Słońca. Cały zaś aparat dowodowy, oparty na obserwacji gwiazd, dyskusji geometrycznej i obliczeniach matematycznych, jakimi są przepełnione zwłaszcza ostatnie trzy księgi, pozostanie dlań zupełnie nieuchwytny jak jakaś ściśle hermetyczna czy wręcz tajemna nauka. A powodem tego jest może nawet nie tyle trudność samego przedmiotu rozprawy, wymagającego oprócz znajomości zjawisk astronomicznych również pewnej wyobraźni — że tak powiem — sferycznej, pozwalającej przedstawić sobie plastycznie w skomplikowanej gmatwaninie orbit i epicyklów wzajemne ich powiązanie i odbywających się na nich ruchów, ile to, że Kopernik, zgodnie z zapowiedzią w przedmowie do papieża Pawła III, pisze dla specjalistów i dlatego, przeceniając nawet ich możliwości, nie stara się systematycznie i stopniowo krok za krokiem wiązać poszczególnych elementów swoich dowodzeń i obliczeń w jeden nieprzerwany logiczny ciąg, lecz często skraca tok argumentacji, przeskakując jej pośrednie ogniwa, i daje ostateczny jej rezultat, zadowalając się stwierdzeniem, że to i tamto jasno przecież wynika z poprzednich wywodów. A że nie wszystko jest jasne nie tylko dla nowożytnych astronomów, ale takie zapewne było również nieraz nawet dla ucznia Kopernika Retyka, jak można sądzić z niektórych mylnych jego poprawek w autografie i w pierwszym wydaniu oraz z przeoczeń pomyłek samego Kopernika, to już inna sprawa. W każdym razie ta kopernikowska brachylogia i brachygrafia zmuszają czytelnika, jeżeli chce mieć pewność, że dobrze pojął myśl autora, do obciążenia pamięci znacznie wcześniej podanymi liczbami, do szukania w poprzednich rozdziałach, a nawet księgach, owych pominiętych ogniw argumentacji i do przeprowadzania na własną rękę obliczeń, bez czego niejednokrotnie zrozumienie tekstu jest wprost niemożliwe.

Toteż nic dziwnego, że pierwszy, ale też i jedyny aż do połowy XIX wieku przekład, którego dokonał matematyk angielski Thomas Digges już w 1576 r. (*A parfit description of the caelestial orbes*), obejmował tylko kilka rozdziałów z księgi pierwszej, zawierających czysto opisowe i ogólne streszczenie teorii heliocentrycznej, i dlatego tylko, sądzę, cieszył się zapewne dużą poczytnością, skoro — jak twierdzi prof. Henryk Zins (*Mikołaj Kopernik w angielskiej kulturze umysłowej epoki Szekspira*, Wrocław 1972, s. 78), a o czym *Bibliografia kopernikowska 1509–1955* Henryka Baranowskiego (Warszawa 1958) nie wspomina — do 1605 r., a więc w przeciągu niespełna 30 lat, był aż siedmiokrotnie wznawiany. I taką też wyłącznie opisową lub filozoficzno-polemiczną treść zawierają następne z kolei przekłady cząstkowe, które po kilkuwiekowej przerwie od czasów Thomasa Diggesa zaczęły się ukazywać raz po raz dopiero od drugiej połowy XIX wieku, kiedy już istniał pierwszy pełny przekład — polski z 1854 r., a nawet drugi — niemiecki z 1879 r. Niektóre tylko z nich stanowią same dla siebie całość, jako osobne publikacje, i zawierają pierwszą księgę, rzadko całą, przeważnie bez ostatnich trzech rozdziałów, przedstawiających wykład geometrii koła oraz trygonometrii płaskiej i sferycznej. Pozostałe natomiast przekłady wchodzą w obręb innych, mniejszych lub większych, czasem bardzo obszernych prac, jako swego rodzaju wypisy ilustrujące teorię kopernikańską lub w ogóle rozwój myśli naukowej, i dlatego często są mniej lub więcej dosłownym przedrukiem z wcześniejszych tego rodzaju publikacji. Drobna wreszcie ich część została przedrukowana w artykułach lub sama dla siebie w czasopismach naukowych, a nawet w prasie codziennej. Wszystkie one zawierają nieduże tylko fragmenty dzieła Kopernika, preferując przede wszystkim lub wyłącznie przedmowę do papieża Pawła III i wstęp do księgi pierwszej oraz jej rozdział X o systemie układu słonecznego. Niektóre tylko z nich obejmują kilka rozdziałów tejże księgi. Ilościowo są wprawdzie te tłumaczenia dosyć liczne, bo do 1955 r. wynoszą ponad 35 pozycji, jednak wobec istnienia pełnych przekładów nie budzą one już większego zainteresowania i dlatego tylko przykładowo wymienię z nich niektóre ważniejsze, przede wszystkim polskie, a z obcych obszerniejsze i bardziej oryginalne, odsyłając zresztą zainteresowanych do wspomnianej wyżej *Bibliografii kopernikowskiej* z lat 1509–1955 H. Baranowskiego. Tu niech wystarczy poniższy przegląd:

1. *Kopernikijana, czyli Materiały do pism i życia Mikołaja Kopernika*, zebrał Ignacy Polkowski. Gniezno, t. I, 1873, s. 61–65: przedmowa do dzieła i wstęp do księgi pierwszej.
2. *Złota przędza poetów i prozaików polskich*, red. P. Chmielowski. Tom IV, 1887, s. 144–149: treść jak wyżej.
3. Piotr Chmielowski, *Obraz literatury polskiej*. Warszawa, t. I, 1898, s. 118–121: jak wyżej.
4. *Mikołaj Kopernik. Wybór pism w przekładzie polskim*. Wydał, przypisami objaśnił i wstępem poprzedził Ludwik Antoni Birkenmajer. Biblioteka Narodowa, seria I, nr 15. Kraków 1920. Wydanie drugie, przerobione i rozszerzone, 1926. — Tomik ten zawiera, oprócz innych pism Kopernika, przedmowę do dzieła *De revolutionibus* i pierwszą jego księgę bez ostatnich trzech rozdziałów, a z pozostałych pięciu ksiąg tylko wstępy do nich (w księdze III, z braku takowego, rozdział I) i tytuły poszczególnych rozdziałów.
5. *Humanizm i reformacja w Polsce. Wybór źródeł do ćwiczeń uniwersyteckich*. Wyd. I. Chrzanowski i S. Kot. Lwów 1927, s. 175–178: przedmowa.
6. *Dzieje rozwoju fizyki w zarysach*. Warszawa, t. I, 1931 i 1935, s. 31–35: różne drobne fragmenty.
7. *Nicolaus Copernicus, De revolutionibus orbium caelestium liber primus. — Mikołaj Kopernik, O obrotach sfer niebieskich księga pierwsza*. Varsoviae MCMLIII. Tekst łaciński ustalił Ryszard Gansiniec. Na język polski przełożył Mieczysław Brożek. Objaśnieniami opatrzył Aleksander Birkenmajer.

Pozostałe polskie przekłady obejmują zbyt drobne, skądinąd zresztą przedrukowane, fragmenty, ażeby warto było je tu wymieniać.

8. *Die Trigonometrie von Copernicus*, übers. v. C. L. Menzzer: Jahresberichte der höheren Bürgerschule zu Halberstadt, 1857, s. 21nn.: XIII i XIV rozdział księgi pierwszej.

9. *Nicolaus Copernicus aus Thorn, Über die Umdrehungen der Himmelskörper. Aus seinen Schriften und Briefen.* Auswahl und Nachwort sind von Hermann Rauschning. Die Übersetzungen aus dem Lateinischen besorgte Tassilo Schultheiss. Poznań 1923, s. 1–32: przedmowa do dzieła i dziesięć pierwszych rozdziałów księgi pierwszej.

10. *Auszüge aus den Werken von Kopernikus. In neuer deutscher Übersetzung von Karl Zeller.* W: *Nikolaus Kopernikus. Bildnis eines grossen Deutschen*, hrsg. v. Fritz Kubach. München 1943, s. 33–60: przedmowa do dzieła i kilka rozdziałów (I, II i IV do X) księgi pierwszej.

11. Alfons Kauffeldt, *Nikolaus Kopernikus*. Berlin 1954, s. 124–128: przedmowa do dzieła oraz VII i VIII rozdział księgi pierwszej.

12. *Über die Kreisbewegungen der Weltkörper. Erstes Buch. Zweisprachige Ausgabe.* Herausgeg. und eingeleitet von Georg Klaus. Anmerkungen von Aleksander Birkenmajer. Berlin 1959. Akademie-Verlag (Philosophische Studientexte).

13. Dorothy Stimson, *The Gradual Acceptance of the Copernican Theory of the Universe.* New York 1917, s. 109–115: przedmowa do dzieła.

14. H. Shapley, E. Helen Howard, *A Source Book in Astronomy*. New York 1929, s. 1–12: kilka rozdziałów księgi pierwszej.

15. *Nicolaus Copernicus, De Revolutionibus. Preface and book I.* Translated by John F. Dobson, assisted by Selig Brodetsky. London 1947. 2 wyd. 1955. Royal Astronomical Society's Occasional Notes Nr. 10, s. 3–32: przedmowa do dzieła, pierwsza księga i komentarz.

16. *Nicolas Copernic, Des Révolutions des Orbes Célèstes.* Traduction, avec introduction et notes par A. Koyré. Paris 1934 (Textes et traductions pour servir à l'histoire de la pensée moderne. Collection dirigée par Abel Rey): obok tekstu łacińskiego przekład pierwszej księgi, bez ostatnich trzech rozdziałów, oraz tytułów poszczególnych rozdziałów pozostałych pięciu ksiąg.

17. *Nikolaj Kopernik. Sbornik statej.* Moskva 1947, s. 187–213: pierwsze dziesięć rozdziałów księgi pierwszej w przekładzie F. A. Petrovskiego.

Dopiero kiedy znajomość łaciny, wypieranej coraz bardziej przez języki narodowe z literatury naukowej, zaczęła również zanikać wśród samych uczonych, a jednocześnie historia nauki, uprawiana dotychczas raczej dorywczo i przez amatorów, zaczęła budzić coraz większe zainteresowanie, powstała prawdziwa potrzeba dokonania pełnego przekładu całego dzieła astronomicznego Kopernika, przy czym niemałą rolę stymulacyjną odgrywały tu rocznice jubileuszowe.

Zaszczyt pierwszego w ogóle tłumacza dzieł Kopernika — bo przecież od 1576 r. istniał tylko jedyny fragmentaryczny przekład Thomasa Diggesa, który ze względu na swą nikłą objętość ledwie może pretendować do takiego miana — przypadł Polakowi, dyrektorowi Obserwatorium Astronomicznego w Warszawie, Janowi Baranowskiemu (1800–1879), profesorowi astronomii w Szkole Głównej w latach 1862–1869, a pełny tytuł jego dwujęzycznego wydania dzieł Kopernika brzmi: *Nicolai Copernici Torunensis De revolutionibus orbium coelestium libri sex. Accedit G. Joachimi Rhetici Narratio prima, cum Copernici nonnullis scriptis minoribus nunc primum collectis, ejusque vita. Mikołaja Kopernika Toruńczyka O obrotach cial niebieskich ksiąg sześć. Nadto Opowiadanie pierwsze J. Joachima Retyka, różne pisma mniejsze M. Kopernika teraz zebrane i życiorys jego.* Varsaviae, Typis Stanislai Strąbski. Anno MDCCCLIV.

W Warszawie, w Drukarni Stanisława Strąbskiego, Roku 1854. A do wykonania tego zadania Baranowski był jak najbardziej upoważniony i przygotowany i jako astronom pierwszej rangi, i jako znający niewątpliwie dobrze język łaciński, czego dowodem m. in. jest również to, że sporządzając swoje wydanie w dwóch językach cały swój wstęp i wszystkie własne uwagi napisał także w języku łacińskim, któremu nic nie można zarzucić co do poprawności, a nawet pewnej elegancji. Znał więc astronomię, rozumiał tekst łaciński, nie zawsze natomiast rozumiał samego Kopernika. Bo też nie był historykiem astronomii w pełnym znaczeniu tego słowa, a niektóre wyobrażenia Kopernika, tkwiące jeszcze w astronomii starożytnej i kontynuującej ją średniowiecznej, są dla astronomów nowożytnych zgoła już obce i niezrozumiałe nawet w takim kontekście, który jest zupełnie poprawny i przejrzysty, a cóż dopiero w tych miejscach, które są albo chyba zepsute, albo przynajmniej przez samego autora z pośpiechu czy w wyniku skrótu myślowego niestarannie sformułowane. Miejsca te są szkopułem wszystkich tłumaczy i we wszystkich dotychczasowych przekładach, z których zapewne niejeden sięgał po poradę i natchnienie do dzieła Baranowskiego lub innego swego poprzednika i z kolei sam był takim poradnikiem dla następców, przekazywane przeważnie takim właśnie systemem łańcuszkowym, pozostały w większości wypadków równie mętne jak w oryginale, przy czym niejednokrotnie w wyraźnej z nim niezgodzie, a nawet wręcz sprzeczności. Spośród wszystkich innych jednak przekładów, a przynajmniej tych, które miałem sposobność poznać, tłumaczenie Baranowskiego wyróżnia się szczególnie tym, że jego autor, mając widocznie na względzie szeroki krąg czytelników, nawet mało obeznanych z astronomią, nie trzyma się dokładnie tekstu oryginalnego tam, gdzie zapewne uważał, iż należy go przedstawić szerzej i wyraźniej: dodaje więc nie tylko całe wyrażenia i zwroty, ale nieraz całe nawet zdania lub zmienia zgoła cały tok rozumowania, przedstawiając sprawę swoimi słowami i ilustrując własnymi obliczeniami, tak że tłumaczenie przybiera czasem charakter parafrazy lub wręcz komentarza. W miejscach natomiast trudniejszych, o których była wyżej mowa, nie daje wprawdzie zazwyczaj takich szerszych wyjaśnień, a gdy daje, to przeważnie błędne, dla uzyskania jednak jakiego takiego sensu tak dalece odbiega od składni oryginału, że sprawia wrażenie, iż jej nie rozumie. Jeżeli nadto weźmie się pod uwagę, że język przekładu Baranowskiego jest już nieco przestarzały, dziewiętnastowieczny, i często razi współczesne ucho wyrażeniami i zwrotami, które wyszły z użycia, oraz niezwykłym szykiem wyrazów, charakterystycznym raczej dla języka łacińskiego, to stanie się zupełnie jasne, że wobec ukazania się nowych i nowoczesnym językiem pisanych przekładów obcojęzycznych, niezbędny jest również nowy przekład w języku polskim. Zasługa jednak tego pierwszego, z natury swej pionierskiego, a przecież w zasadzie dobrze i ze znawstwem rzeczy zrobionego przekładu, pisanego wyraźnie *con amore* i z poczuciem obowiązku polskiego astronoma, jest niezaprzeczalnie ogromna, a wpływ na dalsze przekłady niemały, następni bowiem tłumacze, chociaż i nie znali zapewne języka polskiego lub bardzo słabo, wyraźnie z niego, przynajmniej sporadycznie, korzystali.

Pierwszym z nich był C. L. Menzzer, profesor gimnazjalny w Halberstadt i zapewne astronom z wykształcenia, jak na to wskazuje dodany do przekładu obszerny komentarz, zawierający nie tylko i przede wszystkim wyliczenia i uzasadnienia rachunkowe wyników liczbowych Kopernika, z uwzględnieniem danych Ptolemeusza, lecz również dosyć liczne wiadomości z historii astronomii. Karta tytułowa tej publikacji brzmi: *Nicolaus Copernicus aus Thorn, Über die Kreisbewegungen der Weltkörper, übersetzt und mit Anmerkungen von Dr. C. L. Menzzer*. Thorn 1879. Drugie jej wydanie (*Unveränderter Neudruck der Originalausgabe Thorn 1879 mit einem Vorwort von Prof. Dr. J. Hopmann, Direktor der Universitäts-Sternwarte zu Leipzig*) ukazało się w Lipsku 1939. Przekład ten, jakkolwiek zawiera niemało jeszcze błędnie zrozumianych miejsc, ze wszystkich, a przynajmniej mi znanych, tłumaczeń, jakie się dotychczas ukazały, jest chyba najlepszy pod względem merytorycznej spoistości i poprawności treści tekstu. Menzzer bowiem, podobnie jak Baranowski — i tym właśnie oba ich przekłady odróżniają się korzystnie od późniejszych — nie trzyma się niewolniczo autografu czy jakiegoś wydania oryginalnego tekstu, bez względu na istniejące w nim pomyłki samego Kopernika oraz błędne poprawki czy to samego autora, czy Retyka lub innego wydawcy, lecz konsekwentnie i starannie dobiera najwłaściwsze lekcje i wersje tekstu łacińskiego zarówno z autografu, jak też z różnych starszych wydań, oraz odpowiednie koniektury z wydań nowszych, a w razie potrzeby poprawia samodzielnie błędne liczby, jeżeli to nie pociąga za sobą dalszych poważnych zmian, lecz jest tylko pojedynczą poprawką doraźnej pomyłki. Wszystkie natomiast późniejsze tłumaczenia są pod tym względem daleko mniej konsekwentne, albo i zgoła niekonsekwentne, przy czym nie chodzi tu nawet o to, że nie dają one zgranej we wszystkich szczegółach i merytorycznie zgodnej treści. Można bowiem w ostateczności zgodzić się na przyjęcie przez tłumacza i takiej zasady, że nie wkracza on w kompetencje autora i nie zamierza korygować jego mimowolnych i niedostrzeżonych potknięć, lecz odtwarza jedynie, bez względu na zawarte w nim pomyłki, nieścisłości i sprzeczności, oryginalny tekst autografu czy to w formie najbardziej pierwotnej — z uwzględnieniem jednak oczywiście poprawek i zmian dokonanych niewątpliwie przez samego autora — czy to już poprawiony i zmieniony nieco przez jakąś drugą rękę. Ale wówczas ta zasada musi być przestrzegana konsekwentnie i wręcz rygorystycznie, bez względu na to, czy te sprzeczności lub niedokładności są mniej czy więcej rażące. Jest to niezbędny warunek, przy którego zachowaniu tłumacz jakby umywał ręce i staje się jedynie biernym pośrednikiem między autorem i czytelnikiem. Tej jednak właśnie konsekwencji w przekładach, które z kolei wymienię i które się ukazały w ostatnich czasach z racji zbliżającej się rocznicy kopernikowskiej, zgoła nie widać, gdy bowiem w jednych miejscach tłumacze dokonują poprawek, dobierając odpowiednie wersje z różnych wydań, to w innych, nierzadko sąsiednich i z poprzednich danych bezpośrednio wynikających liczbach jakby tej potrzeby narzucającej się wprost korektury nie dostrzegali.

Ale już i ta wyżej wspomniana zasada, choćby najrygorystyczniej stosowana, rozmija się w rzeczy samej z celem, gdyż sam fakt tłumaczenia zakłada z góry, że przekład przeznaczony jest dla przeciętnego czytelnika, który nie będzie go konfrontował z oryginałem i w ten sposób doszukiwał się właściwego sensu niezgodnych z resztą miejsc. Taki bowiem przekład pozostawia czytelnika sam na sam z nie zharmonizowanym treściowo tekstem i każe mu samodzielnie uzupełniać braki i prostować pomyłki, co możliwe jest tylko przy jednoczesnym dodaniu do przekładu aparatu krytycznego, który by zawierał — oczywiście również w tłumaczeniu — wszystkie odmiany tekstu i koniektury. Wprawdzie może go zastąpić dobry i szczegółowy komentarz, ale i w tym wypadku znacznie praktyczniej i bardziej celowe jest dać jednolity i merytorycznie uzgodniony tekst i dopiero w komentarzu wskazać na rozbieżność z oryginałem i wyjaśnić, dlaczego wersja oryginalna jest niezgodna z kontekstem. Niewątpliwie bowiem lepiej jest czytać od razu tekst zupełnie zrozumiały niż taki, którego sens trzeba dopiero rekonstruować z pomocą komentarza.

W tymże samym 1939 r., w którym wznowiony został niemiecki przekład Menzzera, ukazało się również angielskie tłumaczenie, którego dokonał Charles Glenn Wallis: *On the Revolutions of the Celestial Spheres*. New York 1939 (właściwie Annapolis, przy St. John's College, 1938–1939). Było to jednak wydanie powielane, stąd stosunkowo mało dostępne, a więc i mało znane, zwłaszcza w Europie. W formie drukowanej wyszło ono dopiero w 1952 r. w 16 tomie (s. 479–838) serii *Great Books of the Western World*, wydawanej pod redakcją Maynarda Hutchinsa przez Encyclopaedia Britannica przy współpracy Uniwersytetu w Chicago. Tom ten zawiera również przekład angielski *Almagestu* Ptolemeusza (tłum. R. Catesby Taliaferro) oraz J. Keplera *Epitome astronomii kopernikańskiej* i *Harmonii świata* (tłum. C. G. Wallis), a jego karta tytułowa brzmi: *The Almagest*, by Ptolemy. *On the Revolutions of the Heavenly*

Spheres, by Nicolaus Copernicus. *Epitome of Copernican Astronomy: IV and V. The Harmonies of the World: V*, by Johannes Kepler. Chicago-London-Toronto-Geneva-Sydney-Tokyo. Przypisy, zastępujące komentarz, są nieliczne i dotyczą raczej konfrontacji Kopernika z Ptolemeuszem, nie wyjaśniają natomiast niezgodności zamieszczonych w tekście liczb i rachunków. Ciekawą cechą tego przekładu jest to, że tłumacz czasem nie tylko zmienia pozycję rysunków Kopernika z pionowej na poziomą, ale przekształca je w formę perspektywiczną, tak że koło wygląda jak elipsa, przez co, być może, obraz zyskuje na plastyczności i ułatwia zrozumienie układu poszczególnych elementów, ale jest oczywiście niezgodny z oryginałem. Również pewną nowością przekładu, stosowaną już częściowo przez Menzzera, ale tu znacznie dalej posuniętą, jest zastępowanie wyrażeń oryginału, dotyczących działań matematycznych, przez znaki arytmetyczne (=, +, —, : itp.) i przez układanie formalnych równań. Daje to niewątpliwie dużą przejrzystość w rachunkach i pozwala łatwiej śledzić tok obliczeń, zwłaszcza że tłumacz — jak dotychczas jedyny — nie umieszcza tych równań w ciągłym tekście, lecz wyodrębnia je z niego w formie kolumny. W ten sposób jednak zostaje całkowicie zamazany oryginalny styl Kopernika, który nieraz nawet liczby wyraża słowami; jest to przesadna modernizacja dawnych metod rachunkowych, obca zupełnie duchowi ówczesnej matematyki.

Następny przekład z komentarzem A. A. Michajłowa jest rosyjski: *Nikołaj Kopernik, O vraščenijach nebesnych sfer. Małyj kommentarij.* Posłanie protiv Vernera. Upsalskaja zapis'. Moskva 1964. Ukazał się on w serii „Klasycy nauki" Akademii Nauk, a dokonał go I. N. Viesielovskij, dopuszczając się, podobnie jak Wallis, w większym jednak bodaj stopniu, wspomnianych wyżej niekonsekwencji w traktowaniu merytorycznej zgodności treści i popełniając szereg błędów w tłumaczeniu trudniejszych, a czasem nawet zupełnie jasnych miejsc. Na aprobatę natomiast zasługuje odstąpienie — wprawdzie, niestety, nie wszędzie i nie z równą konsekwencją — od zwyczaju swoich poprzedników zastępowania kopernikowskich terminów słownych, jak stopnie, minuty itp., przez obecnie stosowane symbole i znaki matematyczne.

Kolejny przekład, pozbawiony zresztą komentarza, ukazał się w roku 1969 w języku hiszpańskim: *Revoluciones de las orbitas celestes por Nicolás Copernico.* Traducción al Castellano: Manuel Tagüeña Lacorte, Carlos Moreno Cañadas. México 1969.

Historia niniejszego przekładu sięga początków lat pięćdziesiątych, dokładnie 1952 roku, kiedy to ku uczczeniu — spóźnionej już o dziesięć lat z powodu wojny — 400 rocznicy śmierci Kopernika powstał projekt wydania w oryginale i polskim tłumaczeniu głównego jego dzieła. Do realizacji jednak tego tak poważnego przedsięwzięcia pozostawało czasu bardzo niewiele, co dyktowało ogromny pośpiech, a to, jak wiadomo, nie sprzyja zazwyczaj dobrej robocie i w tym też wypadku przede wszystkim odbiło się niekorzystnie zarówno na toku pracy poszczególnych wykonawców, jak też na ogólnej organizacji i ostatecznym wyniku całej imprezy. Wprawdzie na sześć ksiąg (ok. 30 arkuszy druku), w jakich ujął swe dzieło Kopernik, był cały zespół aż czterech tłumaczy, którzy je rozdzielili między siebie (I — Mieczysław Brożek, II i III — Stefan Oświecimski, IV i V — Rudolf Niemiec oraz VI — Karol Stach), to jednak dla filologów, nie obeznanych z problematyką astronomiczną, a tym mniej z matematycznym aparatem naukowym teorii kopernikańskiej, zaledwie czteromiesięczny termin — od lutego do maja 1952 r. — wykonania pracy był stanowczo za mały, ażeby przekład mógł daleko posunąć się poza stadium roboczego szkicu. Wprawdzie miał być początkowo również konsultacyjny zespół astronomów, ale wkrótce pozostał z nich tylko jeden, inni natomiast szybko się wycofali, oświadczając, że nie są historykami astronomii i nie znają również szczegółowej argumentacji Kopernika, która zresztą w wielu punktach jest nawet dla astronomów mało zrozumiała. Zapowiadająca się więc na szeroką skalę współpraca z astronomami i ich fachowa pomoc ograniczyła się w praktyce do doraźnych konsultacji tego rodzaju, że nie rozpraszały wątpliwości nawet tłumaczy-filologów, pozostawiając ich przeważnie w tej samej, co przedtem, niepewności. A tymczasem logiczny przebieg tej współpracy musiał wyglądać następująco: najpierw astronomowie powinni byli samodzielnie zanalizować na istniejącym już przekładzie polskim Baranowskiego tekst dzieła, ustalić jednolitą terminologię nowoczesną, co było tym ważniejsze, że u czterech tłumaczy mogła ona wyglądać zupełnie rozmaicie, mącąc już tym jednolity styl autora, oraz wynotować tylko te miejsca, które są mało lub zgoła niezrozumiałe, podając ewentualnie możliwą ich interpretację. I dopiero na tej podstawie tłumacze mieliby ułatwione zadanie, gdyż pozostawałoby tylko skonfrontować te miejsca z oryginalnym tekstem i wyciągnąć najbardziej prawdopodobne wnioski co do właściwego ich sensu i znaczenia. Reszta natomiast obszernego tekstu — i zrozumiana już przez poprzedników, i zaaprobowana przez astronomów-konsultantów — nie nastręczałaby większych trudności i sprowadzałaby się praktycznie do czysto stylistycznego sformułowania. Ale tak się sprawa nie potoczyła i w rezultacie tłumacze zostali pozostawieni samym sobie i, zdani na własne szczupłe wiadomości matematyczno-astronomiczne, musieli nie tylko czujnie analizować każde, trudne czy łatwe, zdanie Kopernika, ale i rozwiązywać na własny rozum i intuicję zawiłe jego wywody oraz szukać właściwego sensu dwuznacznych sformułowań nie zawsze starannego tekstu. Jedyny bowiem kompetentny znawca historii astronomii, a w szczególności teorii Kopernika, prof. Aleksander Birkenmajer, który objął ogólną redakcję i nadto miał dać komentarz do całego dzieła, nie był w stanie udzielać na bieżąco konsultacji i ostateczne sprostowanie merytorycznych niedociągnięć przekładu pozostawił sobie na końcową fazę redakcyjną. Toteż w rezultacie zdołał jedynie przygotować wspomniane wyżej wydanie pierwszej księgi, i to bez ostatnich trzech rozdziałów, oraz skontrolować prowizorycznie księgę II i parę rozdziałów księgi III, pozostałych natomiast ksiąg ani nawet tknął, tak że nie wyszły one poza swoją najpierwotniejszą redakcję, poza formę iście roboczej próby.

Obecne trzytomowe wydanie *Dzieł wszystkich* Mikołaja Kopernika w kilku wersjach językowych — ku uczczeniu 500 rocznicy urodzin wielkiego astronoma — daleko oczywiście wybiega poza zakres owej pierwszej zamierzonej edycji kopernikowskiej. Toteż musiało być pomyślane znacznie wcześniej, do czego zresztą skłaniało również doświadczenie zdobyte przy realizacji poprzedniego przedsięwzięcia. Sam już bowiem tylko przekład polski wymagał jeszcze długiego czasu pracy, zanim mógł pójść pod prasę drukarską. Wprawdzie tekst tłumaczenia był w zasadzie już gotów, ale zdawano sobie dobrze sprawę z tego, że doprowadzenie go do ostatecznej redakcji wymaga niewspółmiernie więcej czasu niż przygotowanie od nowa podobnego do już istniejącego. A to tym bardziej, że i liczba potencjalnych tłumaczy, bądź co bądź już obznajomionych i oswojonych z problematyką kopernikowską i astronomiczną, zmniejszyła się do połowy, pozostali bowiem tylko dwaj — M. Brożek i S. Oświecimski, dwaj inni natomiast — Rudolf Niemiec i Karol Stach odeszli już przed kilkoma laty na zawsze. Zabrakło już również profesora Aleksandra Birkenmajera. W tym stanie rzeczy przekład wszystkich pozostałych nie wydanych ksiąg, gwoli jednolitości stylu i zasad tłumaczenia, przypadł mnie w udziale, a obowiązki redaktora objął Jerzy Dobrzycki, astronom i historyk tej dyscypliny.

Z tak ogromnego materiału pięciu ksiąg poważnie zaawansowany był tylko przekład księgi II, który parokrotnie przerabiałem i korygowałem stosownie do rzeczowych uwag i wskazówek profesora Birkenmajera, a jakkolwiek nie był jeszcze w stanie idealnym, niewiele w zasadzie brakowało do ostatecznego jego wygładzenia. Gorzej już przedstawiała się sprawa z przekładem księgi III, który mimo pewnych przeróbek i korektur pozostawiał jeszcze niejakie wątpliwości merytoryczne i nie był także stylistycznie i terminologicznie wykończony. Najwięcej natomiast pracy wymagały pozostałe trzy księgi IV, V i VI ze względu na iście roboczy jeszcze charakter ich przekładu, który, jak się zdaje, nie wyszedł ze swego najpierwotniejszego stadium opracowania. Pisany wprawdzie dobrą polszczyzną i stylowo poprawny nie budził pod tym względem na ogół zastrzeżeń, merytorycznie jednak był bardzo niedopracowany. Przynaglani terminem i licząc na pierwszą merytoryczną rewizję redaktora, tłumacze nie uważali widocznie za celowe poświęcać zbyt dużo czasu zagłębianiu się w analizę trudniejszych miejsc i szukaniu najwłaściwszego ich rozwiązania, zadowalając się — zapewne oczywiście tymczasowo — dotychczasowymi interpretacjami, znalezionymi u poprzednich tłumaczy, tak że merytorycznie niewiele od nich odbiegają, zwłaszcza od Baranowskiego, od którego również przejmują nierzadko rozszerzanie oryginalnego tekstu za pomocą dodatkowych, jakby wyjaśniających, słów i zwrotów. Mimo więc włożonego przez nich trudu przekład ich nie mógł stać się — jak początkowo myślałem — w całym tego słowa znaczeniu podstawą ostatecznej redakcji, również i z tego względu, że odbiegał często od przyjętej przeze mnie terminologii i stosowanych przeze mnie ogólnych zasad tłumaczenia. A gdy się weźmie jeszcze pod uwagę rozbieżności stylu, który, różny również u obu tłumaczy, nie dawał się pogodzić z moim własnym, bo, jak wiadomo przecież, każdy pisarz ma swój nawyk stylowy, wyrażający się zarówno w doborze słów, jak też i przede wszystkim w dającym swoisty rytm szyku wyrazów i w budowie dłuższych zdań i całych okresów, to staje się jasne, że w rezultacie ostatecznej redakcji musiało powstać zupełnie nowe tłumaczenie. Praca jednak pierwotnych tłumaczy spełniła swoje zadanie na wstępnym etapie, nie poszła więc na marne i pozostawiła nawet pewne ślady w niniejszym przekładzie w postaci tych, stosunkowo wprawdzie nielicznych, zwrotów i czasem nawet zdań, których nie da się już lepiej wyrazić ani sformułować bez kolizji z moimi własnymi zasadami tłumaczenia. Niech więc choć ta — siłą rzeczy rozproszona i anonimowo ukryta — cząstka pracy będzie wyrazem pamięci tych niejako pionierów popularyzacji myśli kopernikowskiej — profesora gimnazjalnego Rudolfa Niemca i byłego kuratora Krakowskiego Okręgu Szkolnego Karola Stacha.

A oto zasady, które przyjąłem przy tłumaczeniu:

1. Możliwie ścisła dosłowność przekładu nie tylko myśli, lecz i słownych sformułowań autora, bez uszczerbku atoli dla języka polskiego i jego właściwości stylowych i syntaktycznych. Ma ona na oku dwojaki cel: po pierwsze, dokładność treści, jakiej wymaga tego rodzaju ściśle naukowy tekst i jaka wyklucza przemycenie lub przypisanie autorowi własnych myśli tłumacza, oraz po drugie, oddanie stylistycznego kolorytu oryginalnego tekstu, który nie jest bynajmniej jednolity, lecz nosi znamiona doraźnego nastroju i stanu psychicznego autora: jedne mianowicie partie dzieła, zwłaszcza wstępy i pierwsze rozdziały ksiąg, są starannie i nawet z elegancją pisane, myśli w nich zawarte formułowane są jasno i dobitnie, a wyrażenia troskliwie dobrane; w innych natomiast ustępach pracy widoczny jest albo pośpiech, albo zmęczenie Kopernika, wyrażające się przede wszystkim w pewnej skrótowości myśli i opuszczaniu słów, może jego zdaniem zbędnych, bo wyraźnie (dla niego na pewno) łatwo domyślnych, w mało starannym sformułowaniu myśli i powtarzaniu tych samych wyrażeń zamiast synonimów oraz w zagmatwanej składni zdań, zwłaszcza w nadmiernym i nieprzejrzystym nagromadzeniu zdań względnych, które daleko odsunięte od odpowiadających im części zdania nadrzędnego często nastręczają poważne trudności w powiązaniu z sobą tych elementów. Możliwie dosłowne tedy tłumaczenie unika z jednej strony niedopowiedzeń tam, gdzie autor wyraża się jasno i dobitnie, a z drugiej strony nie dopuszcza też zbędnych i dodatkowych wyjaśnień tam, gdzie mówi on zwięźle i skrótowo, choć może niezbyt jasno. Uważam jednak, że pozostawienie tej formalnej i raczej pozornej niejasności nie przynosi żadnej szkody, gdyż znającemu się na przedmiocie rozprawy pewne niedomówienia nie przeszkodzą w zrozumieniu treści, a dla kompletnego laika nie pomoże nawet długi komentarz. Odpowiednio też do tego kolorytu stylowego używam w miarę możliwości również synonimów tam,

gdzie i Kopernik posługuje się różnymi wyrażeniami tego samego pojęcia, a nie unikam powtórzenia tego samego określenia, gdzie i Kopernik robi to samo, choć stylistycznie może to nieco razi. Ale jeżeli razi to i rzuca się w oczy w oryginale, nie ma, moim zdaniem, poważnego powodu unikać tego w przekładzie, zwłaszcza że dotyczy to przeważnie stałych i ustalonych terminów naukowych.

2. Nie trzymam się niewolniczo autografu ani żadnego tak czy inaczej ustalonego tekstu łacińskiego dzieła Kopernika, jeżeli zawiera on pozostawione z jakiegoś powodu sprzeczności merytoryczne lub liczby niezgodne z tokiem obliczeń samego autora. Uważam bowiem, że tekst tłumaczenia musi być treściowo spoisty i konsekwentny, a w szczegółach poprawny i zgodny z tokiem rozumowania i dowodzenia autora. Sam Kopernik, przy genialnej wprost wyobraźni przestrzennej i geometrycznej, mylił się często przy zwyczajnych rachunkach arytmetycznych do tego stopnia, że niekiedy „poprawiał" dobre wyniki na fałszywe. Toteż niewolnicze w tym względzie trzymanie się autografu jest sprzeczne z intencją samego autora. Dlatego też dokonując rachunków sprawdzających, gdzie zachodzi podejrzenie pomyłki, lub korzystając z gotowych już tego rodzaju obliczeń u innych tłumaczy (przede wszystkim u Menzzera), przyjmuję do tekstu poprawną liczbę czy to uwidocznioną już w którymś z wydań, czy też wręcz własną, zwłaszcza gdy dalsze obliczenia wskazują wyraźnie na to, że Kopernik posługiwał się w nich właściwą liczbą, a tylko w danym miejscu przez jakieś przeoczenie wpisał fałszywą. Błędną natomiast liczbę pozostawiam tylko tam, gdzie autor, nie zauważywszy pomyłki, posługuje się nią w dalszych wywodach, raz bowiem wprowadzona poprawka zmuszałaby do zmiany długiego nieraz szeregu liczb, powodując niemałe zamieszanie. Bo też nie chodzi o to, żeby na siłę poprawiać Kopernika, lecz jedynie o sprostowanie wyraźnych i doraźnych pomyłek, które nie pociągają za sobą dalszych konsekwencji, za te natomiast błędy, które choć niewątpliwie mimowolne, ale tkwią niejako korzeniami w toku obliczeń, odpowiada już sam autor.

3. Szanuję prawo autora do przekazania takiego tekstu, jaki on sobie życzy, toteż uważam, że skreślone przez niego partie, zdania czy pojedyncze wyrażenia nie powinny się znaleźć ani w tekście łacińskim, ani w przekładzie. Takie więc miejsca pozostawiam poza tekstem przekładu, z wyjątkiem paru (przede wszystkim dwa we wstępie do księgi II: *in praecedenti libro* i *et tempus est mensura motus* oraz dłuższy ustęp w rozdziale I księgi IV), gdyż dobrze harmonizują z całością wywodów, w każdym zaś razie nie są z nimi sprzeczne, a nie ma pewności, czy je wykreślił sam autor, czy Retyk lub inny wydawca, próbując zapewne skrócić tekst i uważając je za zbędne.

4. Zgodnie z ogólną zasadą dosłowności przekładu tekstu oryginalnego wszelkie liczby, a gdzie to jest możliwe bez wywołania zbytniej sztuczności, która by dziś raziła, a którą wywołują szeroko opisane terminy (jak np. „linia, która wychodzi ze środka koła" zamiast po prostu „promień koła"), również wyrażenia matematyczne, geometryczne itp. tłumaczę w duchu epoki Kopernika, a mianowicie:

a) Liczby przedstawione w cyfrach rzymskich lub arabskich, bo i takich używa Kopernik, oddaję cyframi arabskimi, wyrażone natomiast w słowach opisuję również słowami, przy czym ułamków, które w tekście łacińskim są zawsze oddawane słowami, w żadnym razie nie zamieniam na cyfry mniejszych jednostek, jak np. „dwie trzecie stopnia" na „40 minut".

b) *Partes*, *scrupula prima*, *scrupula secunda* itd., odnoszące się do części koła lub kąta, wyrażam zawsze i wyłącznie słowami „stopnie, minuty, sekundy itd.", a nie zastępuję ich, jak większość tłumaczy, nowożytnymi znakami $^{\circ}\ '\ ''\ '''$ itd. Podobnie rzecz ma się z określeniem czasu przez godziny, minuty, sekundy, tercje itd., zamiast nowożytnych symboli $^{h}\ ^{m}\ ^{s}$ itd.

c) Ponieważ Kopernik posługuje się w wyrażaniu ułamków przeważnie babilońskim systemem sześćdziesiętnym, który pozostał w użyciu po dzień dzisiejszy w podziale stopni koła i godzin, oddaję je oczywiście tymże sposobem, gdyż przeliczanie na system dziesiętny rozmijałby się całkowicie z celem, byłby sprzeczny z duchem epoki i zmuszałby do zmiany oryginalnych liczb kopernikowskich. Nie uważam również za stosowne posługiwać się tu, jak to robi wielu tłumaczy, nowożytnym sposobem wyrażania ich przez symbole $' \; '' \; ''' \; ''''$ itd. (np. $3' \, 5'' \, 8''' = 3/60, 5/3600, 8/216000$ lub $3/60, 5/60^2, 8/60^3$), lecz oddaję je dwojako w zależności od tego, czy odnoszą się do czasu, czy do przestrzeni (długości lub kąta):

1) Części sześćdziesiąte i ich dalsze części sześćdziesiąte (*scrupula prima*, *scrupula secunda*, *scrupula tertia* itd.), odnoszące się do dnia, miesiąca lub roku, wyrażam jak części godziny przez minuty dniowe, miesięczne lub roczne, sekundy dniowe, miesięczne lub roczne itd.

2) Części sześćdziesiąte jednostki długości oraz dalsze jej części sześćdziesiąte, które Kopernik wyraża również przez *scrupula prima*, *secunda*, *tertia* itd., tłumaczę dosłownie: części sześćdziesiąte pierwsze, wtórne, trzecie itd.

Pozostaje wreszcie sprawa terminologii. Staram się ją utrzymać jednolitą, jeżeli i Kopernik posługuje się tymi samymi wyrażeniami, chyba że w różnych miejscach mają one nieco różne znaczenie, jak *inaequalis* — nierówny, niejednaki, niejednostajny, nierównomierny, i podobnie rzeczownik *inaequalitas; orbis* — orbita, czasem jednak chodzi wyraźnie tylko o koło w ogóle. Niektóre z nich nie dają się w żaden sposób przetłumaczyć dosłownie i trzeba je zastąpić tylko ogólnym pojęciem, wyrażającym ich najistotniejszą treść, jak np. *acronyctus* — opozycja nocna (właściwie raczej: znajdujący się w opozycji w momencie zapadania nocy); podobnie *sectio ecliptica* — przecięcie zaćmieniowe, związane również z opozycją. Parę wreszcie terminów pozostawiam umownie w brzmieniu oryginalnym, gdyż wszelkie tłumaczenie nie oddaje ściśle właściwego sensu, a mianowicie: *sequentia* i *consequentia* — w sekwencji, tj. w kierunku kolejności znaków zodiaku (tłumaczone przez innych zazwyczaj zwrotami: na wschód lub wstecz); *praecedentia* — w precedencji, tj. w kierunku przeciwnym kolejności znaków zodiaku (tłumaczone również przeważnie przez wyrażenia: na zachód, naprzód). Zamiast wreszcie nowożytnego terminu „ekliptyka" pozostawiam tradycyjne i zgodne z ówczesną nomenklaturą wyrażenie „zodiak", a jego znaki tłumaczę też czasami przez znaki „zwierzyńcowe".

Na zakończenie pozostaje tylko życzyć, aby ta praca osiągnęła zamierzony cel i spełniła swe zadanie, służąc z prawdziwym pożytkiem licznym czytelnikom.

Stefan Oświecimski

Kraków, dnia 29 lutego 1972 roku

MIKOŁAJ KOPERNIK
O OBROTACH

DO JEGO ŚWIĄTOBLIWOŚCI PAPIEŻA PAWŁA III MIKOŁAJA KOPERNIKA PRZEDMOWA DO KSIĄG O OBROTACH

Dostatecznie jasno, Ojcze Święty, zdaję sobie sprawę z tego, że znajdą się ludzie, którzy gdy tylko posłyszą, iż w tych moich księgach o obrotach sfer wszechświata przypisuję jakieś ruchy kuli ziemskiej, zaraz podniosą krzyk, że należy mnie wraz z takim przekonaniem potępić. Nie jestem bowiem do tego stopnia zakochany we własnym dziele, żebym nie zważał na to, co o nim będą sądzić inni. I jakkolwiek wiem, że myśli uczonego są niezależne od sądu ogółu — ponieważ dążeniem uczonego, o ile tylko ludzkiemu rozumowi pozwala na to Bóg, jest szukanie we wszystkim prawdy — mimo to jestem zdania, że poglądów zgoła różnych od uznanej prawości należy się wystrzegać. Toteż — rozmyślając nad tym, jak niedorzecznym opowiadaniem wydałoby się ludziom, gdybym wystąpił z twierdzeniem, że Ziemia się porusza, wręcz przeciwnym ich zapatrywaniu utwierdzonemu wyrokami wielu wieków, że Ziemia jest nieruchoma i leży w środku świata jako jego punkt centralny — długo się wahałem, czy wydać te księgi, które napisałem dla udowodnienia ruchu Ziemi, czy też może pójść raczej za przykładem pitagorejczyków i niektórych innych myślicieli, którzy mieli zwyczaj przekazywać tajemnice swej nauki nie pisemnie, lecz ustnie, tylko swoim najbliższym i przyjaciołom, jak o tym świadczy list Lizysa do Hipparcha. A robili to, moim zdaniem, nie przez jakąś zazdrość, by nie udzielić swych nauk innym, jak to niektórzy przypuszczają, lecz dlatego, żeby tych najpiękniejszych rzeczy, będących owocem długich i mozolnych badań wielkich ludzi, nie narażać na poniżenie i wzgardę ze strony takich, którzy albo żałują nakładu uczciwej pracy na wszelką naukę nie przynoszącą im zysków, albo jeżeli nawet za namową i przykładem innych nabiorą ochoty do szlachetnej nauki filozofii, tępy mają umysł i plączą się między prawdziwymi uczonymi jak trutnie między pszczołami. Kiedy więc to właśnie dokładnie w sobie rozważałem, lęk przed szyderstwem, którego musiałem się obawiać z powodu trudnej do zrozumienia nowości mojej teorii, skłonił mnie niemal do tego, żeby powziętych co do niniejszego dzieła zamiarów całkowicie zaniechać.

Ale po długim z mej strony zwlekaniu, a nawet oporze, odwiedli mnie od tego moi przyjaciele, wśród nich zaś przede wszystkim Mikołaj Schonberg, kardynał kapuański, szeroko znany ze swej wszechstronnej uczoności, a obok niego mój serdeczny przyjaciel, biskup chełmiński Tideman Giese, oddany z największym zapałem tak teologicznym, jak i wszystkim innym naukom szlachetnym. Ten mianowicie często mnie zachęcał i nieraz wśród gorzkich wyrzutów usilnie na mnie nalegał, abym to dzieło, które głęboko schowane przeleżało u mnie w ukryciu nie tylko dziewięć lat, lecz już nawet czwarte dziewięciolecie, wydał i pozwolił mu w końcu wyjść na światło dzienne. Tego samego domagał się ode mnie również niejeden wybitny uczony, namawiając mnie, żebym już dłużej przez ten poczęty we mnie lęk nie wzbraniał się oddać swej pracy na wspólny użytek ludzi poświęcających się studiom matematycznym. Twierdzili przy tym, że im bardziej niedorzeczna wydaje się teraz przeważnej części uczonych ta moja nauka o ruchu Ziemi, tym więcej wzbudzi podziwu i uznania wtedy, gdy przez wydanie niniejszego dzieła zobaczą, jak mroki niedorzeczności zostaną rozproszone jasnością oczywistych dowodów. Ulegając więc namowom takich ludzi i taką wiedziony nadzieją, pozwoliłem wreszcie przyjaciołom sporządzić wydanie tego dzieła, o które mnie tak długo prosili.

Lecz Twoja Świątobliwość może nie tyle dziwić się będzie, że wyniki tej żmudnej mojej pracy odważyłem się ogłosić, skoro już w opracowanie ich tak dużo włożyłem trudu, iż tych rozmyślań swoich o ruchu Ziemi nie wahałem się także utrwalić na piśmie, lecz raczej zechce się ode mnie dowiedzieć, skąd mi to przyszło do głowy, że wbrew przyjętemu zdaniu matematyków i niemal wbrew powszechnemu przekonaniu miałem odwagę wyobrazić sobie jakiś ruch Ziemi. Dlatego to pragnę, by Twoja Świątobliwość dobrze o tym wiedziała, że do powzięcia myśli o innej zasadzie obliczania ruchów sfer świata nie skłoniło mnie nic innego, jak tylko spostrzeżenie, że matematycy w swych badaniach nad nimi są sami z sobą w sprzeczności. Przede wszystkim bowiem co do ruchu Słońca i Księżyca mają tyle wątpliwości, że nie potrafią nawet oznaczyć i obliczyć stałej wielkości roku zwrotnikowego. Następnie przy ustalaniu ruchów zarówno tych dwu, jak i pozostałych pięciu planet nie posługują się tymi samymi założeniami i przesłankami ani też tymi samymi dowodami w objaśnieniu dostrzeganych obrotów i ruchów. Jedni mianowicie przyjmują tylko koła współśrodkowe, inni znowu koła mimośrodkowe i epicykle, co jednak nie pozwala im osiągnąć w pełni pożądanych wyników. Bo ci, co się oparli na kołach współśrodkowych, wykazali wprawdzie, że można z nich złożyć pewne nierównomierne ruchy, ale na tej podstawie nie potrafili ustalić nic takiego, co by dostrzeganym zjawiskom odpowiadało z całą pewnością. Ci zaś, którzy wymyślili koła mimośrodkowe, choć za ich pomocą dali, jakby się zdawało, stosowne dane liczbowe dla przeważnej części dostrzeganych ruchów, przyjęli jednak przy tym dużo takich założeń, które stoją w oczywistej sprzeczności z podstawowymi zasadami jednostajności ruchu. Nie zdołali też odkryć albo z nich wyprowadzić rzeczy najważniejszej, mianowicie układu wszechświata i ustalonego porządku jego części, lecz przytrafiło się im to samo, co komuś, kto by to stąd to zowąd wziął ręce, nogi, głowę i inne części ciała i namalował je, co prawda, bardzo dobrze, ale tak, że w odniesieniu do jednego i tego samego ciała nie odpowiadałyby sobie nawzajem i powstałby z nich raczej jakiś dziwoląg niż obraz człowieka. Okazuje się więc, że w toku swych dowodów, czyli w tzw. metodzie, albo opuścili coś koniecznego, albo też przyjęli coś obcego, co zgoła do rzeczy nie należy. A byłoby się im to z pewnością nie przydarzyło, gdyby się trzymali pewnych zasad zdecydowanie. Bo gdyby przyjęte przez nich założenia nie były zwodnicze, ponad wszelką wątpliwość musiałyby się sprawdzać również wszystkie wypływające z nich wnioski. Niejasne jest może to, co tutaj mówię, w odpowiednim jednak miejscu stanie się to bardziej zrozumiałe.

Wśród długich zatem rozważań nad tą niepewnością tradycyjnych nauk matematycznych o obliczaniu ruchów sfer wszechświata ogarnęło mnie przykre uczucie, że filozofowie, mimo tak wnikliwych kiedy indziej badań nad najdrobniejszymi jego zjawiskami, nie osiągnęli żadnego zadowalającego sposobu na wyjaśnienie ruchów mechanizmu tego świata, który stworzony został dla nas przez najlepszego i ze wszystkich najdoskonalszego mistrza. Toteż zadałem sobie ten trud, żeby na nowo przeczytać wszystkie dostępne mi dzieła filozofów, celem zbadania, czy przypadkiem któryś z nich nie wyraził kiedyś co do ruchów sfer wszechświata zdania odmiennego od założeń przyjmowanych przez wykładowców nauk matematycznych. I rzeczywiście, natrafiłem najpierw u Cycerona na wzmiankę, że Niketas sądził, iż Ziemia się porusza. Następnie znalazłem kilka dalszych nazwisk ludzi tego samego zapatrywania również u Plutarcha, którego słowa postanowiłem tutaj przytoczyć, aby je wszystkim udostępnić: „Według powszechnego mniemania Ziemia stoi w miejscu. Ale pitagorejczyk Filolaos sądzi, że ona krąży dokoła ognia po kole pochyłym, podobnie jak Słońce i Księżyc. A Heraklejdes z Pontu i pitagorejczyk Ekfantos uznają, że Ziemia odbywa ruch, nie postępowy wprawdzie, ale na sposób obręczy koła na osi, od zachodu ku wschodowi wokół własnego środka".

Stąd zatem, nabrawszy podniety, zacząłem i ja rozmyślać o ruchu Ziemi. A chociaż taka myśl robiła wrażenie niedorzeczności, jednak — ponieważ wiedziałem, że już innym przede mną przyznawano swobodę wymyślania dowolnych kół dla objaśniania zjawisk gwiezdnych — doszedłem do wniosku, że i ja bez przeszkód mam prawo próbować, czy przez przyjęcie jakiegoś ruchu Ziemi nie dałoby się wynaleźć pewniejszych niż tamte sposobów na objaśnienie obrotów sfer niebieskich.

Otóż w ten sposób ja, przyjąwszy ruchy, które poniżej w dziele tym przypisuję Ziemi, po wielu długoletnich obserwacjach przekonałem się wreszcie, że jeżeli ruchy pozostałych planet odniesie się do krążenia Ziemi i ujmie w liczby w stosunku do obiegu każdej oddzielnej planety, to stąd nie tylko dadzą się wywieść ich zjawiska, lecz że nadto porządek i rozmiary, odnoszące się do wszystkich planet i ich sfer, a nawet i niebo tak ściśle się ze sobą powiążą, że w żadnej jego części niczego przestawić się nie da bez zamieszania w pozostałych częściach i w całym wszechświecie. A zatem i w układzie tego dzieła taką przyjąłem kolejność, że w pierwszej księdze opisuję położenia wszystkich sfer wraz z ruchami Ziemi, które jej przypisuję, tak że ta księga zawiera jak gdyby ogólny system wszechświata. W pozostałych zaś księgach zestawiam z kolei ruchy innych planet i wszystkich sfer z ruchem Ziemi, tak że stąd można zrozumieć, jak dalece ruchy i zjawiska pozostałych planet i ich sfer da się wyjaśnić, jeżeli się je odniesie do ruchów Ziemi. I nie wątpię, że utalentowani i uczeni matematycy zgodzą się zupełnie ze mną, pod warunkiem, że dopełnią tego, czego przede wszystkim wymaga ta nauka, tj. zechcą nie powierzchownie, ale do głębi poznać i przemyśleć to wszystko, co ja na dowód mych twierdzeń w tym dziele podaję. Aby zaś pokazać zarówno uczonym jak i nieuczonym, że nie uchylam się wcale od niczyjej krytyki, wolałem te owoce mozolnej pracy dedykować raczej Twojej Świątobliwości niż komukolwiek innemu, a to dlatego, że i w tym tak odległym zakątku ziemi, gdzie ja żyję, uznawany jesteś za najwybitniejszego tak przez swą godność hierarchiczną, jak i przez umiłowanie wszystkich nauk, nie wyłączając matematyki. Łatwo więc swoją powagą i swym sądem będziesz mógł stłumić napaści oszczerczych języków, jakkolwiek przysłowie powiada, że nie ma lekarstwa na ukąszenie fałszywego oskarżyciela.

Być może znajdą się tacy, co lubią bredzić i mimo zupełnej nieznajomości nauk matematycznych roszcząc sobie przecież prawo do wypowiadania o nich sądu, na podstawie jakiegoś miejsca w Piśmie św., tłumaczonego źle i wykrętnie odpowiednio do ich zamierzeń, ośmielą się potępiać i prześladować tę moją teorię. O tych jednak zupełnie nie dbam, do tego stopnia, że sąd ich mam nawet w pogardzie jako lekkomyślny. Nie jest przecież tajemnicą, że Laktancjusz, sławny zresztą pisarz, ale słaby matematyk, mówi o kształcie Ziemi zupełnie jak dziecko, szydząc z tych, którzy podali, że Ziemia ma kształt kuli. Nie powinno więc dziwić ludzi nauki, jeżeli tacy jacyś i mnie będą wyśmiewać. Dzieła matematyczne pisane są dla matematyków, którzy — o ile się nie mylę — dostrzegą, że te moje trudy przyniosą pewną korzyść również Kościołowi powszechnemu, nad którym władzę sprawuje teraz Twoja Świątobliwość. Bo nie tak dawno, za Leona X, gdy na Soborze Laterańskim roztrząsano zagadnienie poprawy kalendarza kościelnego, pozostawiono je bez rozstrzygnięcia jedynie z tego powodu, że nie rozporządzano jeszcze dostatecznie dokładnymi pomiarami lat i miesięcy, ani też ruchów Słońca i Księżyca. Od tego czasu, zachęcony przez znakomitego męża, ks. Pawła, biskupa Fossombrone, który wówczas sprawą tą kierował, zacząłem wytężać umysł, by te rzeczy dokładniej zbadać. Czego zaś w tej materii zdołałem dokazać, to pozostawiam przede wszystkim ocenie Twojej Świątobliwości, jak i wszystkich innych uczonych matematyków. Ale żeby się nie wydawało, że więcej pożytku z tego dzieła obiecuję Twojej Świątobliwości, niż rzeczywiście dać mogę, przechodzę już do samego wykładu.

MIKOŁAJA KOPERNIKA OBROTÓW *księga pierwsza*

Spośród licznych i różnorodnych sztuk i nauk, budzących w nas zamiłowanie i będących dla umysłów ludzkich pokarmem, tym — według mego zdania — przede wszystkim poświęcać się należy i te z największym uprawiać zapałem, które obracają się w kręgu rzeczy najpiękniejszych i najbardziej godnych poznania. Takimi zaś są nauki, które zajmują się cudownymi obrotami we wszechświecie i biegami gwiazd, ich rozmiarami i odległościami, ich wschodem i zachodem oraz przyczynami wszystkich innych zjawisk na niebie, a w końcu wyjaśniają cały układ świata. A cóż piękniejszego nad niebo, które przecież ogarnia wszystko, co piękne? Świadczą o tym już same nazwy, takie jak *caelum* i *mundus*, z których ta oznacza czystość i ozdobę, tamta — dzieło rzeźbiarza. I wielu filozofów właśnie dla tej nadzwyczajnej piękności nieba wprost je nazwało widzialnym bóstwem. A zatem, jeżeli godność nauk mamy oceniać według ich przedmiotu, to bez porównania najprzedniejszą z nich będzie ta, którą jedni nazywają astronomią, inni astrologią, a wielu z dawniejszych szczytem matematyki. I nic dziwnego, skoro ta właśnie nauka, będąca głową sztuk wyzwolonych i najbardziej godna człowieka wolnego, opiera się na wszystkich niemal działach matematyki: arytmetyka, geometria, optyka, geodezja, mechanika i jeśli są jeszcze jakieś inne — wszystkie się na nią składają.

A skoro zadaniem wszystkich nauk szlachetnych jest odciągać człowieka od zła i kierować jego umysł ku większej doskonałości, to ta nauka, oprócz niepojętej rozkoszy umysłu, sprawić to może w pełniejszej mierze niż inne. Któż bowiem zgłębiając te rzeczy i widząc, jak wszystko w nich ustanowione jest w najlepszym ładzie i boską kierowane wolą, nie wzniesie się na wyżyny cnoty przez pilne ich rozważanie i stałą jakby zażyłość z nimi i nie będzie podziwiał Stwórcy wszechrzeczy, w którym się mieści całe szczęście i wszelkie dobro? Bo też ów boski psalmista nie głosiłby bez przyczyny, że raduje się w stworzeniu boskim i będzie się weselił w dziełach rąk Jego, gdyby nie to, że za pośrednictwem tych rzeczy jakby na jakimś rydwanie przenosimy się do rozważania najwyższego dobra. Ile zaś pożytku i ozdoby przynieść może ta nauka sprawie publicznej — by pominąć milczeniem niezliczone korzyści prywatnych ludzi — bardzo trafnie zauważył Platon, który w VII księdze *Praw* wypowiada zdanie, że z tego przede wszystkim powodu należy do niej dążyć, aby czas, rozłożony z jej pomocą według dni na miesiące i lata, utrzymywał społeczeństwo w żywej czujności również co do uroczystych świąt i składania ofiar; a jeżeli ktoś — mówi on — będzie twierdził, że człowiekowi mającemu przyswoić sobie którąkolwiek z nauk szlachetnych ta nauka jest niepotrzebna, to taki pogląd będzie największą głupotą. A także sądzi, że daleko do tego, by ktokolwiek mógł zostać doskonałym i zasługiwać na tę nazwę, jeżeli nie posiędzie koniecznej wiedzy o Słońcu, Księżycu i wszystkich innych planetach.

Ale ta boska raczej niż ludzka nauka, zagłębiająca się w rzeczy najwznioślejsze, nie jest pozbawiona trudności, zwłaszcza że stwierdzamy, iż ludzie, którzy zabierali się do jej uprawiania, po największej części nie zgadzali się między sobą co do jej podstawowych założeń, zwanych po grecku hipotezami, i dlatego też nie na tych samych opierali się zasadach. Dalsza trudność leży w tym, że biegu planet i obrotu gwiazd oznaczyć dokładnymi liczbami i doprowadzić do stanu wiedzy doskonałej nie można było inaczej, jak tylko z upływem czasu i po uprzednim dokonaniu licznych obserwacji, przez które przekazywano ją — że się tak wyrażę — z rąk do rąk następnym pokoleniom. Bo chociaż Klaudiusz Ptolemeusz z Aleksandrii, znacznie przewyższający wszystkich innych zarówno godną podziwu bystrością swoją, jak i pracowitością, doprowadził całą tę naukę na podstawie przeszło czterechsetletnich obserwacji do wykończonej niemal całości, tak że się zdawało, iż nie pozostaje już nic takiego, czego by on nie dotknął, mimo to widzimy, że bardzo wiele rzeczy nie zgadza się z tym, co powinno wynikać z jego nauki, a także odkryto niektóre inne ruchy, które jemu były jeszcze nieznane. Dlatego to i Plutarch w tym miejscu, gdzie pisze o długości słonecznego roku zwrotnikowego, powiada: „Do dziś dnia ruch gwiazd przekracza wiedzę matematyków". Bo, żeby dla przykładu wziąć ten właśnie rok, sądzę, że wiadomą jest rzeczą, jak różnorodne co do niego były zawsze zdania, do tego stopnia, że wielu całkiem zwątpiło, by można było dokładnie go obliczyć. Żeby się jednak nie wydawało, jakobym pod osłoną tej trudności chciał ukryć własną nieudolność, spróbuję z pomocą Boga, bez którego niczego zdziałać nie możemy, szerzej te rzeczy zbadać, zwłaszcza że o tyle więcej mam materiału, na którym mogę się oprzeć w tym wykładzie, o ile dłuższy przeciąg czasu dzieli mnie od poprzedników i twórców tej nauki, z których odkryciami będę mógł porównywać i moje, świeżo poczynione odkrycia. Zresztą wyznaję otwarcie, że wiele rzeczy podam tu inaczej aniżeli moi poprzednicy, jakkolwiek na podstawie ich dorobku, jako że oni pierwsi utorowali drogę do badań nad tymi zagadnieniami.

ŚWIAT JEST KULISTY *rozdział I*

Przede wszystkim musimy zwrócić uwagę na to, że świat jest kulisty, czy to dlatego, że ten kształt jest ze wszystkich najdoskonalszy i nie potrzebuje żadnego spojenia, tworząc zamkniętą w sobie całość, której niczego ani dodać nie można, ani też odjąć, czy też dlatego, że ta postać jest najpojemniejsza, a taka właśnie najbardziej przystoi temu, co ma wszystko objąć i wszystko zachować, czy również dlatego, że wszystkie, zamknięte w sobie części świata, takie jak Słońce, Księżyc i planety, w tym kształcie przedstawiają się naszym oczom, czy wreszcie dlatego, że wszystko dąży do zamknięcia się w takim właśnie kształcie, co można dostrzec na kroplach wody i na innych ciałach ciekłych, gdy same z siebie usiłują zamknąć się w odrębną całość. Tym bardziej więc nikt nie będzie wątpił, że taki właśnie kształt nadany został ciałom niebieskim.

ZIEMIA JEST RÓWNIEŻ KULISTA *rozdział II*

Ziemia — bez wątpienia — jest także kulista, ponieważ ze wszystkich stron zdąża ku swemu środkowi. Co prawda, przy takiej wyniosłości gór i zapadłości dolin nie od razu rzuca się w oczy jej pełna okrągłość, ale to bynajmniej nie zmienia kulistości całej Ziemi. Oto dowód na nią:

Jeżeli skądkolwiek posuwamy się ku północy, biegun ów dobowego obrotu wznosi się z wolna do góry, podczas gdy drugi, naprzeciwległy, o tyle samo opada w dół. Widać mianowicie, że wtedy coraz więcej gwiazd po północnej stronie nie zachodzi, natomiast na południu niektóre przestają się ukazywać. Stąd gwiazda Kanopus, dobrze widoczna w Egipcie, w Italii jest niewidoczna; stąd Italia ogląda końcową gwiazdę Rzeki, która w naszym kraju, leżącym w zimniejszej strefie, jest nieznana. I odwrotnie, gdy się przenosimy ku południowi, wznoszą się w górę tamte, a zniżają się ku dołowi te gwiazdy, które u nas stoją wysoko w górze. Równocześnie także same nachylenia biegunów pozostają wszędzie w tym samym stosunku do przemierzanych na Ziemi przestrzeni, a to nie zachodzi w żadnej innej figurze poza kulistą. Stąd wynika oczywiście, że Ziemia tak samo zamknięta jest biegunami i dlatego jest kulista. Dodajmy jeszcze, że wieczorne zaćmienia Słońca i Księżyca nie są widzialne dla mieszkańców Wschodu ani też ranne dla mieszkańców Zachodu; pośrednie zaś tamci oglądają później, ci znowu wcześniej.

Że zaś do takiego samego kształtu dążą również wody, stwierdzają to żeglarze: bo ląd, którego nie widać z pokładu okrętu, jest często widoczny ze szczytu masztu. I odwrotnie: jeżeli na szczycie masztu umieści się coś błyszczącego, to widać, że w miarę, jak okręt od brzegu się oddala, przedmiot ów dla widzów pozostających na wybrzeżu obniża się z wolna ku dołowi, aż wreszcie kryje się całkowicie, jakby zachodził. Wiadomo również, że wody, z natury swojej płynne, kierują się zawsze ku dołowi tak samo jak ziemia i że od wybrzeża nie wdzierają się w głąb lądu dalej, niż im na to pozwala jego wypukłość. Dlatego też jasną jest rzeczą, że ląd, gdziekolwiek wystaje z oceanu, o tyle właśnie wznosi się wyżej od powierzchni kuli.

JAK ZIEMIA WRAZ Z WODĄ TWORZY JEDNĄ KULĘ — *rozdział III*

Ocean zatem, który oblewa ląd stały, wlewa się tu i ówdzie w jego głąb w postaci mórz i wypełnia jego bardziej zapadłe wgłębienia. Wypadało tedy, aby mniej było wód niż lądu, by woda nie pochłonęła całej ziemi, skoro oba te elementy na skutek swej ciężkości ciążą do tego samego środka, lecz żeby pewne części lądu pozostały na wierzchu dla utrzymania bytu istot lądowych, a także liczne tu i ówdzie rozciągające się wyspy. Bo i sam kontynent wszystkich ziem czymże jest innym, jeżeli nie wyspą, większą tylko od innych?

Nie trzeba więc słuchać niektórych perypatetyków, którzy uczą, że cała ilość wody jest dziesięć razy większa od całości ziemi, rzekomo dlatego, że przy przemianie elementów z danej części ziemi powstaje w postaci płynnej dziesięć części wody. Twierdzą oni, że ziemia dlatego wznosi się do pewnych wysokości ponad poziom wód, ponieważ jej wnętrze pełne jest jaskiń, a zatem jej ciężar nie rozkłada się jednakowo we wszystkich kierunkach, wskutek czego inny jest środek jej ciężkości, a inny środek objętości. Ale mylą się w tym z powodu nieznajomości geometrii, nie wiedząc, że na to, aby jakaś część Ziemi mogła pozostać sucha, nie może być wody ani nawet siedem razy więcej, chyba żeby ziemia całkowicie usunęła się ze środka ciężkości i ustąpiła miejsca wodom, jakby od niej cięższym. Bo przecież kule mają się do siebie jak sześciany ich średnic. Gdyby zatem przy siedmiu częściach wody ziemia była częścią ósmą, średnica jej nie mogłaby być większa niż odcinek od środka wód do ich powierzchni. Tym bardziej więc niemożliwą jest rzeczą, by wody było dziesięciokrotnie więcej.

A że nie ma też żadnej różnicy między środkiem ciężkości Ziemi a środkiem jej objętości, można przyjąć na tej podstawie, że wypukłość Ziemi, wynurzywszy się z oceanu, nie wzrasta nieprzerwanie i stale w miarę oddalania się od niego; w przeciwnym razie musiałaby stanowić jak największą zaporę dla wód morskich i w żaden sposób nie pozwolić na to, by wdzierały się w jej głąb morza śródziemne i tak rozległe zatoki. Z drugiej zaś strony głębokość przepaści oceanu nie przestawałaby wzrastać stale, począwszy od jego wybrzeża, tak że żeglarze zapuszczając się dalej nie mogliby już natknąć się na żadną wyspę, żadną skałę podwodną czy cokolwiek innego w rodzaju lądu. A przecież wiadomo, że pomiędzy Morzem Egipskim a Zatoką Arabską wystaje pas szeroki zaledwie na piętnaście stadiów, i to niemal w samym środku kręgu ziemskiego. I odwrotnie: Ptolemeusz w swej *Kosmografii* rozciąga zamieszkałą część Ziemi aż do połowy jej obwodu, pozostawiając jeszcze dalej kraj nieznany, tam gdzie nowsi dołączyli Chiny i bardzo rozległe krainy aż do 60 stopni długości geograficznej, z czego już wynika, że Ziemia jest zamieszkała na większej długości od tej, jaka pozostała dla oceanu. A gdy do tego dodamy teraz jeszcze wyspy, odkryte w naszych czasach za sprawą władców hiszpańskich i portugalskich, przede wszystkim zaś Amerykę, nazwaną tak od admirała, który ją odkrył, i uważaną przy nieznanych jeszcze jej rozmiarach za drugi kontynent, oraz wiele innych wysp, dawniej nieznanych, nie dziwimy się już nawet, że istnieją antypody czy antychtony! Bo ta właśnie Ameryka, według obliczeń geometrycznych, musi być w wyniku swego położenia uważana za leżącą po stronie diametralnie przeciwnej w stosunku do Indyj Nadgangesowych.

Ostatecznie więc na podstawie tego wszystkiego uważam za rzecz oczywistą, że tak ziemia jak i woda dążą do jednego i tego samego środka ciężkości, nie różnego od środka objętości Ziemi, która ponieważ jest cięższa, wodą wypełnia się w swych rozpadlinach. I dlatego niewielka jest ilość wód w porównaniu z ilością lądu, jakkolwiek na samej powierzchni widać może więcej wody. Taki w każdym razie kształt musi mieć Ziemia wraz z oblewającymi ją wodami, jaki pokazuje jej własny cień; a ten przesłania Księżyc odcinkami regularnego koła. Ziemia nie jest więc płaska, jak sądzili Empedokles i Anaksymenes; nie ma też kształtu bębna, jak sądził Leukippos, ani niecki, jak myślał Heraklit, ani innej formy wydrążonej, przyjmowanej przez Demokryta, ani podobnej do walca — według Anaksymandra — ani wreszcie nie ciągnie się w dół nieograniczenie, zmniejszając swą grubość na kształt korzenia, jak przypuszczał Ksenofanes, lecz ma kształt regularnej kuli, jak to twierdzą filozofowie.

RUCH CIAŁ NIEBIESKICH JEST JEDNOSTAJNY I KOLISTY NIEUSTANNY LUB Z RUCHÓW KOLISTYCH ZŁOŻONY

rozdział IV

Z kolei wspomnimy o tym, że ruch ciał niebieskich jest kolisty. Ruch kuli polega bowiem na obracaniu się w koło, przy czym odtwarza ona przez tę czynność swoją własną postać w najprostszej bryle geometrycznej, gdzie nie można odnaleźć początku i końca, ani też jednego i drugiego odróżnić, kiedy poprzez te same punkty porusza się w kształt samej siebie. Ale u wielości kręgów niebieskich występuje więcej ruchów. Z nich wszystkich najbardziej wpada w oczy codzienny obrót, zwany przez Greków „nocodniem", czyli przeciągiem czasu złożonym z dnia i nocy. Przez ten obrót — według panującego mniemania — cały świat, z wyjątkiem Ziemi, porusza się od wschodu ku zachodowi. Uważany jest za wspólną miarę wszystkich ruchów, skoro nawet sam czas mierzymy przede wszystkim liczbą dni.

Następnie dostrzegamy inne obroty, jak gdyby sprzeciwiające się tamtemu, to jest odbywające się od zachodu ku wschodowi, mianowicie Słońca, Księżyca i pięciu planet. W ten sposób Słońce odmierza nam rok, Księżyc miesiące, najpowszechniej także znane okresy czasu. W ten też sposób każda z pozostałych pięciu planet odbywa swój obieg. Zachodzą tu jednak wielorakie różnice. Przede wszystkim nie obracają się one dokoła tych samych biegunów, co pierwszy ów ruch, gdyż biegną po pochyłości zodiaku, a następnie nie wydaje się, żeby w tym swoim obiegu posuwały się naprzód jednostajnie; bo u Słońca i Księżyca obserwujemy raz bieg powolny, to znowu szybszy, a u pozostałych pięciu planet widzimy, że niekiedy cofają się nawet, robiąc to tu, to tam przystanki. I podczas gdy Słońce posuwa się stale po swej drodze, i to w prostym kierunku, one w wieloraki sposób błąkają się, zbaczając już to na południe, już to na północ, i stąd otrzymały nazwę planet, to jest gwiazd błądzących. Poza tym raz zbliżają się bardziej do Ziemi i wtedy mówimy, że przechodzą przez perigeum, to znowu oddalają się od niej i mówimy, że przechodzą przez apogeum. Niemniej jedno musi się przyznać, że te ruchy odbywają się po kołach albo są złożone z większej ilości kół, mianowicie dlatego, że w tego rodzaju nieregularnościach zachowują określoną prawidłowość i stałe okresy powrotu, co nie miałoby miejsca, gdyby nie były koliste. Jedynie bowiem koło ma tę właściwość, że może na nowo przywracać przebyty stan rzeczy, jak na przykład Słońce złożonym ruchem kół przywraca nam nierówności dni i nocy oraz cztery pory roku, w czym upatrujemy większą ilość ruchów, ponieważ niemożliwą jest rzeczą, żeby jednolite ciało niebieskie poruszało się po jednej orbicie ruchem niejednostajnym. Musiałoby to bowiem zachodzić albo na skutek niestałości przyczyny poruszającej (już to działającej z zewnątrz, już też wewnętrznej, przyrodzonej), albo z powodu zmienności krążącego ciała. Ponieważ przed jednym jak i przed drugim wzdraga się rozum — i istotnie nie byłoby rzeczą godziwą przypuszczać coś takiego u tych tworów, których ustrój cechuje najlepszy porządek — musimy się zgodzić na to, że jednostajne ich ruchy przedstawiają się nam jako niejednostajne bądź z powodu różnego położenia biegunów owych kół, bądź też dlatego, że Ziemia nie leży w środku kół, po których tamte ciała krążą, a nam, obserwującym z Ziemi przebiegi tych planet, wydają się one przypadkowo, to jest z powodu niejednakowych odległości, większe wówczas, gdy są bliższe, niż wówczas, gdy są dalsze — zgodnie z tym, co udowodniono w *Optyce*. W ten sposób ruchy wykonywane w równych czasach po równych sobie łukach koła będą się wydawać — z powodu różnej odległości od oka — nierówne. Dlatego sądzę, że musimy przede wszystkim zbadać dokładnie, jakie jest położenie Ziemi względem nieba, byśmy — chcąc śledzić to, co najwyższe — nie pozostawali nieświadomi rzeczy nam najbliższych i wskutek tego samego błędu nie przypisywali ciałom niebieskim właściwości Ziemi.

CZY ZIEMI PRZYSŁUGUJE RUCH KOLISTY I GDZIE JEST JEJ MIEJSCE? *rozdział V*

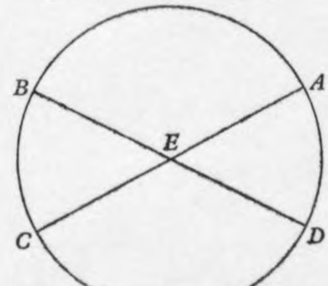
Wykazaliśmy już, że Ziemia także posiada kształt kuli. Sądzę, że trzeba się zastanowić, czy z jej kształtu wynika również jej ruch, oraz jakie miejsce zajmuje ona we wszechświecie, bez czego nie można odnaleźć niezawodnego wytłumaczenia zjawisk niebieskich. Otóż choć co do tego, że Ziemia spoczywa bez ruchu w środku świata, panuje wśród autorów po największej części zgoda, tak że przeciwne twierdzenie jest według nich rzeczą nie do pomyślenia, a nawet wręcz godną pośmiewiska, to jednak, kiedy zastanowimy się nad tym uważniej, okaże się, że to zagadnienie nie jest jeszcze przesądzone i dlatego bynajmniej nie należy go lekceważyć. Wszelka bowiem zmiana co do miejsca, jaką dostrzegamy, powstaje albo na skutek ruchu obserwowanego przedmiotu, albo na skutek ruchu obserwatora, albo też na skutek niejednakowej zmiany jednego i drugiego z nich: bo gdy chodzi o ruch przedmiotów poruszających się jednakowo w tym samym kierunku, tutaj więc przedmiotu obserwowanego i obserwatora, to jest on niedostrzegalny. Ziemia zaś jest tym czymś, skąd niebieski ów obieg jest obserwowany i na której odtwarza się on w naszym oku. Jeżeli więc Ziemi przypisze się jakiś ruch, to uwidoczni się on również we wszystkim, co się znajduje poza nią, ale w kierunku przeciwnym, mianowicie jako coś, co ją mija. A tak właśnie ma się rzecz przede wszystkim z codziennym obrotem. Ten bowiem robi wrażenie, jakby porywał za sobą cały świat oprócz jednej Ziemi i tego, co ją otacza. Jeżeli jednak zgodzimy się na to, że niebo nic z tego ruchu nie posiada, że natomiast Ziemia obraca się z zachodu na wschód, to po głębszej rozwadze dojdziemy do wniosku, że tak właśnie ma się rzecz z pozornym wschodem i zachodem Słońca, Księżyca i gwiazd. Skoro zaś niebo, to jest *caelum*, jest tym, co wszystko ogarnia i okrywa, to jest *caelat*, a więc wspólnym pomieszczeniem wszystkich rzeczy, to nie tak łatwo zrozumieć, dlaczego nie mamy przypisywać ruchu raczej temu, co jest ogarnięte, niż temu, co ogarnia, i raczej temu, co otrzymało miejsce, niż temu, co tego miejsca udziela. Takiego zdania istotnie byli pitagorejczycy Heraklejdes i Ekfantos, a według Cycerona także Niketas z Syrakuz, każąc Ziemi obracać się w środku świata. Sądzili mianowicie, że gwiazdy zachodzą na skutek zasłaniania ich przez Ziemię i znowu wschodzą, gdy Ziemia je odsłania.

Przyjęcie tego faktu nasuwa z kolei inną, bynajmniej nie mniejszą wątpliwość, mianowicie co do miejsca Ziemi — mimo że panuje prawie powszechnie przyjęte przekonanie, że jest ona środkiem wszechświata. Bo jeśli ktoś założy, że Ziemia nie zajmuje środka, czyli centralnego punktu we wszechświecie, a równocześnie przyzna, że oddalenie jej od niego nie jest aż tak wielkie, by je można było porównać z wielkością sfery gwiazd stałych, że natomiast jest wyraźne i znaczne w stosunku do sfer Słońca i innych planet, i jeśli będzie sądził, że ruch tychże dlatego wydaje się niejednostajny, ponieważ nimi niejako steruje inny środek, a nie środek Ziemi, ten zapewne wcale nie bezrozumne będzie mógł dać wytłumaczenie nieregularności ruchu takiego, jakim on się przedstawia naszym oczom. Bo fakt, że te same planety oglądamy to z mniejszej, to z większej odległości od Ziemi, z konieczności dowodzi, że środek Ziemi nie jest środkiem ich kręgów. Tym mniej dowiedzioną jest rzeczą, czy to Ziemia przybliża się do nich i od nich oddala, czy też one do Ziemi i od Ziemi. I nie będziemy się tak bardzo dziwić, jeżeli ktoś oprócz już wspomnianego codziennego obrotu wyobrażał sobie jakiś inny ruch Ziemi. Jakoż pitagorejczyk Filolaos twierdził podobno, że Ziemia się obraca, a ponadto, że wędruje w przestworzach na skutek kilku ruchów jako jedna z planet. Był to zaś nieprzeciętny matematyk, skoro Platon, by go poznać, nie cofnął się przed podróżą do Italii, jak o tym piszą biografowie Platona.

Wielu jednak utrzymywało, że metodą geometryczną da się udowodnić, iż Ziemia znajduje się w środku wszechświata, a — będąc jakby punktem w stosunku do niezmiernej wielkości nieba — pełni rolę jego środka geometrycznego i jest nieruchoma właśnie dlatego, że gdy całość jest w ruchu, środek pozostaje nieruchomy, a wszystko, co jest najbliżej środka, porusza się najwolniej.

OGROM NIEBA W STOSUNKU DO WIELKOŚCI ZIEMI *rozdział VI*

Otóż istotnie to, że Ziemia, choć jest tak olbrzymią bryłą, nie wytrzymuje żadnego porównania z ogromem nieba, można poznać na tej podstawie, że koła graniczące — tak bowiem tłumaczą grecki termin „horyzonty" — dzielą całą sferę niebieską na połowy, co by nie mogło mieć miejsca, gdyby wielkość Ziemi lub jej odległość od środka wszechświata była czymś znacznym w porównaniu z niebem. Koło bowiem, które przecina kulę na połowy, przechodzi przez środek tejże kuli i jest największym z kół, jakie na niej mogą być opisane. Niech mianowicie koło *ABCD* będzie horyzontem, a punkt *E* niech będzie Ziemią, z której patrzymy, i równocześnie środkiem horyzontu, gdzie się rozgraniczają zjawiska widoczne od niewidocznych. Spójrzmy teraz przez ustawiony w punkcie *E* przeziernik (czy też horoskop albo chorobates) na początek Raka wschodzący w punkcie *C*, a zobaczymy, że w tej samej chwili zachodzi w punkcie *A* początek Koziorożca. Skoro więc punkty *A*, *E* i *C* leżą na linii prostej, przechodzącej przez przeziernik, jasną jest rzeczą, że ta linia jest średnicą zodiaku, a to dlatego, że na sześciu znakach zwierzyńcowych, jakie wtedy są widoczne, kończy się półkole, a jego środek *E* jest równocześnie środkiem horyzontu. I znowu, gdy obrót tak się zmieni, że początek Koziorożca będzie wschodził w punkcie *B*, zobaczymy, że wtedy początek Raka zachodzi w punkcie *D*, a linia *BED* będzie linią prostą, i to średnicą zodiaku. A stwierdziliśmy już, że i prosta *AEC* jest średnicą tego samego koła. Wobec tego jest rzeczą oczywistą, że w punkcie ich wspólnego przecięcia się leży jego środek. W ten więc sposób koło horyzontu dzieli zodiak, będący największym kołem kuli niebieskiej, zawsze na dwie równe części. A przecież na kuli, jeżeli jakieś koło połowi którekolwiek z jej największych kół, to i to połowiące koło jest największym kołem. Jest więc i horyzont jednym z największych kół, a jego środek jest na pozór identyczny ze środkiem zodiaku, choć przecież z konieczności inna musi być linia wyprowadzona z powierzchni Ziemi, a inna wyprowadzona z jej środka; lecz z powodu niezmiernej ich długości w stosunku do Ziemi stają się one podobne do równoległych, które znowu na skutek niezmiernej odległości ich zakończeń wydają się nam jedną linią, skoro zawarta między nimi przestrzeń, w porównaniu z ich długością, staje się dla wzroku czymś, co nie może wchodzić w rachubę, tak jak się tego dowodzi w *Optyce*.



I istotnie na podstawie tego dowodzenia wystarczająco jasno stwierdzamy, że niebo jest niezmierzone w porównaniu z Ziemią i przedstawia się jako coś nieskończenie wielkiego, ale Ziemia, według oceny naszych zmysłów, ma się tak do wielkości nieba, jak punkt do bryły i jak skończoność do nieskończoności. I niczego więcej to nie dowodzi. Nie wynika stąd mianowicie, że Ziemia musi spoczywać bez ruchu w środku wszechświata. Przeciwnie nawet, dziwilibyśmy się tym bardziej, gdyby w przeciągu 24 godzin miał dokonywać swego obrotu raczej taki ogrom wszechświata niż znikoma część jego, jaką jest Ziemia.

To bowiem, co mówią, że środek jest nieruchomy i że punkty najbliższe środka poruszają się wolniej, nie dowodzi wcale, że Ziemia w środku świata leży bez ruchu. Bo nie inaczej by to było, niż jeśliby ktoś powiedział, że niebo się obraca, ale bieguny są w stanie spoczynku, a punkty najbliższe biegunów wykonują najmniej ruchu. Tak właśnie Mała Niedźwiedzica wyraźnie porusza się o wiele wolniej niż Orzeł czy Mały Pies, ponieważ jako leżąca najbliżej bieguna opisuje koło mniejsze, choć wszystkie one należą do jednej kuli niebieskiej, której ruch, zanikający w kierunku jej osi, nie pozwala na to, by ruch wszystkich jej części był sobie wzajemnie równy; wszakże obrót całości przywraca je do pierwotnego położenia w równym czasie, a nie po przebyciu równej drogi.

A więc sens rozumowania, zakładającego jakoby Ziemia była częścią kuli niebieskiej i nie różniła się od niej co do istoty i ruchu, prowadzi do tego, że jako najbliższa środka porusza się mało: będzie się więc poruszać i ona, skoro stanowi bryłę, a nie punkt środkowy, i będzie opisywać łuki, odpowiadające opisywanym w tym samym czasie łukom koła niebieskiego, choć mniejsze. Lecz fałszywość tego jaśniejsza jest niż słońce; w takim bowiem razie musiałoby w jednym miejscu przypadać stale południe, w innym znowu stale północ, tak że nie miałyby miejsca ani codzienne wschody, ani zachody, skoro jeden i nieodłączny ruch miałaby całość i jej część.

Tymczasem zgoła odmienny stosunek zachodzi w zjawiskach wynikających z różnicy w rzeczywistym stanie rzeczy; a mianowicie ciała opisujące krótsze okrążenie dokonują obiegu szybciej niż te, które zakreślają koło większe. Na przykład najdalsza z planet, Saturn, dokonuje swego obiegu w ciągu trzydziestu lat, a Księżyc, który ponad wszelką wątpliwość jest najbliższy Ziemi, dopełnia swego okrążenia w ciągu miesiąca. I wreszcie nasunie się myśl, że Ziemia wykonuje swój obrót w ciągu dnia i nocy. Znowu zatem odżywa to samo zagadnienie codziennego obrotu.

Ale oprócz tego wciąż jeszcze pozostaje problem również miejsca Ziemi, które na podstawie dotychczasowych wywodów nie jest jeszcze określone. Bo tamten dowód nie stwierdza nic więcej, jak tylko niezmierną wielkość nieba w porównaniu z wielkością Ziemi; lecz wcale nie wiemy, jak daleko sięga ta niewspółmierność. A jak z przeciwnej strony najmniejsze i niepodzielne cząsteczki, zwane atomami, wzięte podwójnie czy kilkakrotnie, z powodu swej niedostrzegalności nie od razu tworzą ciała widzialne, a przecież ilość ich może się powielić do tego stopnia, że wreszcie będzie ich dosyć na to, by zrosły się w wielkość widzialną — tak też, gdy chodzi o położenie Ziemi, to choćby nawet nie była w środku wszechświata, odległość jej od niego mogłaby przecież być jeszcze znikomo mała, zwłaszcza w porównaniu ze sferą gwiazd stałych.

DLACZEGO STAROŻYTNI SĄDZILI, ŻE ZIEMIA SPOCZYWA BEZ RUCHU W ŚRODKU WSZECHŚWIATA JAKBY JEGO PUNKT CENTRALNY?

rozdział VII

Dlatego to starożytni filozofowie usiłowali z pomocą jakichś innych wywodów uzasadnić twierdzenie, że Ziemia stoi w środku świata, a jako najważniejszą przyczynę tego przytaczają wpływ ciężkości i lekkości. Najcięższy mianowicie jest element ziemi, a wszystko, co ma wielką wagę, spada na Ziemię, kierując się ku jej najgłębszemu środkowi. Skoro bowiem Ziemia jest kulista, a ciężary zgodnie ze swym przyrodzeniem spadają na nią ze wszystkich stron prostopadle do jej powierzchni, to zwaliłyby się one do jej środka, gdyby nie zatrzymywały się na owej powierzchni. Istotnie bowiem, linia prosta, tworząca kąty proste z powierzchnią horyzontu w punkcie jej styczności z kulą, biegnie do środka kuli. Z tego zaś, że owe ciała dążą do środka, zdaje się wynikać, że tam zatrzymują się bez ruchu. Tym bardziej więc cała Ziemia będzie spoczywać w środku i, skoro przyjmuje do siebie wszystkie spadające ciała, sama na skutek swego ciężaru pozostanie na zawsze nieruchoma.

Podobnie usiłują dowodzić na podstawie ruchu i jego natury. Arystoteles rzeczywiście powiada, że ruch pojedynczego i niezłożonego ciała jest niezłożony; z niezłożonych zaś ruchów jeden jest prosty, drugi kolisty, a z prostych jeden w górę, a drugi w dół. Wobec tego każdy ruch niezłożony jest albo dośrodkowy, mianowicie skierowany w dół, albo odśrodkowy skierowany w górę, albo biegnący dokoła środka, a ten właśnie jest kolisty. Ale ziemi i wodzie, jako elementom uważanym za ciężkie, wypada dążyć w dół, tzn. kierować się ku środkowi, natomiast powietrzu i ogniowi, jako obdarzonym lekkością, wypada dążyć w górę i od środka się oddalać. I prawdopodobnie trzeba się zgodzić na to, żeby tym czterem elementom przyznać ruch prosty, a ciałom niebieskim ruch kolisty dokoła środka. Tyle Arystoteles.

A zatem — mówi Ptolemeusz z Aleksandrii — gdyby Ziemia obracała się i choćby to był tylko dzienny obrót, musiałyby nastąpić zjawiska zgoła przeciwne opisanym wyżej. Bo rzeczywiście, musiałby to być ruch niezwykle szybki, a prędkość jego niedościgniona, skoro cały obwód Ziemi musiałby dokonywać pełnego obrotu w ciągu dwudziestu czterech godzin. Widzimy zaś, że to, co zostaje wprawione w gwałtowny ruch wirujący, zupełnie niezdolne jest do skupienia się, a rzeczy bardziej zwarte rozpraszają się, chyba że je trzyma razem coś mocno spajającego. Dawno więc już — powiada on — Ziemia by się rozproszyła i wypadła poza granice samego nieba (co jest wprost śmieszne), a tym bardziej istoty żywe i wszystkie inne luźne ciężary bynajmniej nie utrzymywałyby się bez wstrząsu na miejscu. A także ciała, spadające w prostym kierunku, nie docierałyby wzdłuż pionu do przeznaczonego im miejsca, ponieważ przy tak ogromnej szybkości musiałoby się ono tymczasem przesunąć w bok. Tak samo chmury i wszystko, cokolwiek unosi się w powietrzu, pędziłoby przed naszymi oczyma bez przerwy na zachód.

ODPARCIE PRZYTOCZONYCH DOWODÓW I ICH NIEWYSTARCZALNOŚĆ *rozdział VIII*

Z tych to i tym podobnych przyczyn twierdzą, że Ziemia leży w środku świata nieruchoma i że co do tego nie ma żadnych wątpliwości. Jednakże jeśliby ktoś sądził, że Ziemia się obraca, ten na pewno powie, że jest to ruch naturalny, a nie wymuszony. Co zaś jest zgodne z naturą, wywołuje skutki przeciwne tym, które pochodzą z przemocy. Wszystko bowiem, co doznaje stałej czy nagłej siły z zewnątrz, musi się rozpaść i długo ostać się nie może; co zaś odbywa się z natury, pozostaje w dobrym stanie i zachowuje swój najlepszy układ. Bezpodstawne zatem są obawy Ptolemeusza, że Ziemia i wszystkie ziemskie przedmioty mogłyby się rozsypać w obrocie, wywołanym przez działanie natury, które jest zupełnie różne od siły sztucznej czy też takiej, którą można osiągnąć ludzkim przemysłem.

Czemuż jednak nie ma się tych samych przypuszczeń raczej w odniesieniu do wszechświata, którego ruch musi być przecież tyle razy szybszy, ile razy niebo jest większe od Ziemi? Czy może niebo dlatego właśnie doszło do niezmiernej wielkości, że wskutek niewypowiedzianej gwałtowności swego ruchu oddala się od środka, w przeciwnym zaś razie, gdyby stało w miejscu, musiałoby się zawalić?

Zaiste, gdyby takie rozumowanie mogło się ostać, także wielkość nieba musiałaby się rozszerzać do nieskończoności. Bo im bardziej porywałby je w górę sam pęd ruchu, tym szybszy byłby ten ruch ze względu na stale wzrastający okrąg, który należałoby przebyć w przeciągu dwudziestu czterech godzin! I nawzajem, ze wzrostem ruchu wzrastałby ogrom nieba. W ten sposób szybkość i wielkość będą się wzajemnie podpędzać aż do nieskończoności. Lecz zgodnie ze znanym w fizyce twierdzeniem, że nieskończoność nie może być przebyta ani też w żaden sposób nie może się poruszać, niebo z konieczności stać będzie w miejscu.

Ale mówią, że poza niebem nie ma żadnego ciała, nie ma przestrzeni ani próżni, a więc w ogóle niczego, i że dlatego niebo nie ma dokąd uciec. W takim razie dopiero dziwną jest rzeczą, że coś może doznawać przeszkody w niczym! Natomiast, jeśli niebo będzie nieskończone i tylko od wewnątrz ograniczone wklęsłą powierzchnią, raczej może sprawdzi się twierdzenie, że poza niebem nie ma niczego, ponieważ wtedy wszystko znajdzie się w nim bez względu na zajmowaną przez się wielkość; niebo jednak pozostanie nadal nieruchome. Istotnie bowiem najważniejszą rzeczą, dla której usiłują twierdzić, że niebo ma granice, jest ruch.

Tak więc pytanie, czy świat jest skończony, czy nieskończony, zostawmy do dyskusji filozofom przyrody. Nam wystarczy pewnik, że Ziemia zamknięta jest biegunami i kulistą powierzchnią. Dlaczegóż wobec tego jeszcze się wahamy raczej jej przyznać ruch, odpowiadający z natury jej kształtowi, aniżeli przyjmować ruch całego świata, którego granic nie znamy i znać nie możemy? Dlaczego nie mamy powiedzieć jasno, że to zjawisko codziennego obrotu jest na niebie czymś pozornym, a na Ziemi rzeczywistością i że rzecz ma się tutaj tak właśnie, jakby to wyraził Eneasz, gdy mówi u Wergiliusza:

„My odbijamy od portu, a ląd się cofa i miasta"?

Bo gdy okręt płynie po spokojnym morzu, wszystko, co jest na zewnątrz, widzą płynący na nim ludzie tak, jakby się właśnie to poruszało na podobieństwo ruchów okrętu, a — na odwrót — zdaje im się, że sami wraz ze wszystkim, co jest z nimi, stoją w miejscu. Tak samo bez wątpienia może się mieć rzecz w wypadku ruchu Ziemi i sprawiać wrażenie, że to cały obraca się świat.

Cóż w takim razie mielibyśmy do powiedzenia o chmurach i wszystkich innych ciałach, które w jakikolwiek sposób utrzymują się w powietrzu, albo opadają i znowu wznoszą się w górę? Czyż nie jedynie to, że ów ruch odbywa nie sama tylko Ziemia wraz ze złączonym z nią żywiołem wód, ale także niemała część powietrza i wszystko, cokolwiek posiada podobne jak ono pokrewieństwo z Ziemią? Albo więc bliska Ziemi warstwa powietrza, zmieszana z materią ziemną lub wodną, idzie za tą samą naturą co Ziemia, albo też ruch powietrza jest nabyty, pochodzi zaś od Ziemi przez to, że powietrze przylega do niej przy jej wiecznym obrocie, a przy braku oporu ze swej strony. Przecież i odwrotnie, co nie mniejsze budzi zdziwienie, powiadają, że najwyższe rejony powietrza idą za ruchem nieba, czego mają dowodzić owe nagle ukazujące się gwiazdy, mianowicie komety i gwiazdy „brodate" (jak je nazywają Grecy), których powstawanie umiejscowiają w tych właśnie rejonach, a które tak samo jak inne gwiazdy wschodzą i zachodzą. My możemy powiedzieć, że tamte warstwy powietrza, z powodu wielkiej odległości od Ziemi, nie biorą udziału w ruchu ziemskim. A zatem spokojne będzie się wydawało powietrze najbliższe Ziemi i wszystko, co się w nim unosi, o ile pod wpływem wiatru albo na skutek jakiegoś innego bodźca nie będzie się poruszać — jak to bywa — to w tę, to w tamtą stronę. Czymże bowiem innym jest wiatr w powietrzu, jeśli nie tym, czym prądy w morzu?

Kiedy zaś chodzi o ciała spadające w dół i wznoszące się w górę, musimy przyznać, że w stosunku do wszechświata ruch ich jest podwójny, a mianowicie stale złożony z ruchu prostolinijnego i kolistego. Bo przecież nie ma wątpliwości, że przedmioty, spadające na skutek swego ciężaru, będąc przede wszystkim natury ziemskiej, zachowają jako części tę samą naturę, jaką ma ich macierzysta całość. A nie inaczej ma się rzecz także z ciałami, porywanymi w górę przez siłę ognistą. Bo i ten ziemski ogień podsyca się przede wszystkim materiałem ziemskim, a płomień, jak definiują, jest niczym innym jak tylko rozżarzonym dymem. Jest zaś właściwością ognia rozsadzać ciała, które ogarnie. A dokonuje tego z taką siłą, że żadnym sposobem, żadnymi środkami nie można go powstrzymać, by nie rozerwał zamknięcia i dzieła swego nie wypełnił do końca. Ruch zaś rozszerzający dąży od środka ku obwodowi; a więc, jeżeli coś z części ziemskich zapali się, ulata od środka w górę.

Twierdzenie zatem, że ruch ciała niezłożonego jest niezłożony, sprawdza się przede wszystkim w odniesieniu do ruchu kolistego, jak długo ciało niezłożone pozostaje w swoim miejscu naturalnym i trwa w swojej jedności. W miejscu bowiem nie inny jest ruch jak tylko kolisty, który trwa cały w sobie podobny do bezruchu. Prostolinijny zaś ruch przyłącza się nadto u takich ciał, które się oddalają od swego miejsca naturalnego lub zostają z niego wytrącone, albo w jakikolwiek inny sposób znajdą się poza nim. Nic zaś nie sprzeciwia się tak bardzo porządkowi całości i kształtowi wszechświata jak to, że coś nie jest na swoim miejscu. Prostolinijny zatem ruch jest przypadłością takich jedynie ciał, które się znajdują w niewłaściwym stanie i są niedoskonałe co do swej natury, gdy się odłączą od swojej całości i zrywają z nią jedność. Ponadto ciała, które wznoszą się w górę lub spadają w dół, nawet bez względu na ruch kolisty, nie wykonują ruchu niezłożonego, jednostajnego i równomiernego. Przez lekkość swą bowiem czy też rozpęd swego ciężaru nie mogą się ustatkować. Tak to wszystko, co spada, z początku odbywa ruch powolny, lecz w miarę spadania szybkość swą zwiększa. I na odwrót, widzimy, że ten ziemski ogień (bo innego obserwować nie możemy), porwany w górę zaraz słabnie, przyznając niejako, że przyczyną tego jest gwałt, zadany mu przez materię ziemską. Kolisty zaś ruch odbywa się zawsze jednostajnie, ponieważ posiada niesłabnącą przyczynę, a przyczyna tamtego zdąża szybko do zaniku; ciała, które takim ruchem osiągają swoje miejsce, przestają być ciężkie czy lekkie i sam ów ruch ustaje. Skoro zatem ruch kolisty jest właściwością całości, a częściom przypada w udziale również ruch prostolinijny, możemy powiedzieć, że ruch kolisty współistnieje z prostolinijnym tak, jak pojęcie „żywy" z pojęciem „chory". Oczywiście i to, że Arystoteles ruch niezłożony dzieli na trzy rodzaje, mianowicie na odśrodkowy, dośrodkowy i biegnący dokoła środka, będziemy uważali jedynie za wytwór naszego rozumu, tak jak rozróżniamy linię, punkt i płaszczyznę, choć przecież jedno bez drugiego istnieć nie może, a żadne z nich nie może istnieć bez ciała.

Do tego dochodzi jeszcze i to, że stan bezruchu uważa się za szlachetniejszy i bardziej boski niż stan zmienności i niestałości, który z tego powodu bardziej przystoi Ziemi niż wszechświatowi. Dodam także, że wydawałoby się czymś dosyć niedorzecznym przypisywać ruch raczej temu, co ogarnia i udziela miejsca, niż temu, co jest ogarnięte i umiejscowione, czym właśnie jest Ziemia. I wreszcie, skoro jest rzeczą oczywistą, że planety raz się znajdują bliżej Ziemi, raz znowu dalej, wyniknie stąd również, że jedno i to samo ciało porusza się zarówno dokoła środka (którym rzekomo jest środek Ziemi), jak też od środka i ku środkowi. Musi się więc ruch dokoła środka brać ogólniej i zadowolić się tym, że każdy poszczególny ruch będzie się trzymał swojego własnego środka. Widzimy zatem, że na podstawie tego wszystkiego prawdopodobniejszy dla Ziemi jest ruch niż stan spoczynku, zwłaszcza w obrocie dziennym, jako że ten najbardziej Ziemi odpowiada. I to — jak sądzę — co do pierwszej części zagadnienia wystarczy.

CZY MOŻNA ZIEMI PRZYPISAĆ WIĘKSZĄ ILOŚĆ RUCHÓW I O ŚRODKU WSZECHŚWIATA

rozdział IX

Skoro zatem nic nie stoi na przeszkodzie, by przyjąć ruchomość Ziemi, sądzę, że teraz trzeba się zastanowić, czy przystoi jej również wielość ruchów, tak, by ją można było uważać za jedną z planet. Bo tego, że nie jest ona środkiem wszystkich obrotów, dowodzi ruch planet wyraźnie nierównomierny i zmienne ich odległości od Ziemi, których nie można wytłumaczyć za pomocą koła współśrodkowego z Ziemią. Skoro więc istnieje większa ilość środków, nie bez przyczyny może ktoś mieć wątpliwości również co do środka wszechświata, czy mianowicie jest nim środek ciężkości ziemskiej, czy jakiś inny. Ja w każdym razie mniemam, że ciężkość nie jest niczym innym, jak tylko jakąś naturalną dążnością, którą boska opatrzność Stwórcy wszechświata nadała częściom po to, żeby łączyły się w jedność i całość, skupiając się razem w kształt kuli. A jest rzeczą godną wiary, że taka dążność istnieje również w Słońcu, Księżycu i innych świecących planetach, po to, by na skutek jej działania trwały w tej okrągłości, w jakiej się nam przedstawiają; a niezależnie od tego w wieloraki sposób wykonują one swe ruchy krążące.

Jeśliby więc i Ziemia wykonywała inne ruchy, np. względem jakiegoś środka, musiałyby to być te właśnie ruchy, które w podobny sposób ujawniają się na zewnątrz w wielu zjawiskach, z których wnioskujemy o rocznym obiegu. Bo jeżeli ten obieg zmienimy ze słonecznego na ziemski i przyznamy nieruchomość Słońcu, to nic się nie zmieni w zjawiskach wschodu i zachodu znaków zwierzyńcowych i gwiazd stałych, dzięki którym stają się one gwiazdami rannymi i wieczornymi; równocześnie postoje planet, ich cofania się i posuwania okażą się nie ich ruchem, lecz wynikiem ruchu Ziemi, który one zapożyczają dla swych zjawisk. W końcu dojdzie się do zdania, że środek świata zajmuje właśnie Słońce. O tym wszystkim poucza nas prawo porządku, w jakim te ciała wzajemnie po sobie następują, i harmonia całego świata, jeżeli tylko na rzeczywistość zechcemy spojrzeć — jak to się mówi — obu oczyma.

PORZĄDEK SFER NIEBIESKICH *rozdział X*

Najwyżej ze wszystkich rzeczy widzialnych znajduje się sfera gwiazd stałych; co do tego, jak widzę, nikt nie ma wątpliwości. Kolejność zaś planet chcieli dawni filozofowie ustalić na podstawie długości ich obiegów, przyjmując zasadę, że przy równej szybkości poruszających się przedmiotów te, które są dalej, sprawiają wrażenie, jakby się posuwały wolniej, jak to jest udowodnione w *Optyce* Euklidesa. Sądzą więc, iż Księżyc dlatego właśnie w najkrótszym przeciągu czasu przebywa krąg swej drogi, ponieważ jako najbliższy Ziemi krąży po najmniejszym kole. Najwyżej zaś jest Saturn, który ma najdłuższy okrąg i najwięcej czasu zużywa na jego przebycie. Poniżej niego Jowisz, dalej Mars. Natomiast co do Wenus i Merkurego różne znajduje się zdania, a to dlatego, że ich elongacja od Słońca nie przybiera wszelkich możliwych wartości, jak to ma miejsce u tamtych. Z tego to powodu jedni umieszczają je nad Słońcem, jak np. Timajos u Platona, inni pod nim, jak Ptolemeusz i znaczna część nowszych. Alpetragius umieszcza Wenus powyżej Słońca, a Merkurego poniżej.

Ci zatem, co idą za Platonem i sądzą, że wszystkie planety, będące zresztą ciałami ciemnymi, odbijają światło nabyte od Słońca, powiadają, że gdyby były pod nim, to przy niewielkim od niego odchyleniu byłyby widoczne jako półkola, a w każdym razie jako figury niezupełnie okrągłe; bo wtedy światło nabyte odbijałyby prawie w górę, tj. w stronę Słońca, jak to widzimy przy pojawianiu się nowego Księżyca lub przy jego zanikaniu. Twierdzą poza tym, że niekiedy musiałyby one znaleźć się między nami a Słońcem i stanowić przeszkodę dla jego światła, które musiałoby ulegać zaćmieniom stosownie do ich rozmiarów. A ponieważ tego nigdy nie widzimy, mniemają, że poniżej Słońca w żadnym wypadku one nie schodzą.

Inaczej zaś ci, którzy Wenus i Merkurego umieszczają poniżej Słońca; bronią oni swego poglądu na podstawie rozległości odstępu, jaki znajdują między Słońcem i Księżycem. Wyliczyli bowiem, że największa odległość Księżyca od Ziemi, wynosząca 64 i $\frac{1}{6}$ takich części, jakich jedną stanowi promień ziemski, mieści się około 18 razy w najmniejszej odległości Ziemi od Słońca, wynoszącej 1160 owych części, a więc między Słońce i Księżyc przypada ich 1096. Ażeby tedy ta obszerna przestrzeń nie pozostała pusta, na podstawie różnic największego i najmniejszego oddalenia planet od Ziemi, z których obliczają grubość ich sfery, znajdują, że wspomniane wymiary w przybliżeniu wypełniają się przez to, iż za najwyższą odległością Księżyca od Ziemi następuje najniższa Merkurego, za jego zaś najwyższą idzie najbliższa odległość Wenus, a dopiero ta planeta swą najwyższą odległością od Ziemi niejako styka się z najniższą odległością Słońca. Mianowicie między najbliższą i najdalszą odległością Merkurego od Ziemi liczą prawie 177 i $\frac{1}{2}$ wymienionych części, a dalej obliczają, że pozostałą przestrzeń prawie w zupełności wypełnia różnica między najbliższą i najdalszą odległością planety Wenus od Ziemi, wynosząca 910 tych części. Zgodnie z tym twierdzą, że planety nie są ciemne i podobne w tym do Księżyca, lecz świecą albo własnym światłem, albo też słonecznym, które przenika całe ich ciała; a Słońca nie zasłaniają dlatego, że niezmiernie rzadko się zdarza, by stanęły między naszym wzrokiem a Słońcem, gdyż najczęściej schodzą z jego drogi co do szerokości. Poza tym również dlatego, że w porównaniu ze Słońcem są ciałami małymi, skoro Wenus, będąc nawet większą od Merkurego, może zakryć zaledwie setną część tarczy słonecznej, jak chce Albategnius Arateński, który przyjmuje, że średnica Słońca jest dziesięć razy większa, i z tego powodu tak mała plamka na tle najwspanialszego światła niełatwo da się zauważyć. Jakkolwiek Awerroes w *Parafrazie* Ptolemeusza wspomina przecież, że dostrzegł na Słońcu coś ciemnego, gdy mu rachunek wykazywał zupełną koniunkcję Słońca i Merkurego. Otóż w ten sposób dochodzą do przekonania, że dwie owe planety krążą poniżej orbity Słońca.

Ale jak słabe i niepewne jest również i to rozumowanie, widać najlepiej stąd, że choć najmniejsza odległość Księżyca od Ziemi wynosi — według Ptolemeusza — 38 promieni kuli ziemskiej (wszakże według bardziej do prawdy zbliżonych obliczeń, jak się okaże poniżej, ponad 49), nic nam jednak nie wiadomo, by w tak wielkiej przestrzeni znajdowało się cokolwiek innego poza powietrzem i ewentualnie eterem, czyli tzw. elementem ognistym. A nadto widać to także stąd, że średnica koła, dzięki któremu Wenus odchyla się od Słońca to w jedną, to w drugą stronę mniej więcej na 45°, musi być sześć razy większa niż odległość od środka Ziemi do dolnej absydy tej planety, jak to udowodnimy na swoim miejscu. Cóż więc ich zdaniem będzie się znajdować w całej tej przestrzeni, która jest tylekroć większa niż to, co by wystarczyło na pomieszczenie Ziemi, powietrza, eteru, Księżyca i Merkurego, a którą poza tym musiałby zajmować olbrzymi ów epicykl Wenus, gdyby miał krążyć dokoła Ziemi nieruchomej?

Nie trafia również do przekonania owa argumentacja Ptolemeusza, jakoby Słońce miało krążyć w pośrodku pomiędzy planetami o dowolnej od niego elongacji a planetami o elongacji ograniczonej; jak dalece nie jest to prawdą, ujawnia naocznie Księżyc, którego elongacja również przybiera wszelkie możliwe wartości.

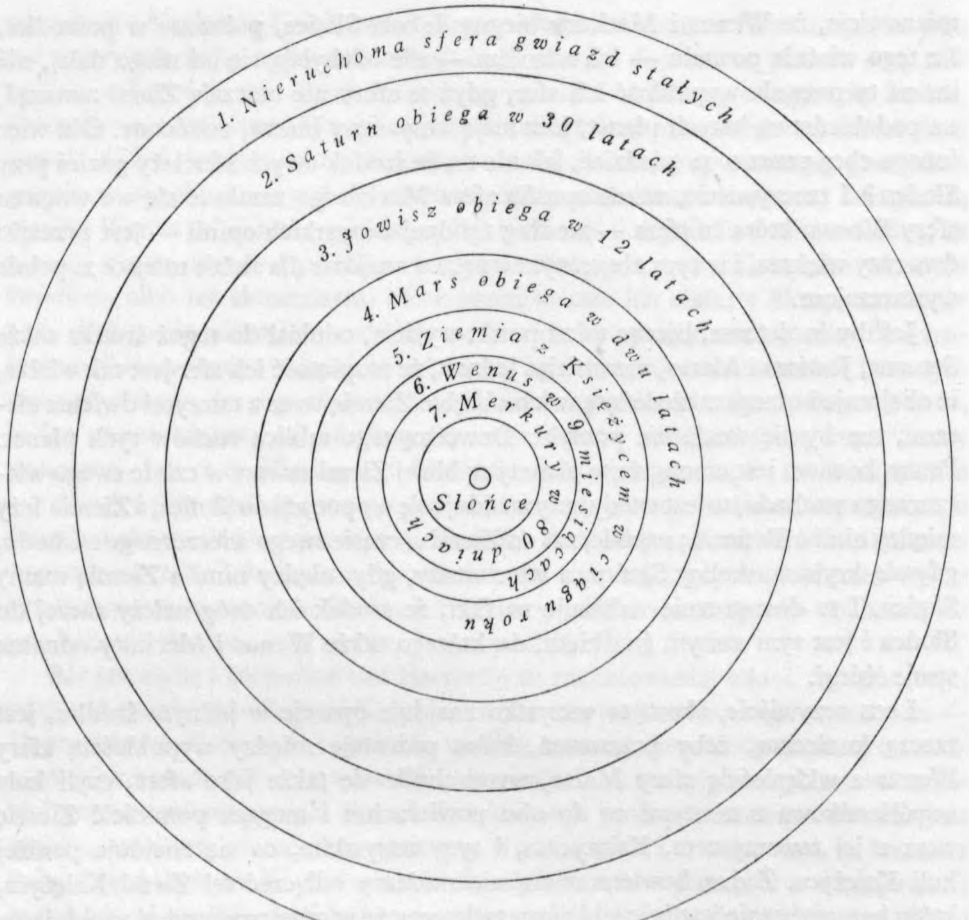
Ci zaś, którzy poniżej Słońca umieszczają Wenus, potem Merkurego, albo rozdzielają je według innego porządku, jakąż przyczynę przytoczą dla faktu, że te planety — w przeciwieństwie do reszty — nie wykonują samodzielnych i niezależnych od Słońca obiegów, jeżeli o kolejności planet ma decydować jedynie wzgląd na ich szybkość lub powolność?

Trzeba więc będzie przyjąć, że albo Ziemia nie jest tym środkiem, do którego należy odnosić porządek planet i ich sfer, albo przynajmniej, że brak uzasadnienia na ich kolejność i że nie jest rzeczą jasną, dlaczego by się raczej Saturnowi niż Jowiszowi czy którejkolwiek innej planecie należało wyższe miejsce. Dlatego też, jak sądzę, bynajmniej nie należy lekceważyć tego, co tak dobrze rozumiał Martianus Capella, autor *Encyklopedii*, i niektórzy inni autorzy łacińscy. Utrzymują oni mianowicie, że Wenus i Merkury biegną dokoła Słońca, położone w pośrodku, i z tego właśnie powodu — ich zdaniem — nie odchylają się od niego dalej, niż im na to pozwala wypukłość ich sfer, gdyż te sfery nie otaczają Ziemi zewsząd, na podobieństwo innych planet, lecz mają krzywizny inaczej zwrócone. Cóż więc innego chcą przez to powiedzieć, jak nie to, że środek owych sfer leży gdzieś przy Słońcu? I rzeczywiście, w ten sposób sfera Merkurego zamknie się we wnętrzu sfery Wenus, która to sfera — według zgodnej wszystkich opinii — jest przeszło dwa razy większa, i w tym obszernym wnętrzu znajdzie dla siebie miejsce zupełnie wystarczające.

Jeśliby ktoś teraz, biorąc to za punkt wyjścia, odniósł do tegoż środka także Saturna, Jowisza i Marsa, rozumiejąc jednak, że rozpiętość ich sfer jest tak wielka, iż obejmuje i otacza także leżącą w ich obrębie Ziemię wraz z tamtymi dwiema sferami, ten by się wcale nie pomylił. Dowodzą tego tablice ruchów tych planet. Pewną bowiem jest rzeczą, że te planety są bliżej Ziemi zawsze w czasie swego wieczornego wschodu, to jest wtedy, gdy znajdują się w opozycji do Słońca, a Ziemia leży między nimi a Słońcem; najdalej zaś od Ziemi w czasie swego wieczornego zachodu, gdy się kryją w okolicy Słońca, a więc wtedy, gdy między nimi a Ziemią mamy Słońce. I to dostatecznie wskazuje na fakt, że środek ich dróg należy raczej do Słońca i jest tym samym środkiem, do którego także Wenus i Merkury odnoszą swoje obiegi.

Lecz oczywiście, skoro to wszystko znajduje oparcie w jednym środku, jest rzeczą konieczną, żeby przestrzeń, która pozostaje między wypukłością sfery Wenus a wklęsłością sfery Marsa, wyodrębniła się także jako sfera, czyli kula współśrodkowa z tamtymi co do obu powierzchni i mogąca pomieścić Ziemię wraz z jej towarzyszem, Księżycem, i tym wszystkim, co się znajduje poniżej kuli Księżyca. Żadną bowiem miarą nie możemy odłączać od Ziemi Księżyca, który bezsprzecznie jest jej najbliższy, zwłaszcza że w owej przestrzeni znajdujemy dość odpowiednie i aż nadto wystarczające dla niego miejsce. Dlatego też nie wahamy się twierdzić, że całość opasana przez Księżyc obiega wraz ze środkiem Ziemi dokoła Słońca rocznym obrotem po wielkim owym kręgu między resztą planet i że środek świata leży w pobliżu Słońca; a także, że skoro Słońce trwa w bezruchu, całe zjawisko ruchu Słońca znajduje wytłumaczenie raczej w rzeczywistym ruchu Ziemi. Taki zaś jest ogrom świata, że chociaż odległość Ziemi od Słońca w porównaniu z którąkolwiek inną sferą planetarną posiada wielkość, jak na owe potężne rozmiary, dosyć pokaźną, to jednak w zestawieniu ze sferą gwiazd stałych jest niedostrzegalna. I mam wrażenie, że łatwiej się zgodzić na to, niż łamać sobie rozum na nieskończonej prawie ilości kół, jak to muszą robić ci, którzy w środku świata zatrzymali Ziemię. Tu trzeba iść raczej za mądrością natury, która podobnie jak się pilnie ustrzegła tego, by nie stworzyć czegoś zbędnego i nieużytecznego, tak też niejednokrotnie raczej wyposażyła jedną rzecz w zdolność wywoływania wielorakich skutków.

Wszystko to, choć jest trudne i prawie nie do wiary, jako że się sprzeciwia powszechnie przyjętym poglądom, w dalszym ciągu jednak uczynimy, z pomocą bożą, jaśniejszym od słońca, przynajmniej dla tych, co dobrze znają matematykę. Skoro tedy pozostaje w mocy kryterium, wyrażone na początku rozdziału — nikt bowiem nie przytoczy odpowiedniejszego od tego, żeby wielkość orbit mierzyć długością periodów — porządek sfer, poczynając od góry, układa się w ten sposób:



Pierwszą i najwyższą ze wszystkich jest sfera gwiazd stałych, obejmująca samą siebie oraz cały świat i dlatego nieruchoma, mianowicie jako takie miejsce całości, żeby doń można było odnieść ruch i położenie wszystkich pozostałych ciał niebieskich. Niektórzy sądzą, co prawda, że i ta sfera w jakiś sposób podlega zmienności, ale ja, wyłuszczając ruch Ziemi, inną tego pozornego zjawiska wskażę przyczynę. Z kolei idzie pierwsza z planet, Saturn, który obiegu swego dopełnia w ciągu trzydziestu lat. Za nim Jowisz, dokonujący obiegu w dwunastu latach. Następnie Mars, który odbywa obieg w ciągu dwu lat. Czwarte miejsce w tym szeregu zajmuje sfera o rocznym obiegu, w której, jak powiedzieliśmy, mieści się Ziemia ze sferą Księżyca jakby małym epicyklem. Na piątym miejscu Wenus powraca do pierwotnego położenia co dziewięć miesięcy. Szóste wreszcie miejsce zajmuje Merkury, odbywający obieg w ciągu osiemdziesięciu dni.

A w środku wszystkich ma swą siedzibę Słońce. Czyż bowiem w tej najpiękniejszej świątyni moglibyśmy umieścić ten znicz w innym albo lepszym miejscu niż w tym, z którego on może wszystko równocześnie oświetlać? Wszakże nie bez słuszności nazywają go niektórzy latarnią świata, inni rozumem jego, jeszcze inni władcą. Trismegistos zwie je widzialnym bogiem, Sofoklesowa Elektra — wszystko widzącym. Tak więc zaprawdę Słońce, jakby na tronie królewskim zasiadając, kieruje rodziną planet, krzątającą się dokoła. I Ziemia także nie jest pozbawiona usług Księżyca, lecz — jak to Arystoteles mówi w dziele *O zwierzętach* — Księżyc jest najbliższym krewniakiem Ziemi, gdy tymczasem Ziemia zostaje zapłodniona przez Słońce i zachodzi w ciążę, by rodzić co roku.

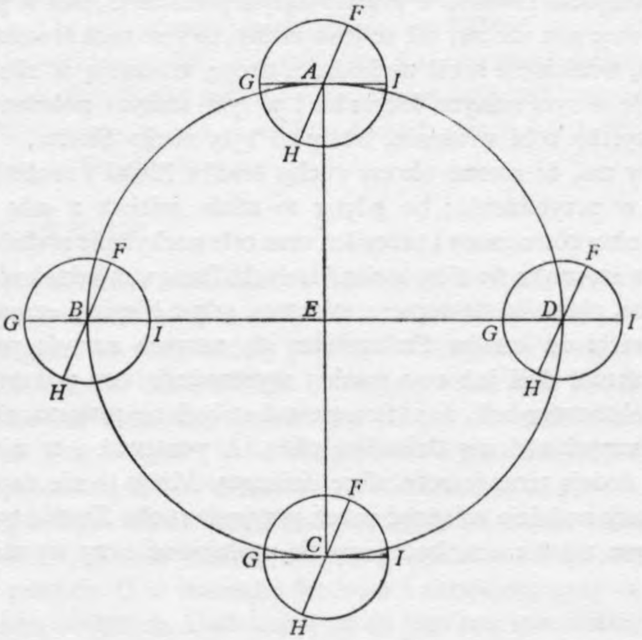
Odnaleźliśmy zatem w tym porządku zadziwiający ład świata i ustalony, zharmonizowany związek między ruchem a wielkością sfer, jakiego w inny sposób odkryć niepodobna. Stąd bowiem człowiek wnikliwie zastanawiający się nad przyrodą, może zrozumieć, dlaczego u Jowisza obserwujemy większą amplitudę ruchu prostego i wstecznego niż u Saturna, a mniejszą niż u Marsa, przeciwnie zaś — większą u Wenus niż u Merkurego; jak również: dlaczego tego rodzaju oscylacje częściej widzimy u Saturna niż u Jowisza, a zarazem rzadziej u Marsa i Wenus niż u Merkurego; poza tym: dlaczego Saturn, Jowisz i Mars, gdy wschód ich przypada na początek nocy, znajdują się bliżej Ziemi niż w czasach ich krycia się za Słońcem i pojawiania się spoza niego. Zwłaszcza zaś Mars, gdy świeci noc całą, pozorną swoją wielkością dorównuje Jowiszowi, różniąc się od niego tylko czerwonawą barwą, podczas gdy w tamtych położeniach ledwie da się odnaleźć wśród gwiazd drugiej wielkości i rozpoznać jedynie przez wytrwałą i systematyczną obserwację. Wszystko to wynika z jednej i tej samej przyczyny, która tkwi w ruchu Ziemi.

Jeżeli zaś nic podobnego nie dostrzegamy u gwiazd stałych, dowodzi to, że znajdują się niezmiernie wysoko nad nami, co sprawia, że nawet orbita rocznego ruchu albo raczej jej obraz zanika dla naszego wzroku. Jakoż dla każdego widzialnego przedmiotu istnieje taka wielkość odległości, przy której nastaniu staje się on już niedostrzegalny, jak to się wykazuje w *Optyce* Euklidesa. Bo o tym, że nawet od najwyższej z planet, to jest od Saturna, jest jeszcze ogromnie daleko do sfery gwiazd stałych, przekonują nas ich migocące światła. Tą cechą najbardziej się one odróżniają od planet i ona też — jak być powinno — stanowi największą różnicę pomiędzy ciałami poruszającymi się a nieruchomymi. Tak zaprawdę ogromne jest to boskie arcydzieło Istoty Najlepszej i Największej!

UZASADNIENIE TROJAKIEGO RUCHU ZIEMI *rozdział XI*

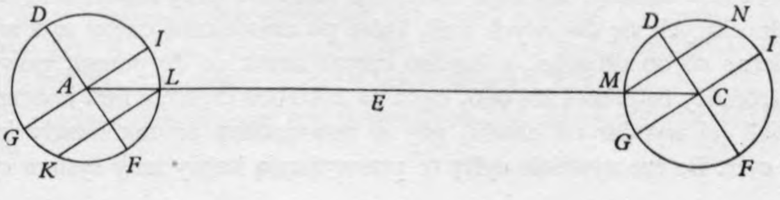
Skoro zatem ruch Ziemi poświadczają jednozgodnie tak liczne i tak ważne świadectwa ze strony planet, przystąpimy teraz do treściwego wykładu o tymże ruchu, mianowicie w jakiej mierze obserwowane zjawiska dadzą się wytłumaczyć, gdy założymy jego istnienie. W ogóle trzeba przyjąć, że jest on trojaki. Pierwszy, który Grecy — jak powiedzieliśmy — nazywają nychthemerinos, to jest ruchem nocodziennym, jest obrotem swoistym dla dnia i nocy, dokonującym się dokoła osi ziemskiej z zachodu na wschód, wobec czego ma się wrażenie, że świat obraca się w przeciwnym kierunku; opisuje on koło równonocne, które niektórzy nazywają kołem równodziennym, idąc w tym za Grekami, u których nosi ono nazwę isemerinos. Drugi jest roczny ruch środka Ziemi, który zakreśla koło zodiaku dokoła Słońca, również z zachodu na wschód, to jest za porządkiem znaków zwierzyńca, przebiegając — jak powiedzieliśmy — pomiędzy Wenus i Marsem wraz ze wszystkim, co do Ziemi należy. Ruch ten sprawia, że na pozór właśnie Słońce podobnym ruchem posuwa się po zodiaku: tak np. gdy środek Ziemi przebiega znak Koziorożca, odnosi się wrażenie, jakby Słońce szło przez znak Raka, a oglądane z Wodnika idzie po znaku Lwa, i tak po kolei, jak o tym była już mowa. Przy tym trzeba sobie wyobrazić, że w stosunku do owego koła, które przebiega po środku znaków zodiaku, i w stosunku do jego płaszczyzny koło równikowe i oś ziemska mają nachylenie zmienne. Bo gdyby one były na stałe utwierdzone i po prostu szły tylko za ruchem środka Ziemi, nie obserwowalibyśmy żadnej nierówności dnia i nocy, lecz zawsze by trwało bądź letnie stanowisko Słońca, bądź zimowe, bądź równonoc, lub też lato czy zima, czy w ogóle jakaś jedna pora roku, ciągle ta sama. Z kolei zatem idzie ruch nachylenia jako trzeci ruch Ziemi, również o rocznym okresie, lecz przeciwny porządkowi zodiaku, to jest idący w kierunku odwrotnym niż ruch środka Ziemi. W ten sposób, dzięki temu, że oba te ruchy są wzajemnie prawie równe a zarazem sobie przeciwne, oś Ziemi i największy na niej równoleżnik, czyli równik, zwrócone są prawie stale w jedną i tę samą stronę świata, zupełnie tak jakby pozostawały bez ruchu. Słońce tymczasem sprawia wrażenie, jakby się posuwało po pochyłości zodiaku tymże ruchem jak środek Ziemi, co wygląda nie inaczej, niż jakby ten właśnie środek był środkiem świata, zwłaszcza gdy się pamięta, że odległość Słońca od Ziemi na tle sfery gwiazd stałych jest dla naszego wzroku już niedostępna.

Ponieważ jednak są to rzeczy tego rodzaju, że raczej wymagają przedstawienia poglądowego niż słownego, narysujmy koło *ABCD*, które będzie wyobrażać roczny obieg środka Ziemi na płaszczyźnie zodiaku, a punkt *E* niech wyobraża Słońce, położone w pobliżu środka tego koła. Koło to podzielę na ćwiartki, kreśląc średnice *AEC* i *BED*. Punkt *A* niech zajmuje początek znaku Raka, *B* — Wagi, *C* — Koziorożca, *D* — Barana. Przyjmijmy zaś środek Ziemi najpierw w punkcie *A*, dokoła którego nakreślę ziemski równik *FGHI*, ale w innej płaszczyźnie, z wyjątkiem średnicy *GAI*, która niech będzie wspólnym przecięciem obu kół, to jest równika i zodiaku. Poprowadźmy także średnicę *FAH* pod kątami prostymi do *GAI* i przyjmijmy, że punkt *F* jest granicą największej deklinacji południowej, a punkt *H* północnej. W tych oczywiście warunkach mieszkańcy Ziemi będą widzieć Słońce — leżące mniej więcej w środku *E* — w momencie, gdy w znaku Koziorożca dokonuje zimowego przesilenia dnia z nocą, spowodowanego tym, że największa deklinacja północna *H* jest zwrócona ku Słońcu. Wtedy mianowicie nachylenie równika do linii *AE* przy obrocie dziennym opisuje zwrotnik zimowy jako równoleżnik oddalony od równika na rozwartość, jaką obejmuje kąt nachylenia *EAH*. Teraz niech środek Ziemi posuwa się dalej za porządkiem znaków zwierzyńcowych, zaś punkt *F*, będący granicą największej deklinacji, niech z tą samą szybkością odbywa ruch wsteczny, aż obydwa te punkty przebędą ćwiartki kół, co nastąpi w położeniu *B*. Tymczasem kąt *EAI* pozostaje zawsze równy kątowi *AEB*, dzięki równości obrotów, i stale równoległe pozostaną odpowiadające sobie średnice: *FAH* do *FBH* oraz *GAI* do *GBI*, a także równik do równika. Wszystko dla często już wzmiankowanej przyczyny przedstawia się na niezmierzonym niebie w identyczny sposób. A więc z punktu *B*, to jest z początkowego punktu Wagi, punkt *E* będzie widoczny w znaku Barana, a wspólne przecięcie kół zejdzie się z prostą *GBIE*, w stosunku do której dzienny obrót nie będzie dopuszczał żadnej deklinacji, lecz wszelka deklinacja będzie po bokach. Słońce zatem będzie widoczne w równonocy wiosennej. Niech teraz środek Ziemi posuwa się jeszcze dalej z zachowaniem przyjętych warunków, a gdy dopełni półkola w punkcie *C*, będzie się wydawało, że Słońce wkracza w znak Raka. Ale fakt, że punkt *F*, wyrażający południową deklinację równika, jest zwrócony ku Słońcu,



sprawi wrażenie, że Słońce przeszło na północ i biegnie po letnim zwrotniku, odpowiednio do kąta nachylenia *ECF*. A ponieważ w trzeciej ćwiartce koła znów punkt *F* odwraca się od Słońca, wspólne przecięcie *GI* znów się pokryje z linią *ED*, wskutek czego będzie się zdawać, że Słońce, oglądane w znaku Wagi, powoduje równonoc jesienną. A następnie punkt *H*, postępując nadal w ten sam sposób i ustawiając się z wolna w kierunku Słońca, sprawi, że wszystko powróci do stanu początkowego, od którego zaczęliśmy posuwać się naprzód.

Inaczej: Niech *AEC* będzie — jak poprzednio — średnicą koła *ABC*, leżącą w płaszczyźnie rysunku, oraz wspólnym przecięciem jej z tymże kołem, które obecnie niech stoi prostopadle do owej płaszczyzny. Na niej dokoła punktów *A* i *C*, to znaczy w Raku i w Koziorożcu, nakreślimy tu i tam południk ziemski *DGFI*. Osią Ziemi niech będzie *DF*, biegunem północnym *D*, południowym *F*, a linia *GI* średnicą równika. Kiedy więc biegun *F* jest zwrócony do Słońca, leżącego w pobliżu punktu *E*, i zachodzi północne nachylenie równika pod kątem *IAE*, wtedy obrót Ziemi dokoła osi opisze równoleżnik południowy o średnicy *KL*, odległy od równika o łuk *LI* i pozornie stanowiący dla Słońca zwrotnik Koziorożca. Albo — żeby lepiej powiedzieć — na skutek owego obrotu linia *AC*, wzdłuż której widzimy Słońce, zakreśla powierzchnię stożkową, posiadającą środek Ziemi za wierzchołek, a za podstawę koło równoległe do równika. W podobny sposób



dzieje się to wszystko również w przeciwległym punkcie *C*, lecz w postaci odwróconej. Jasną więc jest rzeczą, jak te dwa ruchy, to jest ruch środka Ziemi i ruch jej nachylenia, wzajemnie sobie zachodzące drogę, zmuszają oś ziemską do pozostawania ciągle w tym samym kierunku i w tym samym położeniu oraz sprawiają, że wszystko robi wrażenie, jakby to były ruchy Słońca.

Mówiliśmy zaś, że roczne okresy ruchu środka Ziemi i ruchu nachylenia są sobie równe w przybliżeniu; bo gdyby to miało miejsce z całą dokładnością, musiałyby punkty równonocy i przesileń oraz całe nachylenie zodiaku zupełnie się nie zmieniać w stosunku do sfery gwiazd stałych. Ponieważ jednak różnica okresów jest nieznaczna, ujawniła się dopiero wówczas, gdy z biegiem czasu się skumulowała: mianowicie od czasów Ptolemeusza do naszych narosła prawie do 21°, o którą to wartość dziś już owe punkty wyprzedzają swe położenie ówczesne. Dlatego to niektórzy sądzili, że i sfera gwiazd stałych się porusza, skutkiem czego postanowili przyjąć nad nią dziewiątą sferę. A ponieważ i ta nie wystarczyła, nowsi uczeni dodają teraz jeszcze sferę dziesiątą. Mimo to nie dopięli tego celu, który my mamy nadzieję osiągnąć przez przyjęcie ruchu Ziemi; tym to ruchem, jako naczelnym założeniem, będziemy się posługiwać przy wyjaśnianiu innych ruchów.

O CIĘCIWACH W KOLE *rozdział XII*

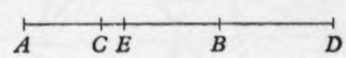
Przytoczyłem pokrótce te wiadomości z nauk przyrodniczych, które uważałem za nieodzowne dla naszego przedmiotu jako zasadnicze założenia, a mianowicie, że świat jest kulisty, niezmierzony i podobny do nieskończonego, a także, że wszystko w sobie zawierająca sfera gwiazd jest nieruchoma, wszystkie zaś inne ciała niebieskie poruszają się po kołach; założyłem również, że Ziemia porusza się pewnymi ruchami kolistymi. To wszystko stanowi niejako fundament, na którym usiłuję zbudować całą astronomię. Dowodzenia zaś, którymi będę się posługiwać prawie w całym dziele, dotyczą linii prostych i łuków oraz trójkątów płaskich i sferycznych. Wiele z ich własności jasno wyłożył już Euklides w *Elementach*, ale pominął najważniejsze dla nas zagadnienie, a mianowicie, jak z kątów można obliczać boki, a z boków kąty; gdyż dla cięciwy miarą nie jest kąt, podobnie jak dla kąta miarą nie jest cięciwa, lecz łuk. Z tej przyczyny wynaleziono sposób na obliczanie cięciw dla dowolnego łuku, a z ich pomocą można obliczać także łuk odpowiadający kątowi, oraz — na odwrót — cięciwę przeciwległą kątowi, którego łuk jest znany. Toteż, jak sądzę, nie od rzeczy będzie, jeżeli o tych właśnie liniach tutaj pomówię, a także o bokach i kątach zarówno trójkątów płaskich, jak i sferycznych, o czym Ptolemeusz mówi na różnych miejscach i w formie przykładów; bo chcę ten temat tutaj wyczerpać za jednym razem i ułatwić zrozumienie tego, co mam dalej wyłożyć.

Koło – według ogólnie przez matematyków przyjętej praktyki – dzielimy na 360 części; dla średnicy zaś starożytni stosowali podział na 120 części. Ale późniejsi, chcąc uniknąć zawiłego obliczania ułamków przy mnożeniu i dzieleniu liczb, odnoszących się do owych linii, które po największej części są z sobą niewspółmierne co do długości, a bardzo często nawet co do potęgi, przyjmowali podział średnicy bądź na 1 200 000, bądź na 2 000 000 części, a inni jeszcze inaczej ustanawiali jej wymiar od chwili, gdy w powszechny użytek weszły indyjskie kształty cyfr. Bo rzeczywiście cyfry te przewyższają każdy inny system cyfr, czy to grecki czy rzymski, dając się niezwykle szybko i dogodnie stosować w rachunkach. Dlatego to i ja przyjąłem podział średnicy na 200000 części jako wystarczający do tego, aby wykluczyć błąd dostrzegalny. Bo przy wielkościach, które się nie mają do siebie jak dwie liczby całkowite, wystarczy osiągnąć stosunek najbardziej przybliżony. Wyjaśnimy to zaś w sześciu twierdzeniach i jednym problemacie, idąc przeważnie za Ptolemeuszem.

TWIERDZENIE PIERWSZE

Jeśli dana jest średnica koła, dane są także boki trójkąta, czworokąta, sześciokąta, pięciokąta i dziesięciokąta, które są w to koło wpisane.

Mianowicie promień koła, będący połową średnicy, równa się bokowi sześciokąta; natomiast kwadrat boku trójkąta jest trzykrotnością, a kwadrat boku kwadratu dwukrotnością kwadratu sześciokąta, jak to udowodnił Euklides w *Elementach*. A więc przy długości boku sześciokąta, wynoszącej 100000 części, bok czworokąta wynosi 141422, trójkąta zaś 173205 części.



Niech teraz bokiem sześciokąta będzie odcinek *AB*, który według pierwszego zadania drugiej księgi, albo według dziesiątego zadania księgi szóstej Euklidesa przetnijmy w punkcie *C* w stosunku średnim i skrajnym, przy czym niech *CB* będzie odcinkiem większym. Dodajmy teraz do tego taki sam odcinek *BD*. Będzie więc i całe *ABD* podzielone w stosunku skrajnym i średnim, a dodany tu mniejszy odcinek *BD* będzie bokiem dziesięciokąta, wpisanego w to samo koło, w którym *AB* tworzy bok sześciokąta, jak to jasno wynika z piątego i dziewiątego twierdzenia trzynastej księgi Euklidesa. Tenże odcinek *BD* otrzymamy zaś w taki sposób: przetnijmy *AB* na połowę w punkcie *E*, a wówczas z trzeciego twierdzenia tej samej księgi Euklidesa wynika, że druga potęga *EBD* wynosi pięć razy tyle co druga potęga *EB*. Ponieważ zaś *EB* ma długość 50000 części, będzie stąd znana pięciokrotność owej potęgi, a tym samym długość *EBD*, wynosząca 111803 części. Jeżeli teraz od niej odejmiemy 50000 na długość *EB*, pozostanie *BD*, wynosząca 61803 części, jako szukany bok dziesięciokąta.

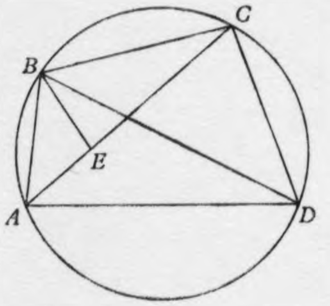
Podobnie dla boku pięciokąta, którego druga potęga równa się sumie drugich potęg boku sześciokąta i dziesięciokąta, otrzymujemy 117557 części. Mając zatem długość średnicy koła, znamy tym samym boki trójkąta, czworokąta, pięciokąta, sześciokąta i dziesięciokąta, wpisanych w koło, co właśnie trzeba było wykazać.

DALSZY WNIOSEK

Dalej oczywistą jest rzeczą, że gdy dana jest cięciwa jakiegoś łuku, dana jest również cięciwa, która zamyka pozostałą część półkola. Kąt w półkolu jest bowiem prosty, a w trójkątach prostokątnych kwadrat przeciwprostokątnej, a więc średnicy, równa się sumie kwadratów obu przyprostokątnych. Skoro zatem wykazałem, że bok dziesięciokąta, który jest cięciwą łuku, obejmującego 36 części obwodu, wynosi 61803 takich części, jakich średnica zawiera 200000, znana jest także cięciwa łuku, obejmującego pozostałe 144 części półkola, i wynosi ona tamtych części 190211. A za pośrednictwem boku pięciokąta, który swą długością, wynoszącą 117557 części średnicy, zamyka łuk o długości 72 części obwodu, otrzymujemy dla cięciwy, zamykającej łuk pozostałych 108 części półkola, 161803 części średnicy.

TWIERDZENIE DRUGIE, POMOCNICZE

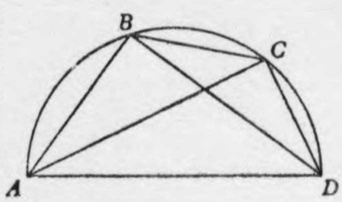
Jeśli czworobok wpisany jest w koło, to prostokąt zbudowany z jego przekątnych równy jest sumie prostokątów zbudowanych z par naprzeciwległych boków czworoboku.



Niech mianowicie *ABCD* będzie czworobokiem wpisanym w koło: twierdzę, że prostokąt z przekątnych *AC* i *DB* równa się sumie prostokątów z boków *AB* i *DC* oraz *AD* i *BC*. Narysujmy bowiem kąt *ABE* równy kątowi *CBD*. Cały więc kąt *ABD* będzie równy całemu kątowi *EBC*, bośmy dołączyli kąt *EBD*, wspólny obu tym kątom. Tak samo kąty *ACB* i *BDA* są sobie nawzajem równe, jako oparte na tym samym łuku koła; a zatem oba trójkąty do siebie podobne będą miały boki proporcjonalne, tak że $BC : BD = EC : AD$, a więc $EC \cdot BD = BC \cdot AD$. Ale i trójkąty *ABE* i *CBD* są podobne, a to dlatego, że kąty *ABE* i *CBD* zrobiliśmy równe, kąty zaś *BAC* i *BDC* są równe jako wsparte na tym samym łuku. I znowu $AB : BD = AE : CD$, a więc $AB \cdot CD = AE \cdot BD$. Lecz już udowodniliśmy, że $AD \cdot BC = BD \cdot EC$. Razem więc $BD \cdot AC = AD \cdot BC + AB \cdot CD$, i udowodnienie tego będzie nam przydatne.

TWIERDZENIE TRZECIE

Z tego bowiem wynika, że jeśli w półkolu dane są cięciwy łuków nierównych, znana jest także cięciwa łuku, będącego różnicą większego i mniejszego z tych łuków.

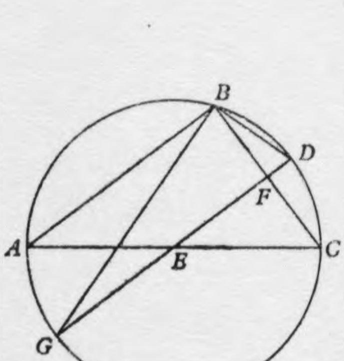


Niech na przykład w półkolu *ABCD* o średnicy *AD* będą dane cięciwy nierównych łuków *AB* i *AC*. Jeżeli chcemy znaleźć cięciwę *BC*, to na podstawie tego, cośmy powiedzieli wyżej, dane są także cięciwy pozostałych łuków półkola, to jest *BD* i *CD*, z którymi to łukami spotyka się na obwodzie półkola czworobok *ABCD*. Znamy zatem jego przekątne *AC* i *BD*, oraz trzy boki *AB*, *AD* i *CD*, przy czym — jak już zostało wykazane — prostokąt o bokach *AC* i *BD* równy jest sumie prostokątów o bokach *AB*, *CD* oraz *AD*, *BC*. Jeżeli więc $AB \cdot CD$ odejmiemy od $AC \cdot BD$, otrzymamy resztę, równą iloczynowi $AD \cdot BC$; a dzieląc go przez *AD*, jak daleko się da, obliczamy szukaną wielkość cięciwy *BC*.

A zatem, skoro na podstawie poprzednich wywodów dane są na przykład boki pięciokąta i sześciokąta, otrzymujemy w ten sposób również cięciwę łuku 12°, o który się one między sobą różnią: wynosi ona 20905 owych części średnicy.

TWIERDZENIE CZWARTE

Jeżeli dana jest cięciwa dowolnego łuku, dana jest również cięciwa połowy tego łuku.

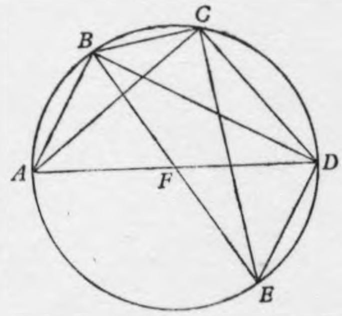


Wykreślmy koło *ABC*, którego średnicą niech będzie *AC*, a łuk *BC* niech będzie dany wraz ze swą cięciwą; ze środka zaś *E* przetnijmy pod kątami prostymi cięciwę *BC* linią *EF*, która w ten sposób, według trzeciego twierdzenia trzeciej księgi Euklidesa, przepołowi cięciwę *BC* w punkcie *F*, a po przedłużeniu także jej łuk w punkcie *D*. Pociągnijmy jeszcze cięciwy *AB* i *BD*. Ponieważ więc trójkąty *ABC* i *EFC* są prostokątne, a jako mające nadto wspólny kąt *ECF* są do siebie podobne, przeto jak *CF* jest połową odcinka *BFC*, tak *EF* jest połową *AB*. Ale *AB* jest dane, gdyż jest to cięciwa pozostałego łuku półkola; skutkiem tego dana jest również *EF*, a stąd także i *DF* jako reszta z połowy średnicy. Tę średnicę uzupełniamy i otrzymujemy *DEG*, a następnie łączymy z sobą punkty *B* i *G*. W trójkącie zatem *BDG* z kąta prostego *B* idzie prostopadła do podstawy linia *BF*. Mamy więc $GD \cdot DF = BD^2$, a stąd otrzymujemy długość linii *BD*, będącej cięciwą połowy łuku *BDC*.

Znając już tedy cięciwę łuku 12°, znamy także cięciwę łuku 6°, wynoszącą 10467 części średnicy, cięciwę łuku 3°, wynoszącą 5235 części, łuku $1\frac{1}{2}$°, wynoszącą 2618 części, oraz cięciwę łuku $\frac{3}{4}$°, wynoszącą 1309 części.

TWIERDZENIE PIĄTE

I znowu, gdy dane będą cięciwy dwóch łuków, dana jest także cięciwa całego łuku, złożonego z tamtych dwóch.

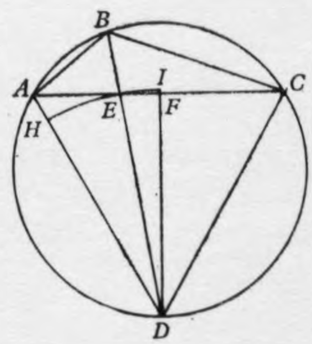


Niech w kole dane będą cięciwy *AB* i *BC*: twierdzę, że tym samym dana jest również cięciwa całego łuku *ABC*. Przeprowadziwszy bowiem średnice *AFD* i *BFE*, wykreślmy także linie proste, czyli cięciwy *BD* i *CE*, które na podstawie poprzednich twierdzeń znamy dzięki danym *AB* i *BC*, a linia *DE* jest równa *AB*. Dołączywszy jeszcze linię *CD*, zamknijmy nią czworokąt *BCDE*, którego przekątne *BD* i *CE* wraz z trzema bokami *BC*, *DE* i *BE* są dane; wówczas na podstawie twierdzenia drugiego będzie równie dany pozostały bok *CD*, a stąd poszukiwana przez nas cięciwa *CA*, obejmująca cały łuk *ABC*, będzie dana jako cięciwa reszty półkola.

W dalszym ciągu, skoro już obliczone zostały długości linii prostych, będących cięciwami łuków 3°, $1\frac{1}{2}$° i $\frac{3}{4}$°, mógłby ktoś z bardzo wielką dokładnością ułożyć tablicę cięciw, postępującą według tych interwałów. Ale jeśli zechce iść w górę co 1°, i to w sposób ciągły, albo co $\frac{1}{2}$° czy według innej miary, całkiem słusznie będzie miał wątpliwości co do cięciw takich części, ponieważ obliczenia, oparte na rysunkach geometrycznych, za pomocą których można by je było dokładnie oznaczyć, zawodzą nas. Nic jednak nie przeszkadza osiągnąć to samo inną drogą, z uniknięciem błędu dostrzegalnego, a w wartości przyjętej zupełnie nie przedstawiającego różnicy. Tego to poszukiwał także Ptolemeusz dla cięciw jednego stopnia i połowy, zachęcając nas do tego po raz pierwszy.

TWIERDZENIE SZÓSTE

Stosunek dwu łuków, większego i mniejszego, jest większy niż stosunek przynależnych im cięciw.

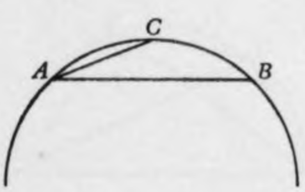


Niech *AB* i *BC* będą dwoma nierównymi łukami, sąsiadującymi z sobą na obwodzie koła, i niech łuk *BC* będzie większy. Twierdzę, że stosunek łuków *BC* : *AB* jest większy niż stosunek cięciw *BC* : *AB*, które tworzą kąt *B*. Podzielmy ten kąt na połowy za pomocą linii *BD* i połączmy punkty *A* i *C* linią, przecinającą linię *BD* w punkcie *E*. Podobnie wykreślmy linie *AD* i *CD*, które są sobie równe jako cięciwy równych łuków. Skoro więc w trójkącie *ABC* linia, która połowi kąt *B*, przecina linię *AC* w punkcie *E*, odcinki podstawy *EC* i *AE* będą się miały do siebie jak *BC* do *AB*; a ponieważ większa jest linia *BC* niż *AB*, większa jest także *EC* niż *EA*. Poprowadźmy linię *DF*, prostopadłą do *AC*: przepołowi ona tę *AC* w punkcie *F*, który musi się znaleźć w większym odcinku *EC*. Ponieważ zaś w każdym trójkącie większy kąt leży naprzeciw większego boku, w trójkącie *DEF* bok *DE* jest większy niż *DF*, a także *AD* większy niż *DE*; toteż łuk, zakreślony z punktu *D* promieniem *DE*, przetnie *AD*, a wyjdzie poza *DF*. Niech więc przetnie

AD w punkcie *H*, a przedłużymy go aż do prostej *DFI*. Skoro więc wycinek koła *EDI* większy jest od trójkąta *EDF*, natomiast trójkąt *DEA* większy od wycinka koła *DEH*, przeto trójkąt *DEF* do trójkąta *DEA* tworzy mniejszy stosunek niż wycinek *DEI* do wycinka *DEH*. A przecież wycinki mają się tak do siebie jak ich łuki, czyli jak kąty przyśrodkowe, trójkąty zaś, posiadające wspólny wierzchołek, mają się tak do siebie jak ich podstawy: wobec tego większy jest stosunek kąta *EDF* do kąta *ADE* niż stosunek podstawy *EF* do podstawy *AE*. Stąd przy pomocy łączenia wynika, że stosunek kąta *FDA* do *ADE* jest większy niż stosunek *AF* do *AE*, a dalej, że stosunek kąta *CDA* do *ADE* większy niż stosunek *AC* do *AE*: następnie zaś przez rozdzielanie znajdziemy, że większy jest także stosunek kąta *CDE* do *EDA* niż stosunek *CE* do *EA*. Ale te kąty *CDE* i *EDA* mają się tak do siebie jak łuk *CB* do łuku *AB*; podstawa zaś *CE* ma się do *AE* jak cięciwa *BC* do cięciwy *AB*. Istotnie więc stosunek łuku *CB* do łuku *AB* jest większy niż stosunek cięciwy *BC* do cięciwy *AB*, co właśnie należało udowodnić.

PROBLEM

Skoro jednak łuk jest zawsze większy niż jego cięciwa (jako że linia prosta jest najkrótszą z linii posiadających te same punkty końcowe), ale ta nierówność, w miarę jak się posuwamy od większych odcinków koła do mniejszych, zdąża do równości, tak że w końcu przy zetknięciu się z obwodem linia prosta i krzywa znikają równocześnie: przeto, nim to nastąpi, muszą się one tak mało między sobą różnić, że ta różnica jest niedostrzegalna. Niech bowiem np. *AB* będzie łukiem 3°, a *AC* łukiem $1\frac{1}{2}$°, wtedy cięciwa *AB* — jak zostało udowodnione — wynosi 5235 takich części, jakich według założenia średnica posiada 200000, a cięciwa *AC* wynosi 2618 takichże części. I choć łuk *AB* jest dwa razy większy niż *AC*, cięciwa *AB* jest przecież mniej niż dwa razy większa w stosunku do cięciwy *AC*, a ta już tylko o jedną cząstkę przewyższa 2617. Jeżeli zaś *AB* przyjmiemy jako łuk $1\frac{1}{2}$°, a *AC* jako łuk $\frac{3}{4}$°, otrzymamy cięciwę *AB* wynoszącą 2618, i cięciwę *AC* wynoszącą 1309 części: i choć ta ostatnia powinna być większa niż połowa cięciwy *AB*, nie widać przecież, żeby się cokolwiek różniła od połowy, lecz już wydaje się, że stosunek łuków jest równy stosunkowi cięciw.



Skoro zatem doszliśmy, jak widać, do takiego miejsca, gdzie naszymi zmysłami nie możemy już zgoła odróżnić linii prostej od krzywej, tak jakby obie te linie tworzyły jedną, nie wahamy się, mając dla $\frac{3}{4}$ jednego stopnia 1309 części, przydzielać cięciwy w tym samym stosunku całemu jednemu stopniowi i pozostałym jego częściom. Dodając więc $\frac{1}{4}$ do $\frac{3}{4}$, ustalamy 1745 części średnicy dla cięciwy łuku 1°, $872\frac{1}{2}$ części dla łuku $\frac{1}{2}$°, a niemal 582 części dla łuku $\frac{1}{3}$°. Ale sądzę, że wystarczy, jeżeli w tablicy podamy tylko połowy cięciw łuków podwójnych i przez to uproszczenie zamkniemy w ćwiartce koła to, co by trzeba było rozkładać na półkole: zwłaszcza że w praktyce częściej zachodzą w dowodach i obliczeniach także połowy niż całe cięciwy.

Sporządziliśmy zaś tablicę wzrastającą co jedną szóstą stopnia i posiadającą trzy kolumny: w pierwszej są stopnie, czyli części obwodu koła, oraz ich części; druga zawiera liczbową wartość połowy cięciwy podwójnego łuku; trzecia podaje różnicę tychże liczb, jaka zachodzi przy oddzielnych stopniach, a stąd można proporcjonalnie dodawać to, co odpowiada poszczególnym minutom stopni. A zatem tablica przedstawia się następująco:

× TABLICA CIĘCIW W KOLE

Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica	Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica
Stopnie	Minuty			Stopnie	Minuty		
0	10	291	291	6	10	10742	289
0	20	582		6	20	11031	
0	30	873		6	30	11320	
0	40	1163		6	40	11609	
0	50	1454		6	50	11898	
1	0	1745		7	0	12187	
1	10	2036		7	10	12476	
1	20	2327		7	20	12764	288
1	30	2617		7	30	13053	
1	40	2908		7	40	13341	
1	50	3199		7	50	13629	
2	0	3490		8	0	13917	
2	10	3781		8	10	14205	
2	20	4071		8	20	14493	
2	30	4362		8	30	14781	
2	40	4653		8	40	15069	
2	50	4943	290	8	50	15356	
3	0	5234		9	0	15643	
3	10	5524		9	10	15931	
3	20	5814		9	20	16218	
3	30	6105		9	30	16505	
3	40	6395		9	40	16792	
3	50	6685		9	50	17078	
4	0	6975		10	0	17365	
4	10	7265		10	10	17651	286
4	20	7555		10	20	17937	
4	30	7845		10	30	18223	
4	40	8135		10	40	18509	
4	50	8425		10	50	18795	
5	0	8715		11	0	19081	
5	10	9005		11	10	19366	285
5	20	9295		11	20	19652	
5	30	9585		11	30	19937	
5	40	9874		11	40	20222	
5	50	10164	289	11	50	20507	
6	0	10453		12	0	20791	

TABLICA CIĘCIW W KOLE

Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica	Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica
Stopnie	Minuty			Stopnie	Minuty		
12	10	21076	284	18	10	31178	276
12	20	21360		18	20	31454	
12	30	21644		18	30	31730	
12	40	21928		18	40	32006	
12	50	22212		18	50	32282	275
13	0	22495	283	19	0	32557	
13	10	22778		19	10	32832	
13	20	23062		19	20	33106	
13	30	23344		19	30	33381	274
13	40	23627		19	40	33655	
13	50	23910	282	19	50	33929	
14	0	24192		20	0	34202	
14	10	24474		20	10	34475	273
14	20	24756		20	20	34748	
14	30	25038	281	20	30	35021	
14	40	25319		20	40	35293	272
14	50	25601		20	50	35565	
15	0	25882		21	0	35837	
15	10	26163		21	10	36108	271
15	20	26443	280	21	20	36379	
15	30	26724		21	30	36650	
15	40	27004		21	40	36920	270
15	50	27284		21	50	37190	
16	0	27564	279	22	0	37460	
16	10	27843		22	10	37730	269
16	20	28122		22	20	37999	
16	30	28401		22	30	38268	
16	40	28680		22	40	38537	268
16	50	28959	278	22	50	38805	
17	0	29237		23	0	39073	
17	10	29515		23	10	39341	267
17	20	29793		23	20	39608	
17	30	30071	277	23	30	39875	
17	40	30348		23	40	40141	266
17	50	30625		23	50	40408	
18	0	30902		24	0	40674	

TABLICA CIĘCIW W KOLE

Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica	Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica
Stopnie	Minuty			Stopnie	Minuty		
24	10	40939	265	30	10	50252	251
24	20	41204		30	20	50503	
24	30	41469		30	30	50754	250
24	40	41734	264	30	40	51004	
24	50	41998		30	50	51254	
25	0	42262		31	0	51504	249
25	10	42525	263	31	10	51753	
25	20	42788		31	20	52002	248
25	30	43051		31	30	52250	
25	40	43313	262	31	40	52498	247
25	50	43575		31	50	52745	
26	0	43837		32	0	52992	246
26	10	44098	261	32	10	53238	
26	20	44359		32	20	53484	
26	30	44620	260	32	30	53730	245
26	40	44880		32	40	53975	
26	50	45140		32	50	54220	244
27	0	45399	259	33	0	54464	
27	10	45658		33	10	54708	243
27	20	45916	258	33	20	54951	
27	30	46175		33	30	55194	242
27	40	46433		33	40	55436	
27	50	46690	257	33	50	55678	241
28	0	46947		34	0	55919	
28	10	47204	256	34	10	56160	240
28	20	47460		34	20	56400	
28	30	47716	255	34	30	56641	239
28	40	47971		34	40	56880	
28	50	48226		34	50	57119	238
29	0	48481	254	35	0	57358	
29	10	48735		35	10	57596	
29	20	48989	253	35	20	57833	237
29	30	49242		35	30	58070	
29	40	49495	252	35	40	58307	236
29	50	49748		35	50	58543	
30	0	50000		36	0	58779	235

TABLICA CIĘCIW W KOLE

Obwód Stopnie	Obwód Minuty	Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica	Obwód Stopnie	Obwód Minuty	Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica
36	10	59014	235	42	10	67129	215
36	20	59248	234	42	20	67344	
36	30	59482		42	30	67559	214
36	40	59716	233	42	40	67773	
36	50	59949		42	50	67987	213
37	0	60181	232	43	0	68200	212
37	10	60413		43	10	68412	
37	20	60645	231	43	20	68624	211
37	30	60876		43	30	68835	
37	40	61107	230	43	40	69046	210
37	50	61337		43	50	69256	
38	0	61566	229	44	0	69466	209
38	10	61795		44	10	69675	
38	20	62024		44	20	69883	208
38	30	62251	228	44	30	70091	207
38	40	62479		44	40	70298	
38	50	62706	227	44	50	70505	206
39	0	62932		45	0	70711	205
39	10	63158	226	45	10	70916	
39	20	63383		45	20	71121	204
39	30	63608	225	45	30	71325	
39	40	63832		45	40	71529	203
39	50	64056	224	45	50	71732	202
40	0	64279	223	46	0	71934	
40	10	64501	222	46	10	72136	201
40	20	64723		46	20	72337	200
40	30	64945	221	46	30	72537	
40	40	65166	220	46	40	72737	199
40	50	65386		46	50	72936	
41	0	65606	219	47	0	73135	198
41	10	65825		47	10	73333	197
41	20	66044	218	47	20	73531	
41	30	66262		47	30	73728	196
41	40	66480	217	47	40	73924	195
41	50	66697		47	50	74119	
42	0	66913	216	48	0	74314	194

TABLICA CIĘCIW W KOLE

Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica	Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica
Stopnie	Minuty			Stopnie	Minuty		
48	10	74508	194	54	10	81072	170
48	20	74702		54	20	81242	169
48	30	74896		54	30	81411	
48	40	75088	192	54	40	81580	168
48	50	75280	191	54	50	81748	167
49	0	75471	190	55	0	81915	
49	10	75661		55	10	82082	166
49	20	75851	189	55	20	82248	165
49	30	76040		55	30	82413	164
49	40	76229	188	55	40	82577	
49	50	76417	187	55	50	82741	163
50	0	76604		56	0	82904	162
50	10	76791	186	56	10	83066	
50	20	76977		56	20	83228	161
50	30	77162	185	56	30	83389	160
50	40	77347	184	56	40	83549	159
50	50	77531		56	50	83708	
51	0	77715	183	57	0	83867	158
51	10	77897	182	57	10	84025	157
51	20	78079		57	20	84182	
51	30	78261	181	57	30	84339	156
51	40	78442	180	57	40	84495	155
51	50	78622		57	50	84650	
52	0	78801	179	58	0	84805	154
52	10	78980	178	58	10	84959	153
52	20	79158		58	20	85112	152
52	30	79335	177	58	30	85264	
52	40	79512	176	58	40	85415	151
52	50	79688		58	50	85566	150
53	0	79864	175	59	0	85717	
53	10	80038	174	59	10	85866	149
53	20	80212		59	20	86015	148
53	30	80386	173	59	30	86163	147
53	40	80558	172	59	40	86310	
53	50	80730		59	50	86457	146
54	0	80902	171	60	0	86602	145

TABLICA CIĘCIW W KOLE

Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica	Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica
Stopnie	Minuty			Stopnie	Minuty		
60	10	86747	144	66	10	91472	118
60	20	86892		66	20	91590	117
60	30	87036	143	66	30	91706	116
60	40	87178	142	66	40	91822	115
60	50	87320		66	50	91936	114
61	0	87462	141	67	0	92050	113
61	10	87603	140	67	10	92164	
61	20	87743	139	67	20	92276	112
61	30	87882		67	30	92388	111
61	40	88020	138	67	40	92449	110
61	50	88158	137	67	50	92609	109
62	0	88295		68	0	92718	
62	10	88431	136	68	10	92827	108
62	20	88566	135	68	20	92935	107
62	30	88701	134	68	30	93042	106
62	40	88835		68	40	93148	105
62	50	88968	133	68	50	93253	
63	0	89101	132	69	0	93358	104
63	10	89232	131	69	10	93462	103
63	20	89363		69	20	93565	102
63	30	89493	130	69	30	93667	
63	40	89622	129	69	40	93769	101
63	50	89751	128	69	50	93870	100
64	0	89879		70	0	93969	99
64	10	90006	127	70	10	94068	98
64	20	90133	126	70	20	94167	
64	30	90258		70	30	94264	97
64	40	90383	125	70	40	94361	96
64	50	90507	124	70	50	94457	95
65	0	90631	123	71	0	94552	94
65	10	90753	122	71	10	94646	93
65	20	90875	121	71	20	94739	
65	30	90996		71	30	94832	92
65	40	91116	120	71	40	94924	91
65	50	91235	119	71	50	95015	90
66	0	91354	118	72	0	95105	

TABLICA CIĘCIW W KOLE

Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica	Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica
Stopnie	Minuty			Stopnie	Minuty		
72	10	95195	89	78	10	97875	59
72	20	95284	88	78	20	97934	58
72	30	95372	87	78	30	97992	
72	40	95459	86	78	40	98050	57
72	50	95545	85	78	50	98107	56
73	0	95630		79	0	98163	55
73	10	95715	84	79	10	98218	54
73	20	95799	83	79	20	98272	
73	30	95882	82	79	30	98325	53
73	40	95964	81	79	40	98378	52
73	50	96045		79	50	98430	51
74	0	96126	80	80	0	98481	50
74	10	96206	79	80	10	98531	49
74	20	96285	78	80	20	98580	
74	30	96363	77	80	30	98629	48
74	40	96440		80	40	98676	47
74	50	96517	76	80	50	98723	46
75	0	96592	75	81	0	98769	45
75	10	96667	74	81	10	98814	44
75	20	96742	73	81	20	98858	43
75	30	96815	72	81	30	98902	42
75	40	96887		81	40	98944	
75	50	96959	71	81	50	98986	41
76	0	97030	70	82	0	99027	40
76	10	97099	69	82	10	99067	39
76	20	97169	68	82	20	99106	38
76	30	97237		82	30	99144	
76	40	97304	67	82	40	99182	37
76	50	97371	66	82	50	99219	36
77	0	97432	65	83	0	99255	35
77	10	97507	64	83	10	99290	34
77	20	97566	63	83	20	99324	33
77	30	97630		83	30	99357	
77	40	97692	62	83	40	99389	32
77	50	97754	61	83	50	99421	31
78	0	97815	60	84	0	99452	30

TABLICA CIĘCIW W KOLE

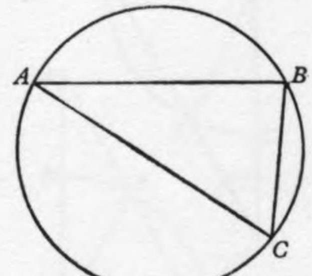
Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica	Obwód		Połowa cięciwy podwójnego łuku	Różnica
Stopnie	Minuty			Stopnie	Minuty		
84	10	99482	29	87	10	99878	14
84	20	99511	28	87	20	99892	13
84	30	99539	27	87	30	99905	12
84	40	99567		87	40	99917	
84	50	99594	26	87	50	99928	11
85	0	99620	25	88	0	99939	10
85	10	99644	24	88	10	99949	9
85	20	99668	23	88	20	99958	8
85	30	99692	22	88	30	99966	7
85	40	99714		88	40	99973	6
85	50	99736	21	88	50	99979	
86	0	99756	20	89	0	99985	5
86	10	99776	19	89	10	99989	4
86	20	99795	18	89	20	99993	3
86	30	99813		89	30	99996	2
86	40	99830	17	89	40	99998	1
86	50	99847	16	89	50	99999	0
87	0	99863	15	90	0	100000	0

O BOKACH I KĄTACH TRÓJKĄTÓW PŁASKICH PROSTOLINIJNYCH *rozdział XIII*

I

Jeżeli w trójkącie dane są kąty, to dane są również jego boki.

Weźmy trójkąt *ABC* i opiszmy dokoła niego koło według piątego zadania czwartej księgi Euklidesa. Dane więc będą również łuki tego koła *AB, BC, CA* w takiej mierze, w jakiej 360° równa się dwu kątom prostym. Znając zaś łuki, znamy także boki trójkąta wpisanego w koło jako cięciwy według podanej tablicy cięciw w częściach, których przyjęliśmy 200000 na średnicę.

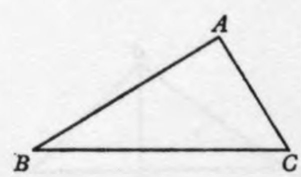


II

Jeżeli zaś dany będzie jeden z kątów trójkąta oraz dwa boki, to można stąd obliczyć również pozostały bok i resztę kątów. Albo mianowicie dane boki są równe albo nierówne, przy czym jednak dany jest kąt albo prosty, albo ostry, albo rozwarty. I dalej, boki dane już to obejmują dany kąt, już też go nie obejmują.

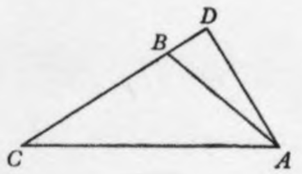
Najpierw zatem niech w trójkącie *ABC* będą dwa boki *AB* i *AC* równe, z zawartym między nimi danym kątem *A*. Wobec tego pozostałe kąty, leżące przy podstawie *BC*, są równe, a tym samym dane jako połowy tego, co zostanie po odjęciu kąta *A* od dwu kątów prostych. Jeżeli zaś kąt, z góry dany, będzie jednym z kątów przypodstawowych, to tym samym znamy wielkość drugiego z nich, a stąd także pozostały kąt jako dopełnienie do dwu prostych. Ale znając kąty trójkąta, znamy także jego boki. Znamy więc i podstawę *BC*, a to według tablicy cięciw w częściach, których *AB* względnie *AC* jako promień koła będzie mieć 100000, czyli jakich średnica posiada 200000.

A jeżeli kąt *BAC* będzie prosty i zawarty między dwoma znanymi bokami, w wyniku otrzymamy to samo. Oczywistą bowiem jest rzeczą, że suma kwadratów z *AB* i *AC* równa się kwadratowi z podstawy *BC*. Dana jest więc długość boku *BC* i wzajemny stosunek boków do siebie. Lecz odcinek koła, opisujący trójkąt prostokątny, jest półkolem, w którym podstawa *BC* będzie średnicą. Według tych więc części, których średnica zawierać będzie 200000, dane będą boki *AB* i *AC* jako cięciwy pozostałych kątów *B* i *C*; dlatego też wykaże je tablica cięciw w częściach, których 360 równa się dwu kątom prostym.



To samo się stanie, jeżeli dany będzie bok *BC* i jeden z boków, przyległy do kąta prostego, co — jak sądzę — zupełnie jasne już jest i niewątpliwe.

Teraz niech będzie dany kąt ostry *ABC* i zawierające go boki *AB* i *BC*. Z punktu *A* wykreślmy prostopadłą do podstawy *BC*, którą to podstawę w razie potrzeby przedłużmy, zależnie od tego, czy owa prostopadła *AD* padnie wewnątrz trójkąta czy poza nim. Wyznacza nam ona dwa trójkąty prostokątne *ABD* i *ADC*. A ponieważ w *ABD* kąty są dane, bo *D* jest kątem prostym, a *B* kątem z góry przyjętym, więc również boki *AD* i *BD*, jako cięciwy kątów *A* i *B*, są dane w częściach, jakich *AB* ma 200000 jako średnica koła, według tablicy cięciw. A w tych samych jednostkach, w jakich dana była długość *AB*, otrzymujemy też długość *AD* i *BD*, a także długość *CD*, która jest różnicą *BC* i *BD*. A zatem również w trójkącie prostokątnym *ADC*, wobec danych boków *AD* i *CD*, dany jest poszukiwany bok *AC* oraz kąt *ACD*, według poprzedniego wywodu.



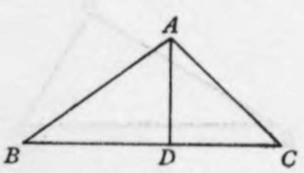
Nie inaczej też będzie, jeżeli kąt B będzie rozwarty. A to dlatego, że prostopadła AD, wykreślona z punktu A do przedłużenia prostej BC, tworzy trójkąt ABD o danych kątach. Bo kąt ABD dany jest jako kąt zewnętrzny względem kąta ABC, a kąt D jest prosty. Mamy więc boki BD i AD w częściach, których AB będzie mieć 200000. A ponieważ BA i BC pozostają do siebie w znanym nam stosunku, dana więc jest również długość AB w tych samych jednostkach co BD, a zatem i cała prosta CBD. Wobec tego i w trójkącie prostokątnym ADC, skoro dane są dwa boki AD i CD, dany jest także poszukiwany bok AC i kąt BAC wraz z pozostałym ACB, czegośmy właśnie szukali.

Niech teraz jeden z dwu danych boków leży naprzeciw danego kąta B, a mianowicie bok AC, drugim zaś danym bokiem niech będzie AB. Dany więc jest, według tablicy cięciw, bok AC w częściach, których średnica koła, opisującego trójkąt ABC, zawiera 200000, a na podstawie danego stosunku AC do AB dana jest również w podobnych częściach długość AB. Według tablicy cięciw dany jest dalej kąt ACB wraz z pozostałym kątem BAC, przez który dana jest także CB jako jego cięciwa; a skoro znamy jej stosunek do innych, to w dowolny sposób znajdziemy także jej wielkość.

III

Jeżeli dane są wszystkie boki trójkąta, dane są tym samym jego kąty.

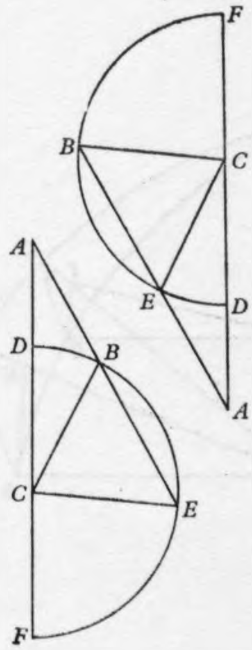
Co do trójkąta równobocznego jest rzeczą zbyt znaną, by należało tu nadmieniać, że każdy z jego kątów wynosi trzecią część dwu kątów prostych. Słuszność naszego twierdzenia jest również oczywista dla trójkątów równoramiennych. Bo wtedy boki równe mają się do trzeciego jak połowa średnicy do cięciwy łuku, przez którą, według tablicy cięciw, dany jest kąt zawarty między dwoma bokami równymi w częściach, których dokoła środka jest 360, co równa się czterem kątom prostym. Z kolei zaś pozostałe kąty, to jest przypodstawne, otrzymujemy również, mianowicie jako połowy reszty z dwu kątów prostych.



Pozostaje więc teraz udowodnić to samo dla trójkątów różnobocznych, które znowu będziemy dzielić na trójkąty prostokątne. Weźmy więc trójkąt różnoboczny ABC, o danych bokach, i wykreślmy do najdłuższego boku, którym niech będzie BC, prostopadłą AD. Otóż trzynaste twierdzenie drugiej księgi Euklidesa poucza nas, że kwadrat boku AB, jako leżącego naprzeciw kąta ostrego, równa się sumie kwadratów dwu pozostałych boków, pomniejszonej o podwójną wielkość prostokąta o bokach BC i CD. Albowiem kąt C niewątpliwie jest ostry, gdyż w przeciwnym razie wynikałoby (wbrew założeniu), że również AB jest najdłuższym bokiem, co można stwierdzić na podstawie siedemnastego twierdzenia pierwszej księgi Euklidesa i dwu następnych. Dane więc są BD i DC i otrzymamy trójkąty prostokątne ABD i ADC o danych bokach i kątach, według często już powtarzanego dowodu, a z tych kątów składają się także poszukiwane kąty trójkąta ABC.

W inny, i to może dogodniejszy sposób otrzymamy to samo z przedostatniego twierdzenia trzeciej księgi Euklidesa, jeżeli za pomocą krótszego boku, którym niech będzie BC, z punktu C jako środka opiszemy koło o promieniu BC, które przetnie oba pozostałe boki albo jeden z nich.

Na razie niech przetnie oba, a to bok AB w punkcie E i bok AC w punkcie D; ponadto przedłużmy linię ADC do punktu F, aby uzupełnić średnicę DCF. Z tego wykresu widać na podstawie owego twierdzenia Euklidesa, że $FA \cdot AD =$



$= BA \cdot AE$, ponieważ jedna i druga wielkość jest równa kwadratowi stycznej z punktu A do koła. Lecz cała linia AF jest dana, skoro dane są wszystkie jej odcinki, gdyż CF i CD równe są bokowi BC jako promienie tego samego koła; dana jest także AD jako różnica CA mniej CD. Dlatego dany jest też prostokąt $BA \cdot AE$, a stąd długość AE oraz różnica BE, która jest cięciwą łuku BE. Wykreśliwszy teraz linię EC, otrzymamy równoramienny trójkąt BCE o danych bokach. Dany więc jest również kąt EBC, a stąd także w trójkącie ABC za pomocą poprzednich dowodów znajdziemy pozostałe kąty C i A.

A teraz niech koło nie przecina boku AB, jak na drugim rysunku, gdzie AB spotyka się z wypukłą stroną obwodu koła. Niemniej i tutaj BE będzie dane, a w trójkącie BCE jako równoramiennym dany będzie kąt CBE oraz jego kąt zewnętrzny, to znaczy ABC. I dalej, według zupełnie tego samego rozumowania, co przedtem, dane będą kąty pozostałe.

Tyle niech wystarczy powiedzieć o trójkątach prostolinijnych, na których raczej opiera się część geodezji. Teraz zwróćmy się do trójkątów sferycznych.

O TRÓJKĄTACH SFERYCZNYCH *rozdział XIV*

Przez trójkąt sferyczny rozumiemy tutaj trójkąt ograniczony trzema łukami kół wielkich na powierzchni kuli. Różnicę zaś i wielkość jego kątów mierzymy łukiem koła wielkiego, które zostaje zakreślone z punktu przecięcia się owych kół jako bieguna, a mianowicie łukiem, zawartym między ćwiartkami kół, obejmującymi rozważany kąt. Bo jak się ma zawarty w ten sposób łuk do całego okręgu koła, tak się ma kąt przecięcia do czterech kątów prostych, które — jak powiedzieliśmy — obejmują razem 360 równych części.

I

Jeżeli mamy trzy łuki wielkich kół kuli, z których dowolne dwa, razem wzięte, są dłuższe od trzeciego, to jasną jest rzeczą, że można z nich złożyć trójkąt sferyczny.

Bo to, co tutaj twierdzimy o łukach, udowadnia dwudzieste trzecie twierdzenie jedenastej księgi Euklidesa w odniesieniu do kątów, ponieważ stosunek kątów i łuków jest ten sam, a wielkie koła przechodzą przez środek kuli, skąd wynika jasno, że owe trzy wycinki kół, do których należą nasze łuki, tworzą u środka kuli kąt bryłowy. To, co twierdzimy, jest więc oczywiste.

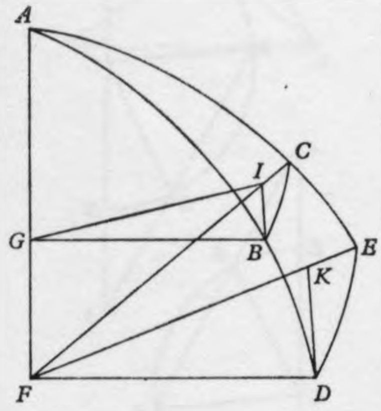
II

Każdy łuk naszego trójkąta musi być mniejszy od półkola.

Półkole bowiem nie tworzy żadnego kąta u środka, lecz rozkłada się w linię prostą. Ale dwa pozostałe kąty, do których należą łuki, nie mogą w środku zamknąć kąta bryłowego, więc nie mogą także utworzyć trójkąta sferycznego. I sądzę, że z tej właśnie przyczyny Ptolemeusz w wykładzie o tego rodzaju trójkątach, szczególnie przy czworoboku sferycznym, ostrzega, by przyjmowane łuki nie były większe od półkola.

III

W trójkątach sferycznych prostokątnych cięciwa dwukrotności boku, leżącego naprzeciw kąta prostego, ma się tak do cięciwy dwukrotności jednego z dwu boków, obejmujących ów kąt prosty, jak średnica kuli do cięciwy dwukrotności łuku naprzeciw kąta, który na wielkim kole kuli zawarty jest pomiędzy pozostałym a pierwszym bokiem.



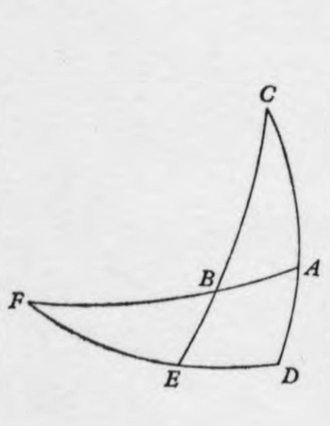
Niech *ABC* będzie trójkątem sferycznym, którego kąt *C* jest prosty. Twierdzę, że cięciwa dwukrotności boku *AB* tak się ma do cięciwy dwukrotności boku *BC* jak średnica kuli do cięciwy, która na kole wielkim zamyka dwukrotność kąta *BAC*.

Obrawszy punkt *A* za biegun, wykreślmy łuk *DE* koła wielkiego, i uzupełnijmy ćwiartki koła *ABD* i *ACE*. Ze środka kuli *F* poprowadźmy linie proste, wzdłuż których przecinają się płaszczyzny rozważanych kół, a mianowicie *FA* dla kół *ABD* i *ACE*, *FE* dla kół *ACE* i *DE*, *FD* dla kół *ABD* i *DE*, *FC* dla kół *AC* i *BC*. Następnie wykreślmy *BG* prostopadle do *FA*, *BI* prostopadle do *FC* i *DK* prostopadle do *FE*, oraz linię prostą *GI*.

Ponieważ więc koło, przechodzące przez bieguny drugiego, przecina je pod kątami prostymi, kąt *AED* będzie prosty; kąt *ACB* jest prosty z założenia: obie zatem płaszczyzny *EDF* i *BCF* są prostopadłe do płaszczyzny *AEF*. Wskutek tego, jeżeli z punktu *K* wykreślimy na płaszczyźnie rysunku prostą prostopadłą do wspólnego przecięcia *FKE*, utworzy ona kąt prosty także z linią *KD*, a to na podstawie definicji płaszczyzn wzajemnie do siebie prostopadłych. Dlatego także linia *KD* jest prostopadła do płaszczyzny *AEF*. Z tego samego powodu również linia *BI* jest prostopadła do tej samej płaszczyzny, wobec czego *DK* i *BI* są do siebie równoległe. Ale także linie *GB* i *FD* są równoległe, ponieważ kąty *FGB* i *GFD* są kątami prostymi. Będzie więc, według dziesiątego twierdzenia jedenastej księgi Euklidesa, kąt *FDK* równy kątowi *GBI*. Ale kąt *FKD* jest prosty: prosty jest także kąt *GIB*, według definicji pionu do płaszczyzny. Na podstawie podobieństwa trójkątów są zatem ich boki proporcjonalne, czyli $DF : BG = DK : BI$. Lecz *BI* jest połową cięciwy dwukrotności łuku *CB*, ponieważ stoi prostopadle do promienia *CF*, i na tej samej zasadzie *BG* jest połową cięciwy dwukrotności boku *BA*, oraz *DK* połową cięciwy dwukrotności łuku *DE*, czyli dwukrotności kąta *A*, a *DF* jest połową średnicy kuli. Jasną jest więc rzeczą, że cięciwa dwukrotności boku *AB* do cięciwy dwukrotności boku *BC* ma się tak jak średnica do cięciwy, odpowiadającej dwukrotności kąta *A*, czyli łuku *DE* w nim zawartego. Udowodnienie tego będzie nam przydatne.

IV

Jeśli w trójkącie sferycznym prostokątnym dany będzie nadto drugi kąt wraz z dowolnym bokiem, to i pozostały kąt dany będzie wraz z resztą boków.



Mianowicie niech trójkąt *ABC* ma kąt prosty *A*, obok niego zaś niech będzie dany jeszcze jeden z dwu kątów, na przykład *B*. Natomiast co do danego boku wprowadźmy tu trojaki podział: albo to będzie ten bok, który leży przy danych kątach, czyli *AB*, albo leżący tylko przy kącie prostym, czyli *AC*, albo naprzeciw kąta prostego, czyli *BC*.

Najpierw zatem niech będzie dany bok *AB*. Obrawszy punkt *C* za biegun, wykreślmy łuk wielkiego koła *DE*, a uzupełniwszy ćwiartki koła *CAD* i *CBE*, przedłużmy łuki *AB* i *DE* do punktu ich wzajemnego przecięcia *F*. W punkcie *F* będzie więc nawzajem biegun łuku *CAD* na tej podstawie, że kąty przy *A* i *D* są proste. A ponieważ wielkie koła kuli przecinają się wzajemnie pod kątem prostym, przecinają się wzajemnie na połowy i poprzez bieguny, więc także *ABF* i *DEF* są ćwiartkami koła. A skoro dany jest bok *AB*, dana jest i reszta ćwiartki koła *BF* oraz kąt *EBF*, jako kąt wierzchołkowy do danego kąta *ABC*, a więc jemu równy. Ale na podstawie poprzedniego dowodu cięciwa dwukrotności *BF* do cięciwy dwukrotności *EF* ma się tak, jak średnica kuli do cięciwy, odpowiadającej dwukrotności kąta *EBF*. Lecz trzy z tych wielkości są dane, mianowicie średnica kuli, cięciwa dwukrotności *BF* i cięciwa dwukrotności kąta *EBF*, albo ich połowy. Dana jest więc na podstawie piętnastego twierdzenia szóstej księgi Euklidesa także połowa cięciwy dwukrotności łuku *EF*, a na podstawie tablicy cięciw również sam łuk *EF* i reszta ćwiartki koła *DE*, czyli poszukiwany kąt *C*. Ale z drugiej strony dla cięciw podwójnych łuków zachodzi proporcja *DE* : *AB* = *EBC* : *CB*. Lecz tu trzy wielkości już są dane, a to *DE*, *AB* i *CBE* (jako ćwiartka koła). Dana więc jest i czwarta wielkość, to jest cięciwa dwukrotności *CB*, a stąd i sam poszukiwany bok *CB*. A ponieważ cięciwy dwukrotności łuków spełniają proporcję *CB* : *CA* = *BF* : *EF* (jako że oba stosunki są takie same jak stosunek średnicy do cięciwy dwukrotnego kąta *CBA*, a dwa stosunki równe trzeciemu są równe sobie), więc skoro trzy wielkości: *BF*, *EF* i *CB* są już znane, znana jest i czwarta, to jest *CA*, oraz samo *CA*, czyli trzeci bok trójkąta *ABC*.

A teraz niech bokiem, przyjętym wśród danych, będzie *AC*, zadaniem zaś niech będzie znalezienie boków *AB* i *BC* oraz pozostałego kąta *C*. Gdy odwrócimy tok rozumowania, cięciwa dwukrotności *CA* znowu będzie się mieć do cięciwy dwukrotności *CB* tak jak cięciwa dwukrotności kąta *ABC* do średnicy, skąd dany jest bok *CB* oraz *AD* i *BE* jako reszty z ćwiartek koła. I znowu będziemy mieli proporcję: jak cięciwa podwojonego łuku *AD* do cięciwy podwojonego łuku *BE*, tak cięciwa podwojonego łuku *ABF*, to jest średnica, do cięciwy podwojonego łuku *BF*. Dany więc jest łuk *BF* i jego dopełnienie, czyli bok *AB*. Podobnym zaś rozumowaniem, jak poprzednio, z cięciw podwojonych łuków *BC*, *AB* i podwojonego kąta *FBE* otrzymujemy cięciwę dwukrotności łuku *DE*, a więc i pozostały kąt *C*.

I dalej, jeżeli dany z góry będzie bok *BC*, to znowu jak przedtem otrzymamy bok *AC* i dopełnienia *AD* i *BE*, z których za pomocą cięciw i średnicy, jak to już często mówiłem, otrzymujemy łuk *BF* i pozostały bok *AB*, a następnie, według poprzedniego twierdzenia, za pomocą danych *BC*, *AB* i *CBE* otrzymuje się łuk *ED*, to znaczy pozostały kąt *C*, któregośmy szukali.

Znowu zatem: jeżeli w trójkącie *ABC* dane są dwa kąty *A* i *B*, z których *A* jest kątem prostym, i którykolwiek z trzech boków, to dany jest także trzeci kąt wraz z pozostałymi dwoma bokami, co właśnie miało być udowodnione.

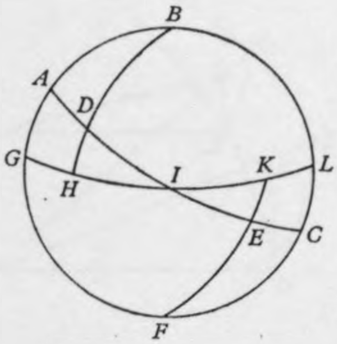
V

Gdy w trójkącie sferycznym dane są kąty, z których jeden jest kątem prostym, dane są i boki.

Pozostańmy nadal przy poprzedniej figurze, gdzie dzięki danemu kątowi *C* dany jest także łuk *DE* i *EF*, to jest reszta ćwiartki koła. Otóż ponieważ *BEF* jest kątem prostym, jako że *BE* idzie w dół od bieguna koła *DEF*, a kąt *EBF* jest kątem wierzchołkowym do kąta danego, zatem trójkąt *BEF*, posiadający kąt prosty *E*, a nadto dany kąt *B* i dany bok *EF*, jest trójkątem o danych kątach i danych bokach, według poprzedniego twierdzenia. Dany jest więc łuk *BF* i jego dopełnienie do ćwiartki koła, to jest *AB*. A według poprzedniego postępowania udowadnia się, że tak samo w trójkącie *ABC* dane są pozostałe boki *AC* i *BC*.

VI

Jeżeli na tej samej kuli dwa trójkąty mają po kącie prostym, a nadto po jednym z pozostałych kątów i po jednym boku równym, niezależnie od tego, czy ten bok leży przy kątach równych, czy też naprzeciw któregokolwiek z dwu kątów równych, to będą posiadały także i pozostałe boki odpowiednio równe, a pozostały kąt jednego równy pozostałemu kątowi drugiego.



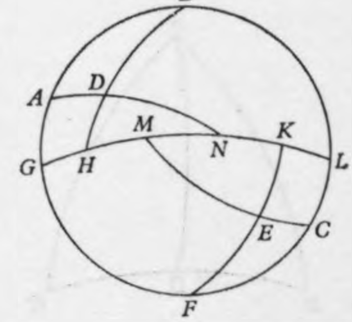
Weźmy półkulę *ABC*, a na niej przyjmijmy dwa trójkąty *ABD* i *CEF*, w których kąty *A* i *C* niech będą kątami prostymi, a oprócz tego kąt *ADB* niech będzie równy kątowi *CEF*, i jeden bok tu i tam równy. Najpierw więc niech tym bokiem będzie ten, który leży przy kątach równych, a więc bok *AD* równy bokowi *CE*. Twierdzę, że również bok *AB* jest równy bokowi *CF*, a bok *BD* bokowi *EF*, pozostały zaś kąt *ABD* pozostałemu kątowi *CFE*. Przyjąwszy bowiem punkty *B* i *F* za bieguny, wykreślmy ćwiartki wielkich kół *GHI* oraz *IKL* i uzupełnijmy ćwiartki *ADI* oraz *CEI*, które muszą się spotkać wzajemnie w biegunie półkuli, znajdującym się w punkcie *I*, a to dlatego, że kąty przy *A* i *C* są proste, a *GHI* i *CEI* wykreślone zostały poprzez bieguny koła *ABC*. A zatem, skoro zakładamy, że boki *AD* i *CE* są równe, równe będą także dopełniające je łuki *DI* i *IE*, a tak samo kąty *IDH* i *IEK*, bo są to kąty wierzchołkowe kątów przyjętych za równe; kąty zaś przy *H* i *K* są proste. A ponieważ dwa stosunki, równe trzeciemu, między sobą są równe, więc stosunek cięciwy dwukrotności *ID* do cięciwy dwukrotności *HI* będzie równy stosunkowi cięciwy dwukrotności *EI* do cięciwy dwukrotności *IK*, jako że jeden i drugi — według poprzedniego trzeciego twierdzenia — równa się stosunkowi średnicy kuli do cięciwy dwukrotności kąta *IDH*, albo równej jej dwukrotności kąta *IEK*. A na zasadzie czternastego twierdzenia piątej księgi *Elementów* Euklidesa, skoro cięciwa dwukrotności łuku *DI* jest równa cięciwie dwukrotności *IE*, równe także będą cięciwy dwukrotności *IK* i *HI*. Skoro zaś w równych kołach równe linie proste odcinają równe łuki, a części jednakowych wielokrotności pozostają do siebie w tym samym co one stosunku, równe więc będą i pojedynczo wzięte łuki *IH* i *IK* oraz pozostałe z ćwiartek łuki *GH* i *KL*, będące miarami kątów *B* i *F*, które więc są równe. Dlatego też stosunek cięciwy dwukrotności *AD* do cięciwy dwukrotności *BD* oraz stosunek cięciwy dwukrotności *CE* do cięciwy dwukrotności *BD* jest taki sam jak stosunek cięciwy dwukrotności *EC* do cięciwy dwukrotności *EF*. Jeden i drugi bowiem jest taki jak cięciwy dwukrotności łuku *HG*, albo równego mu *KL*, do cięciwy dwukrotności *BDH*, to jest do średnicy, według odwróconego twierdzenia trzeciego, a bok *AD* jest równy bokowi *CE*. A więc według czternastego twierdzenia piątej księgi *Elementów* Euklidesa, bok *BD* równy jest bokowi *EF* dzięki równości cięciw ich dwukrotności.

W ten sam sposób, przy równości boków *BD* i *EF*, udowodnimy równość pozostałych boków i kątów. I nawzajem, jeżeli jako równe boki przyjmiemy *AB* i *CF*, z powodu identyczności stosunków wyniki będą te same.

VII

A teraz udowodnimy to samo nawet dla trójkątów nie prostokątnych, byleby tylko bok, leżący przy obu kątach równych, był tu i tam równy.

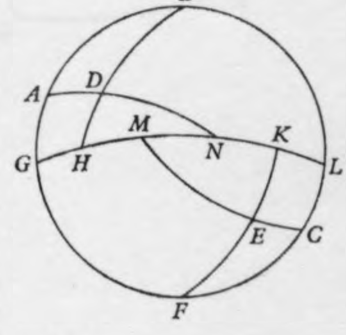
Tak na przykład, jeżeli w dwu trójkątach *ABD* i *CEF* dwa dowolne kąty *B* i *D* będą odpowiednio równe dwu kątom *E* i *F*, a także bok *BD*, leżący przy kątach równych, będzie równy bokowi *EF*, twierdzę, że znowu i te trójkąty będą posiadały równe boki i równe kąty.



Przyjąwszy bowiem znowu bieguny w punktach *B* i *F*, wykreślmy łuki wielkich kół *GH* i *KL*, a przedłużenia łuków *AD* i *GH* niech się przetną w punkcie *N*, podobnie jak przedłużenia łuków *EC* i *LK* w punkcie *M*. Otóż ponieważ oba trójkąty *HDN* i *EKM* mają równe kąty *HDN* i *KEM*, bo są to kąty wierzchołkowe względem kątów równych według założenia, a kąty przy *H* i *K* są proste z powodu przecięcia się kół poprzez bieguny, a także równe są boki *DH* i *EK*, więc rozważane teraz trójkąty posiadają równe kąty i równe boki, a to na podstawie dowodu poprzedniego. I znowu, ponieważ łuki *GH* i *KL* są równe z powodu założonej równości kątów *B* i *F*, to i cały łuk *GHN* jest równy całemu *MKL* na zasadzie pewnika o dodawaniu równych wielkości. Są zatem i tutaj dwa trójkąty, *AGN* i *MCL*, które mają po jednym boku równym, mianowicie *GN* i *ML*, a także kąt *ANG* równy kątowi *CML*, oraz kąty *G* i *L* proste. Dzięki temu więc będą i one trójkątami o równych bokach i kątach. Jeżeli zatem od równych wielkości odejmiemy równe, to pozostaną reszty równe, a więc bok *AD* równy bokowi *CE*, bok *AB* bokowi *CF*, a kąt *BAD* równy pozostałemu kątowi *ECF*. I to właśnie było do udowodnienia.

VIII

Ale także, jeżeli dwa trójkąty mają po dwa boki odpowiednio równe i po jednym kącie równym, niezależnie od tego, czy będzie to kąt zawarty między bokami równymi, czy przypodstawny, wówczas będą posiadały i podstawę równą podstawie i pozostałe kąty równe pozostałym.

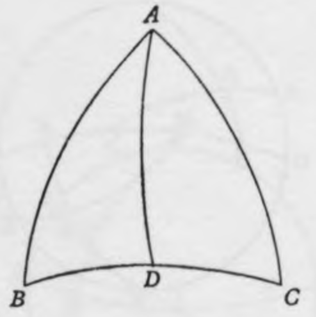


Niech będzie, jak na poprzedniej figurze, bok *AB* równy bokowi *CF* i bok *AD* bokowi *CE*, a najpierw kąt *A*, zawarty między równymi bokami, równy kątowi *C*. Twierdzę, że i podstawa *BD* będzie równa podstawie *EF*, i kąt *B* kątowi *F*, a pozostały kąt *BDA* równy kątowi *CEF*. Będziemy bowiem mieli dwa trójkąty, *AGN* i *CLM*, w których kąty *G* i *L* są proste, a do tego kąt *GAN* równy kątowi *MCL*, oba będące resztą kątów równych *BAD* i *ECF*; te trójkąty posiadają więc wzajemnie równe kąty i równe boki. Dlatego odjąwszy równe łuki *AD* i *CE* od równych, otrzymamy jako resztę tak samo równe *DN* i *ME*. Lecz już zostało dowiedzione, że kąt *DNH* równa się kątowi *EMK*, a kąty *H* i *K* są kątami prostymi; więc także oba trójkąty *DHN* i *EMK* będą posiadać odpowiednio równe kąty i równe boki. Po odjęciu tych boków od ćwiartek koła pozostanie *BD* równe *EF* i *GH* równe *KL*, z tej zaś ostatniej równości wynika równość kątów *B* i *F*, a pozostałe kąty *ADB* i *FEC* są też równe.

Jeżeli zaś, nie zmieniając reszty założeń, zamiast boków równych *AD* i *EC* przyjmiemy jako równe sobie podstawy *BD* i *EF*, leżące naprzeciw równych kątów, to wszystko w ten sam sposób da się udowodnić, ponieważ przez równe kąty zewnętrzne *GAN* i *MCL*, kąty proste *G* i *L* oraz równe łuki *AG* i *CL* otrzymamy te same dwa trójkąty, *AGN* i *MCL*, co przedtem, o odpowiednio równych kątach i równych bokach. Podobnie będzie się rzecz miała także i dla owych trójkątów częściowych *DHN* i *MEK*, dzięki temu, że kąty *H* i *K* są proste, kąty *DNH* i *KME* równe, a boki *DH* i *EK* równe jako reszty ćwiartek, z czego wynika to samo, cośmy już stwierdzili.

IX

W trójkątach sferycznych równoramiennych także kąty przypodstawne są sobie równe.



Niech będzie trójkąt *ABC*, którego dwa boki *AB* i *AC* są równe. Twierdzę, że i kąty przypodstawne *ABC* i *ACB* są równe. Przez wierzchołek *A* wykreślmy wielkie koło *AD*, przecinające podstawę pod kątami prostymi, to jest przechodzące przez jej bieguny. Skoro więc w dwu trójkątach *ABD* i *ADC* bok *BA* jest równy bokowi *AC*, a bok *AD* wspólny dla obu trójkątów, kąty zaś przy *D* są proste, to według poprzedniego dowodu jest oczywiste, że kąty *ABC* i *ACB* są równe. I to właśnie należało udowodnić.

DALSZY WNIOSEK

Stąd wynika, że łuk przechodzący przez wierzchołek trójkąta równoramiennego i prostopadle do podstawy połowi równocześnie podstawę i kąt, zawarty między dwoma równymi ramionami, i na odwrót, co jest pewne na zasadzie niniejszego i poprzedniego dowodu.

X

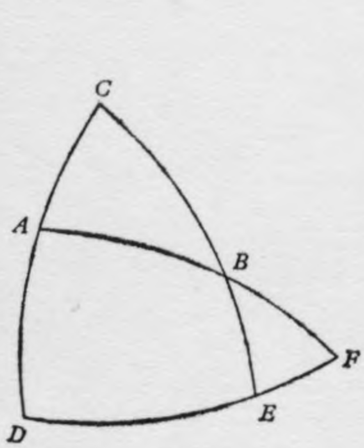
Dwa dowolne trójkąty, które posiadają odpowiadające sobie boki równe, będą miały równe także poszczególne kąty, sobie odpowiadające.

Skoro bowiem tu i tam trzy wycinki wielkich kół tworzą ostrosłupy, mające wierzchołki w środku kuli, a za podstawy trójkąty płaskie, ograniczone cięciwami łuków trójkątów sferycznych, a te ostrosłupy są podobne i równe na zasadzie definicji równych i podobnych brył, istota zaś podobieństwa polega na tym, że zawierają one kąty, które — w dowolny sposób brane — są sobie nawzajem odpowiednio równe, będą więc i te trójkąty posiadać kąty wzajemnie równe; zwłaszcza że i ci, którzy ogólniej definiują podobieństwo figur, nazywają podobnymi te wszystkie bryły, które posiadają podobne nachylenia ścian, a na nich kąty wzajemnie sobie równe. Z tego, jak sądzę, jasną jest rzeczą, że trójkąty sferyczne, mające odpowiednio równe boki, są do siebie podobne, tak samo jak płaskie.

XI

Każdy trójkąt, w którym dane są dwa boki wraz z którymkolwiek kątem, jest przez to samo trójkątem o danych kątach i bokach.

Jeżeli bowiem dane boki będą równe, to kąty przypodstawne będą równe, a gdy poprowadzimy z wierzchołka do podstawy łuk pod kątami prostymi, łatwo otrzymamy szukane wielkości według dodatkowego wniosku z dowodu dziewiątego.

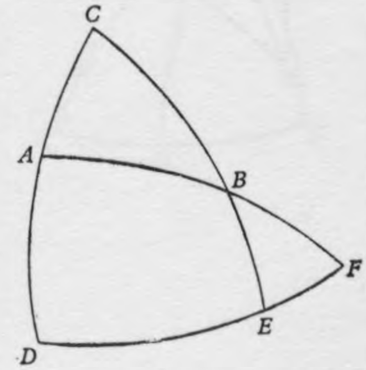


Jeżeli natomiast dane boki będą nierówne, jak w trójkącie *ABC*, gdzie niech będzie dany kąt *A* i dwa boki, które albo obejmują dany kąt, albo go nie obejmują, rozważmy najpierw przypadek, gdy dane są boki *AB* i *AC*, kąt ten obejmujące. Obrawszy punkt *C* za biegun, wykreślmy łuk wielkiego koła *DEF* i dopełnijmy ćwiartki *CAD* i *CBE*, a nadto przedłużmy *AB* do przecięcia z *DE* w punkcie *F*. W ten sposób także w trójkącie *ADF* dany jest bok *AD* jako dopełnienie *AC* do ćwiartki koła, a nadto kąt *BAD* jako dopełnienie kąta *CAB* do dwu kątów prostych (bo taki sam jest stosunek i wymiar kątów, które występują przy przecięciu się linii prostych, jak i płaszczyzn), zaś kąt *D* jest prosty. A zatem na podstawie czwartego twierdzenia tego rozdziału będzie trójkąt *ADF* trójkątem o znanych kątach i bokach. I znowu w trójkącie *BEF* kąt *F* został właśnie znaleziony, kąt *E* jest prosty jako kąt przecięcia, idącego poprzez biegun, a znaleziony został także bok *BF*, będący różnicą między całym *ABF* a *AB*. Według tego samego twierdzenia również trójkąt *BEF* będzie więc trójkątem o danych bokach i kątach. Stąd otrzymujemy *BC* jako dopełnienie *BE* do ćwiartki, a to jest poszukiwany bok, a z *EF* dopełnienie całego *DEF*, czyli *DE*, a to jest kąt *C*, a przez pośrednictwo kąta *EBF* wierzchołkowy do niego kąt *ABC*, któregośmy też poszukiwali.

Jeżeli zaś zamiast *AB* przyjmiemy jako dany bok *CB*, który leży naprzeciw danego kąta, wynik będzie identyczny. Wtedy bowiem dane są łuki *AD* i *BE* jako reszty ćwiartek kół i za pomocą tego samego rozumowania, co przedtem, otrzymujemy dwa trójkąty *ADF* i *BEF* o danych kątach i bokach; przez nie zaś pierwotny trójkąt *ABC* staje się trójkątem o znanych bokach i kątach, co było naszym celem.

XII

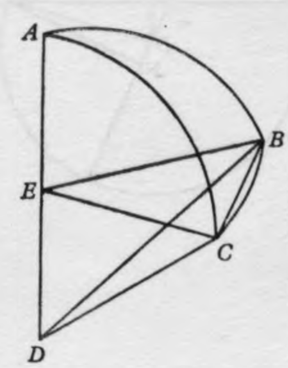
Ale także, gdy będą dane dowolne dwa kąty wraz z dowolnym bokiem, otrzymamy to samo.



Przygotujmy bowiem bez zmiany rysunek poprzedni i niech w trójkącie *ABC* dane będą dwa kąty *ACB* i *BAC* wraz z bokiem *AC*, przylegającym do obu tych kątów. Otóż gdyby jeden z dwu danych kątów był prosty, można by otrzymać wszystkie pozostałe wielkości, rozumując jak przedtem, w czwartym dowodzie. Ale chcemy go zmienić przez założenie, że żaden z tych kątów nie jest prosty. Będzie więc *AD* dopełnieniem *CA* do ćwiartki koła i boku *CAD*, kąt *BAD* dopełnieniem kąta *BAC* do dwu kątów prostych, a kąt *D* jest prosty. A zatem, według czwartego twierdzenia tego rozdziału, w trójkącie *AFD* dane są kąty wraz z bokami. Lecz przez dany kąt *C* dany jest także łuk *DE* i jego dopełnienie *EF*; kąt *BEF* jest prosty, a kąt *F* wspólny obu trójkątom. Na podstawie czwartego twierdzenia tego rozdziału dane więc są także boki *BE* i *FB*, a z nich wiadome będą boki *AB* i *BC*, które jeszcze pozostawały do odnalezienia.

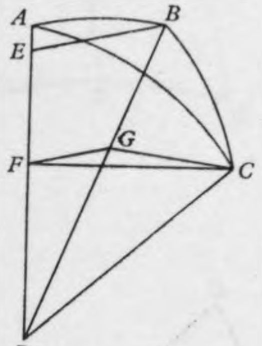
Jeżeli wreszcie jeden z dwu danych kątów będzie leżał naprzeciw danego boku, czyli jeżeli na przykład dany będzie kąt *ABC* zamiast kąta *ACB*, a reszta danych pozostanie bez zmiany, to drogą tego samego, co przedtem, dowodzenia cały trójkąt *ADF* okaże się trójkątem o danych kątach i bokach, a podobnie będzie się miała sprawa z tworzącym jego część trójkątem *BEF*: bo już poprzednio zostało udowodnione, że skoro kąt *F* jest wspólny obydwu tym trójkątom, kąt *EBF* kątem wierzchołkowym do kąta danego, a kąt *E* kątem prostym, to dane są także wszystkie jego boki, z czego na koniec wynika to właśnie, cośmy wysłowili w twierdzeniu. Wszystko to bowiem ciągle i nieprzerwanie wzajemnie z sobą się wiąże, jak przystało kształtowi kuli.

XIII



W końcu, gdy dane są wszystkie boki trójkąta, dane są i kąty.

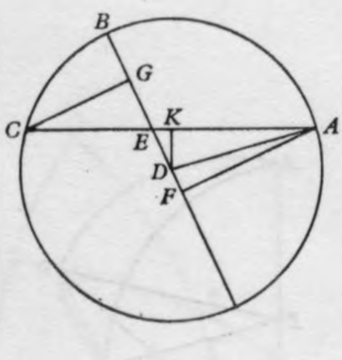
Niech w trójkącie *ABC* dane będą wszystkie boki: twierdzę, że znaleźć można również wszystkie jego kąty. Ten bowiem trójkąt albo będzie miał boki równe, albo nie. Najpierw więc niech boki *AB* i *AC* będą równe. Oczywistą jest rzeczą, że i połowy cięciw ich dwukrotności będą równe. Niech nimi będą *BE* i *CE*, przecinające się wzajemnie w punkcie *E*, który dzięki równej ich odległości od środka kuli, leży na linii *DE*, będącej wspólnym przecięciem się obu kół, co wynika z czwartej definicji trzeciej księgi Euklidesa i z jej odwrócenia. Lecz według trzeciego twierdzenia tejże księgi kąt *DEB* jest prosty na płaszczyźnie *ABD*, podobnie jak kąt *DEC* na płaszczyźnie *ACD*. A zatem *BEC* jest kątem nachylenia tych płaszczyzn do siebie, według czwartej definicji jedenastej księgi Euklidesa, który wyszukamy w następujący sposób: jeżeli mianowicie wykreślimy cięciwę *BC*, otrzymamy trójkąt prostolinijny *BEC* o danych bokach (gdyż dane są ich łuki), a przeto będzie on również trójkątem o danych kątach, i tak otrzymamy szukany kąt *BEC*, czyli kąt sferyczny *BAC*, oraz pozostałe kąty według poprzednich wywodów.



Jeżeli zaś nasz trójkąt będzie różnoboczny, jak na drugim rysunku, to oczywista rzecz, że połowy cięciw dwukrotności boków nie spotkają się: bo jeżeli łuk *AC* będzie większy niż *AB*, to połowa cięciwy dwukrotności *AC*, która niech będzie *CF*, padnie niżej, a jeżeli będzie mniejszy, to padnie wyżej, stosownie do tego, jak te linie wypadają bliżej lub dalej od środka kuli, według piętnastego twierdzenia trzeciej księgi Euklidesa. Ale wówczas poprowadźmy do *BE* równoległą *FG*, która przetnie linię *BD*, będącą wspólnym przecięciem się kół, w punkcie *G*, i wykreślmy łączącą linię *CG*. Otóż jest rzeczą jasną, że kąt *EFG* jest prosty jako równy kątowi *AEB*, a kąt *EFC* także prosty, ponieważ *CF* jest połową cięciwy dwukrotności *AC*. A zatem kąt *CFG* będzie kątem przecięcia kół *AB* i *AC*, który skutkiem tego też otrzymujemy. Bo *DF* : *DE* równe jest *FG* : *EB*, jako że trójkąty *DFG* i *DEB* są podobne; dana więc jest wielkość *FG* w tych samych częściach, w których dana jest również *FC*. Ale w tym samym stosunku pozostaje także *DG* do *DB*, a więc również wielkość *DG* otrzymamy w częściach, których *DC* zawiera 100000. Poza tym kąt *GDC* jest też dany, mianowicie przez łuk *BC*. A więc według drugiego twierdzenia o trójkątach płaskich dany jest i bok *GC* w tych samych częściach, co i pozostałe boki trójkąta *GFC*, będącego trójkątem płaskim. Wobec tego, według ostatniego twierdzenia o trójkątach płaskich, otrzymamy kąt *GFC*, czyli szukany kąt sferyczny *BAC*, a następnie pozostałe kąty wyszukamy za pomocą jedenastego dowodu o kątach sferycznych.

XIV

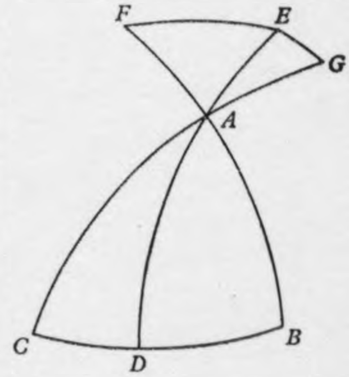
Jeżeli dany łuk koła przetniemy dowolnie tak, żeby każda z dwu jego części była mniejsza od półkola, a dany jest stosunek połowy cięciwy dwukrotności jednego z tych częściowych łuków do połowy cięciwy dwukrotności drugiego, to dane będą także wymiary łuków, powstałych z przecięcia.



Niech bowiem dany będzie łuk *ABC* dokoła środka *D*. Łuk ten przetnijmy dowolnie w punkcie *B*, ale tak, żeby jego części były mniejsze od półkola. Stosunek zaś połowy cięciwy dwukrotności *AB* do połowy cięciwy dwukrotności *BC* niech będzie w jakiś sposób co do długości dany. Twierdzę, że dane będą także łuki *AB* i *BC*. Wykreślmy mianowicie cięciwę *AC*, którą niech przetnie średnica w punkcie *E*, z końcowych zaś punktów *A* i *C* wykreślmy prostopadłe do tejże średnicy linie *AF* i *CG*, które muszą być połowami cięciw dwukrotności łuków *AB* i *BC*. W trójkątach zatem prostokątnych *AEF* i *CEG* kąty przy wierzchołku *E* są równe, a tym samym te trójkąty, jako równokątne i podobne, mają boki naprzeciw równych kątów proporcjonalne, a więc *AF* : *CG* = *AE* : *EC*. A zatem w jakich jednostkach dane będą boki *AF* lub *GC*, w tych samych będziemy mieli *AE* i *EC*, a stąd i całe *AEC* w tych samych jednostkach. Lecz cięciwa łuku *ABC* dana jest w częściach, w których dany jest także promień *DEB*; w tychże samych dana będzie również linia *AK* (jako połowa linii *AC*) i reszta *EK*. Wykreślamy teraz łączące linie *DA* oraz *DK*, które także będą dane w tych samych jednostkach, co *DB*, gdyż *DK* jest połową cięciwy łuku, dopełniającej *ABC* do półkola, który to łuk objęty jest kątem *DAK*: a dany jest także kąt *ADK* jako obejmujący połowę łuku *ABC*. Ale i w trójkącie *EDK*, gdzie dane są dwa boki, a kąt *EKD* jest prosty, dany będzie i kąt *EDK*, a stąd cały kąt *EDA*, obejmujący łuk *AB*, z którego wiadomy będzie również pozostały łuk *CB*. A one właśnie stanowiły cel naszego dowodu.

XV

Gdy dane są wszystkie kąty trójkąta, to nawet w przypadku, kiedy żaden z nich nie jest prosty, dane są również wszystkie boki.



Niech będzie trójkąt *ABC*, w którym wszystkie kąty są dane, a żaden z nich nie jest kątem prostym. Twierdzę, że dane są również wszystkie jego boki. Wykreślmy bowiem z któregoś wierzchołka, na przykład z *A* przez bieguny boku *BC* łuk *AD*, który przetnie *BC* pod kątami prostymi, a sam łuk *AD* wypadnie w obrębie trójkąta, o ile jeden z kątów przypodstawnych, *B* lub *C*, nie będzie rozwarty, a drugi ostry. Bo jeśliby tak było, to łuk do podstawy należałoby poprowadzić z wierzchołka tegoż kąta rozwartego. Uzupełniwszy następnie te łuki do ćwiartek *BAF*, *CAG* i *DAE* i przyjąwszy *B* i *C* za bieguny, wykreślmy łuki *EF* i *EG*. Kąty zatem przy *F* i *G* będą także proste. A więc, według własności trójkątów prostokątnych, stosunek połowy cięciwy dwukrotności *AE* do połowy cięciwy dwukrotności *EF* będzie równy stosunkowi połowy średnicy kuli do połowy cięciwy dwukrotności kąta *EAF*. Podobnie w trójkącie *AEG*, posiadającym kąt prosty przy *G*, połowa cięciwy dwukrotności *AE* ma się do połowy cięciwy dwukrotności *EG* tak samo jak połowa średnicy kuli do połowy cięciwy dwukrotności kąta *EAG*. Na mocy zatem równych stosunków połowa cięciwy dwukrotności *EF* do połowy cięciwy dwukrotności *EG* będzie się miała tak jak połowa cięciwy dwukrotności kąta *EAF* do połowy cięciwy dwukrotności kąta *EAG*. A ponieważ łuki *FE* i *EG* są dane, są to bowiem dopełnienia kątów *B* i *C* do kątów prostych, przeto otrzymamy stąd stosunek kątów *EAF* i *EAG*, czyli stosunek *BAD* do *CAD*, które są do tamtych kątami wierzchołkowymi, jako dane. Cały zaś kąt *BAC* jest dany, a zatem na podstawie poprzedniego twierdzenia dane będą także kąty *BAD* i *CAD*. Następnie na podstawie piątego twierdzenia otrzymamy boki *AB*, *BD*, *AC* i *CD* i cały bok *BC*.

Ten zarys nauki o trójkątach, ograniczony do twierdzeń, które będą potrzebne w naszym wykładzie, niech na razie wystarczy. Bo jeżeliby miało się przedstawić ją obszerniej, wymagałoby to osobnego tomu.

MIKOŁAJA KOPERNIKA OBROTÓW *księga druga*

Ponieważ w pierwszej księdze wyłożyłem trzy na raz ruchy Ziemi, za pomocą których obiecałem wyjaśnić wszystkie zjawiska gwiezdne, przeto z kolei w miarę swych możliwości uczynię to częściami, rozważając i badając każdą z tych rzeczy z osobna. Zacznę zaś od obrotu najbardziej ze wszystkich znanego, dokonującego się w przeciągu dnia i nocy, o którym powiedziałem, że Grecy nazywają go nocodziennym, a który ja przyjąłem za najbardziej i bezpośrednio dla kuli ziemskiej właściwy, gdyż z niego, jak liczba z jedności, powstają miesiące, lata i inne, wieloma nazwami oznaczone, okresy czasu: i tak czas jest miernikiem ruchu. O nierównościach zatem dni i nocy, o wschodzie i zachodzie Słońca, części zodiaku i gwiazdozbiorów oraz o innych tego rodzaju następstwach owego ruchu powiem tylko słów kilka, a to zwłaszcza dlatego, że wielu pisało o tym dosyć obszerne wywody, które niemniej jednak całkowicie się z moimi zgadzają. Bo też nie ma w tym żadnej różnicy, jeżeli ja rozważając z wprost przeciwnego stanowiska to, co oni tłumaczą nieruchomością Ziemi i obrotem sfery niebieskiej, dochodzę do tego samego celu, gdyż w wielkościach nawzajem sobie przeciwnych taki zachodzi związek, że się z sobą na odwrót zgadzają. Niczego natomiast nie pominę z tego, co się okaże potrzebne.

Nikt zaś niech się nie dziwi, jeżeli wschód i zachód Słońca i gwiazd i tym podobne zjawiska będę wciąż jeszcze tak zwyczajnie nazywał, niech natomiast wie, że posługując się potocznym językiem, który by dla wszystkich mógł być przystępny, zawsze jednak mam to na myśli, że

Kiedy wraz z Ziemią krążymy, i Słońce, i Księżyc nas mija,
Gwiazdy zaś ku nam na przemian wracają i znowu odchodzą.

KOŁA I ICH NAZWY *rozdział I*

Równikiem, jak już powiedziałem, jest największy z równoleżników kuli ziemskiej, opisanych dookoła biegunów dziennego jej obrotu, zodiakiem zaś koło, które przechodzi środkiem znaków zwierzyńcowych i po którym krąży środek samej Ziemi w jej rocznym obiegu. A ponieważ zodiak, odpowiednio do swego nachylenia do osi ziemskiej, zajmuje w stosunku do równika położenie ukośne, przeto na skutek dziennego obrotu Ziemi opisuje dwa koła, dotykające go z obu stron i stanowiące jak gdyby krańcowe granice jego nachylenia, zwane zwrotnikami. Na nich bowiem Słońce zdaje się dokonywać zmian kierunku, czyli zwrotów, mianowicie zimowego i letniego. Stąd też utarł się zwyczaj nazywać zwrotnik północny zwrotnikiem letniego, a południowy — zwrotnikiem zimowego przesilenia dnia z nocą, jak to wyżej przedstawiłem w ogólnym opisie obrotów Ziemi.

Z kolei idzie tak zwany horyzont, który pisarze łacińscy nazywają kołem granicznym, odgranicza bowiem widoczną dla nas część świata od niewidocznej. Przy nim zdają się wschodzić wszystkie te ciała niebieskie, które zachodzą, a ma on swój środek na powierzchni Ziemi, biegun zaś nad naszą głową. A ponieważ Ziemia nie daje się porównać z ogromem nieba, zwłaszcza gdy nawet tej całej przestrzeni, jaka się zawiera między Słońcem i Księżycem, według mego założenia, nie można zestawiać z wielkością nieba, przeto wydaje się, że horyzont przecina niebo na połowy jakby przez środek świata, jak to na początku wykazałem. W miarę zaś tego, jak horyzont nachylony jest do równika, dotyka on także dwóch odpowiadających sobie z obu stron równoleżników, a mianowicie północnego, stanowiącego granicę równoleżników zawsze widzianych, oraz południowego, odgradzającego równoleżniki zawsze niewidoczne: pierwszy z nich nazywa się u Proklosa i na ogół u Greków arktycznym, drugi zaś antarktycznym. Odpowiednio do nachylenia horyzontu, czyli do wysokości bieguna równika, stają się one większe lub mniejsze.

Pozostaje jeszcze południk, który przechodzi zarówno przez bieguny horyzontu, jak też przez bieguny równika, i dlatego jest prostopadły do obu tych kół, a Słońce, gdy go dosięgnie, wskazuje południe i północ. A ponieważ te dwa koła, to jest horyzont i południk, mają swój środek na powierzchni Ziemi, przeto stosują się całkowicie do jej ruchu i w pewien sposób do naszego wzroku: oko bowiem wszędzie przyswaja sobie rolę środka sfery wszystkich naokoło widzialnych rzeczy. Stąd wszystkim również kołom, jakie przyjmujemy na Ziemi, odpowiadają podobne im odbicia kół na niebie, jak to wyraźniej przedstawia się w kosmografii i w związku z wymiarami Ziemi. I to są właśnie te koła, które mają swe własne nazwy, podczas gdy inne można oznaczać na niezliczone sposoby.

NACHYLENIE ZODIAKU, ROZSTĘP ZWROTNIKÓW I SPOSÓB ICH WYZNACZANIA

rozdział II

Skoro więc zodiak przebiega ukośnie między zwrotnikiem i równikiem, uważam za rzecz już konieczną określić rozstęp samych zwrotników, a stąd i wielkość kąta, pod jakim równik przecina się z zodiakiem. Tego bowiem trzeba dochodzić przez obserwację i umiejętne posługiwanie się instrumentami, z których za najlepszy uchodzi prostokąt, sporządzony z drzewa lub, jeszcze lepiej, z innego twardszego materiału, z kamienia lub metalu, ażeby nieodporne na zmianę pogody drewno nie mogło przypadkiem wprowadzić w błąd obserwatora. Jedna zaś z powierzchni prostokąta powinna być jak najdokładniej wygładzona i mieć taką szerokość, która by wystarczała do naniesienia podziałki, a więc od trzech do czterech łokci. Odpowiednio bowiem do jej rozmiarów nakreślmy na niej ćwiartkę koła, obrawszy za jego środek jeden z narożników, i podzielmy ją na 90 równych stopni, które z kolei niech się dzielą również na 60 minut lub przynajmniej na tyle części, ile mogą w sobie pomieścić. Następnie w tymże środku niech będzie przytwierdzony walcowaty, jak najdokładniej wytoczony gnomon, tak, aby stojąc pionowo do owej powierzchni cośkolwiek nad nią wystawał, może na wielkość palca lub nawet jeszcze mniej.

Po takim przygotowaniu owego przyrządu należy nakreślić linię południka na płycie kamiennej, ułożonej w płaszczyźnie horyzontu i tak bardzo starannie zniwelowanej za pomocą wagi wodnej, czyli poziomnicy, żeby się nie pochylała w żadną stronę. Nakreśliwszy zatem na niej koło, ustawiamy w jego środku pionowy gnomon i obserwując kiedyś przed południem zaznaczymy na obwodzie koła punkt, w którym go dotknął koniec cienia. Podobnie postąpimy po południu, a łuk koła, zawarty między położonymi już znakami, podzielimy na połowę. W ten oto sposób linia prosta, poprowadzona od środka przez punkt podziału, wskaże nam nieomylnie południe i północ. Na niej tedy, jakby na podstawie, umieszcza się i przytwierdza pionowo płaszczyznę instrumentu z tak obróconym ku południowi środkiem, ażeby zstępująca z niego linia schodziła się z linią południka dokładnie pod kątem prostym. W ten bowiem sposób osiąga się to, że powierzchnia instrumentu znajduje się w płaszczyźnie południka.

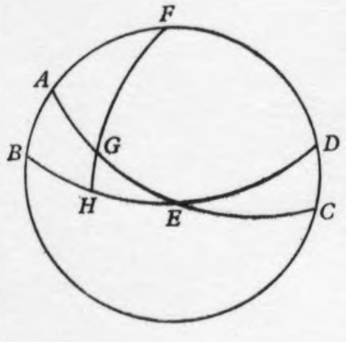
Odtąd w dniach letniego i zimowego przesilenia Słońca należy obserwować cienie, rzucane w słoneczne południe przez ową w środku ustawioną wskazówkę, czyli walec, przyłożywszy dla pewniejszego uchwycenia miejsca cienia jakiś przedmiot do zacienionego łuku ćwiartki koła, po czym jak najdokładniej zanotujemy środek cienia w stopniach i minutach. Gdy to bowiem wykonamy, łuk znaleziony między dwoma cieniami zaznaczonymi w czasie letniego i zimowego przesilenia pokaże nam rozstęp zwrotników i całkowite nachylenie zodiaku. Z tego wziąwszy połowę, otrzymamy odległość tychże zwrotników od równika, i stąd też stanie się wiadome, jak wielki jest kąt nachylenia równika do tego koła, które przechodzi środkiem znaków zwierzyńcowych.

Otóż ten odstęp, jaki leży między wspomnianymi już granicami, północną mianowicie i południową, obliczył Ptolemeusz na 47 stopni, 42 minuty i 40 sekund, jakich w kole jest 360, zgodnie zresztą z tym, co znalazł w dokonanych już przed nim obserwacjach Hipparcha i Eratostenesa, mianowicie 11 takich części, jakich w całym kole byłoby 83; a stąd połowa owej różnicy, wynosząca 23 stopnie, 51 minut i 20 sekund, jakich to stopni w kole jest 360, wyznaczała odległość zwrotników od równika oraz kąt jego przecięcia się z zodiakiem. Mniemał zatem Ptolemeusz, że ten stan rzeczy jest i pozostanie na zawsze niezmienny. Lecz okazuje się, że wielkości te od owego czasu aż do naszych ustawicznie się zmniejszały. Już bowiem przeze mnie samego i przez niektórych współczesnych mi badaczy zostało stwierdzone, że rozstęp zwrotników wynosi nie więcej niż 46 stopni i 58 prawie minut, a kąt przecięcia 23 stopnie i 29 minut, tak że dostatecznie widoczną już jest rzeczą, iż zmienne jest również nachylenie zodiaku, o którym obszerniej będzie mowa niżej, gdzie za pomocą dosyć prawdopodobnego tłumaczenia wykażę również, że nigdy ono nie było większe od 23 stopni i 52 minut i nigdy nie będzie mniejsze niż 23 stopnie i 28 minut.

ŁUKI I KĄTY PRZECINAJĄCYCH SIĘ Z SOBĄ KÓŁ — RÓWNIKA, ZODIAKU I POŁUDNIKA, Z KTÓRYCH POCHODZI DEKLINACJA I REKTASCENZJA, ORAZ ICH OBLICZANIE

rozdział III

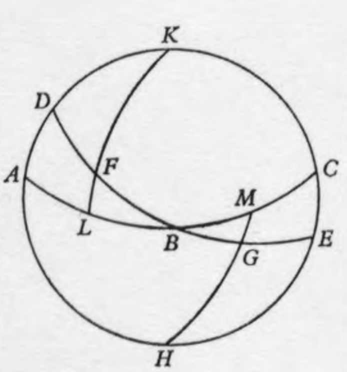
Jak więc o horyzoncie powiedziałem, że na nim wschodzą i zachodzą części sfery niebieskiej, tak teraz mówię o południku, że na nim one kulminują. W ciągu 24 godzin przechodzi on także oba koła, to jest zodiak i równik, i przecinając je odcina na nich łuki od wiosennego lub jesiennego ich przecięcia; nawzajem koła te wycinają z południka zawarty między nimi łuk. A ponieważ są one wszystkie kołami wielkimi, tworzą one sferyczny trójkąt prostokątny, jako że prosty jest ów kąt, pod którym południk przecina równik, przechodząc, zgodnie ze swą definicją, przez jego bieguny. Tak zaś wycięty łuk południka lub któregokolwiek przez bieguny przechodzącego koła nazywa się deklinacją odcinka zodiaku, a odpowiedni łuk na równiku, zaczynający się jednocześnie wraz z współtowarzyszącym mu łukiem zodiaku, rektascenzją.

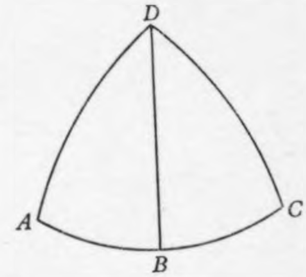


Wszystko to daje się łatwo wykazać na trójkącie sferycznym. Niech bowiem *ABCD* będzie kołem przechodzącym jednocześnie przez bieguny równika i zodiaku, które zazwyczaj nazywa się kolurem, *AEC* połową zodiaku, *BED* połową równika, punkt przecięcia wiosennego niech będzie w *E*, przesilenie letnie w *A*, zimowe zaś w *C*. Punkt *F* natomiast przyjmijmy za biegun dziennego obrotu, a łuk *EG* na zodiaku, przez który przeprowadźmy z góry ćwiartkę koła *FGH*, za równy — powiedzmy — 30 stopniom. Wówczas jest rzeczą oczywistą, że w trójkącie *EGH* dany jest bok *EG* równy 30 stopniom wraz z kątem *GEH*, który zgodnie z największą deklinacją *AB* będzie wynosił najmniej 23 stopnie i 28 minut, jakich to stopni cztery kąty proste zawierają 360; kąt *GHE* zaś jest prosty.

A więc, zgodnie z czwartym twierdzeniem o trójkątach sferycznych, *EGH* będzie trójkątem o danych kątach i bokach. Jest mianowicie udowodnione, że cięciwa dwukrotności łuku *EG* tak się ma do cięciwy dwukrotności łuku *GH*, jak cięciwa dwukrotności łuku *AGE*, czyli średnica kuli, do cięciwy dwukrotności łuku *AB*; i podobnie rzecz się ma z ich połówkami. Ponieważ połowa cięciwy dwukrotności łuku AGE jako promień kuli wynosi 100 000 części, połowa cięciwy dwukrotności łuku *AB* takich samych części 39 822, a łuku EG 50 000, i ponieważ w proporcji czterech liczb iloczyn wyrazów środkowych równa się iloczynowi skrajnych, otrzymamy połowę cięciwy dwukrotności łuku *GH* równą 19 911 częściom, a za jej pośrednictwem znajdziemy w tablicy sam łuk *GH*, to jest deklinację odpowiadającą odcinkowi *EG*, równy 11 stopniom i 29 minutom. Dlatego i w trójkącie *AFG* dane są, jako dopełnienia do ćwiartek koła, boki: *FG* o 78 stopniach i 31 minutach oraz *AG* o takichże 60 stopniach; kąt *FAG* zaś jest prosty; i w ten sposób będą do siebie proporcjonalne cięciwy dwukrotności łuków *FG*, *AG*, *FGH* i *BH* lub ich połowy. Skoro zaś trzy z tych łuków są dane, dany będzie również czwarty *BH*, to jest rektascenzja od punktu przesilenia letniego, równy 62 stopniom i 6 minutom, lub *HE*, to jest rektascenzja od punktu równonocy wiosennej, równy 27 stopniom i 54 minutom. Podobnie z danych boków *FG*, równego 78 stopniom i 31 minutom, i *AF*, zawierającego takichże stopni 64 i 30 minut, oraz z ćwiartki koła otrzymamy kąt *AGF* 69 stopni i prawie 23 i pół minuty, któremu równy jest jako wierzchołkowy kąt *HGE*. Według tego wzoru będę postępował i w dalszych przykładach.

Trzeba zaś wiedzieć o tym, że południk przecina zodiak pod kątami prostymi w punktach, gdzie ten styka się ze zwrotnikami, wówczas bowiem przecina go, jak powiedziałem, przechodząc przez jego bieguny. W punktach natomiast równonocnych tworzy z nim kąt o tyle mniejszy od prostego, o ile zodiak odchyla się od prostopadłości, tak że już kąt ten właśnie wynosi 66 stopni i 32 minuty. Należy również zwrócić uwagę na to, że przy równych łukach zodiaku, branych od punktów równonocnych lub zwrotnikowych, kąty i boki trójkątów wypadają równe. Jeżeli na przykład nakreślimy łuk równika *ABC* i zodiak *DBE*, przecinające się w punkcie równonocnym *B*, i przyjmiemy równe łuki *FB* i *BG* oraz dwie ćwiartki kół *KFL* i *HGM*, przechodzące przez bieguny dziennego obrotu *K* i *H*, to otrzymamy dwa trójkąty *FLB* i *BMG*, w których równe są boki *BF* i *BG* oraz kąty wierzchołkowe przy *B*, a kąty *L* i *M* są proste: a więc na mocy szóstego twierdzenia o trójkątach sferycznych będą to trójkąty o równych bokach i kątach. A zatem równe są sobie deklinacje *FL* i *MG*, rektascenzje *LB* i *BM* oraz pozostały kąt *F* pozostałemu kątowi *G*.





To samo się okaże dla równych łuków wziętych od punktu zwrotnikowego, jak na przykład, gdy równe sobie będą łuki *AB* i *BC* po obu stronach zwrotnikowego punktu styczności *B*. Przeprowadziwszy bowiem z bieguna równika *D* ćwiartki *DA*, *DB* i *DC*, otrzymamy podobnie dwa trójkąty *ABD* i *DBC*, których podstawy *AB* i *BC* są równe, bok *BD* wspólny obu trójkątom, a kąty przy *B* proste: na mocy więc ósmego twierdzenia o trójkątach sferycznych udowodnimy, że są to trójkąty o równych bokach i kątach.

Stąd jasno wynika, że takie kąty i łuki podane dla jednej ćwiartki zodiaku będą zgodne z pozostałymi ćwiartkami całego koła. Przykład na to podam w opisie układu tablic. W pierwszej mianowicie kolumnie znajdą się stopnie zodiaku, w następnej rubryce odpowiadające tym stopniom deklinacje, a na trzecim miejscu wyrażone w minutach różnice, którymi przewyższają je poszczególne deklinacje zachodzące przy największym nachyleniu zodiaku, a z których najwyższa wynosi 24 minuty. W podobny sposób ułożymy też tablicę kątów, odpowiednio bowiem do zmiany nachylenia zodiaku musi się zmieniać również wszystko, co od niego zależy. Co prawda dla rektascenzji różnica ta wypada bardzo mała, jako że nie przekracza dziesiątej części jednego czasostopnia, co stanowi tylko sto pięćdziesiątą część godziny. Czasostopniami mianowicie nazywają starożytni części równika, które wschodzą jednocześnie z częściami zodiaku, a tych lub tamtych części, jak często zaznaczałem, zawiera każde koło 360, dla odróżnienia jednak ich od siebie większość nazwała części zodiaku stopniami, równika zaś czasostopniami, w czym zresztą i ja ich nadal będę naśladował. Jakkolwiek zatem owa różnica jest tak nieznaczna, że słusznie by ją można zlekceważyć, to jednak nie odstręczyło mnie od tego, żeby i ją uwzględnić.

Otóż te dane zostały ułożone dla najmniejszego nachylenia zodiaku, które już zdaje się zbliżać i obecnie jest bardzo małe. Z nich dopiero otrzyma się takie same dane również dla każdego innego nachylenia zodiaku, jeżeli w poszczególnych przypadkach doliczy się części proporcjonalne w stosunku do nadwyżki największego nachylenia zodiaku nad najmniejszym. I tak na przykład, jeżeli chcę się dowiedzieć, jaka deklinacja odpowiada 30 stopniom zodiaku, liczonym od równonocy, przy nachyleniu wynoszącym 23 stopnie i 34 minuty, to znajduję wprawdzie w tablicy 11 stopni i 29 minut, oraz 11 minut różnicy, które by należało dodać w całości przy największym nachyleniu zodiaku, wynoszącym, jak powiedziałem, 23 stopnie i 52 minuty. Ale jest właśnie założenie, że wynosi ono 23 stopnie i 34 minuty, to jest o 6 minut więcej niż najmniejsze nachylenie, co stanowi czwartą część owych 24 minut, którymi największe nachylenie przewyższa najmniejsze. W tym samym zaś stosunku do 11 minut są okrągłe 3 minuty i gdy je dodam do 11 stopni i 29 minut, otrzymam 11 stopni i 32 minuty, co będzie właśnie stanowić wtedy deklinację dla 30 stopni zodiaku, liczonych od równonocy. W ten sam sposób również wypadnie postępować z kątami i rektascenzjami, z tym tylko, że co przy drugich trzeba dodawać, to przy pierwszych należy zawsze odejmować, ażeby wszystko wypadało z większą dokładnością dla danej epoki.

TABLICA DEKLINACJI

Zodiak	Deklinacja		Różnica	Zodiak	Deklinacja		Różnica	Zodiak	Deklinacja		Różnica
Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty
1	0	24	0	31	11	50	11	61	20	23	20
2	0	48	1	32	12	11	12	62	20	35	21
3	1	12	1	33	12	32	12	63	20	47	21
4	1	36	2	34	12	52	13	64	20	58	21
5	2	0	2	35	13	12	13	65	21	9	21
6	2	23	2	36	13	32	14	66	21	20	22
7	2	47	3	37	13	52	14	67	21	30	22
8	3	11	3	38	14	12	14	68	21	40	22
9	3	35	4	39	14	31	14	69	21	49	22
10	3	58	4	40	14	50	14	70	21	58	22
11	4	22	4	41	15	9	15	71	22	7	22
12	4	45	4	42	15	27	15	72	22	15	23
13	5	9	5	43	15	46	16	73	22	23	23
14	5	32	5	44	16	4	16	74	22	30	23
15	5	55	5	45	16	22	16	75	22	37	23
16	6	19	6	46	16	39	17	76	22	44	23
17	6	41	6	47	16	56	17	77	22	50	23
18	7	4	7	48	17	13	17	78	22	55	23
19	7	27	7	49	17	30	18	79	23	1	24
20	7	49	8	50	17	46	18	80	23	5	24
21	8	12	8	51	18	1	18	81	23	10	24
22	8	34	8	52	18	17	18	82	23	13	24
23	8	57	9	53	18	32	19	83	23	17	24
24	9	19	9	54	18	47	19	84	23	20	24
25	9	41	9	55	19	2	19	85	23	22	24
26	10	3	10	56	19	16	19	86	23	24	24
27	10	25	10	57	19	30	20	87	23	26	24
28	10	46	10	58	19	44	20	88	23	27	24
29	11	8	10	59	19	57	20	89	23	28	24
30	11	29	11	60	20	10	20	90	23	28	24

TABLICA REKTASCENZJI

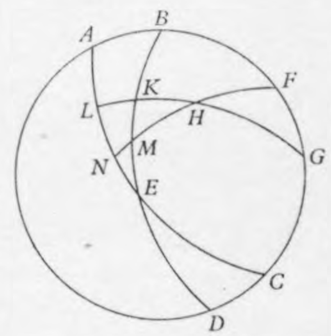
Zodiak	Czasostopnie		Różnica	Zodiak	Czasostopnie		Różnica	Zodiak	Czasostopnie		Różnica
Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty
1	0	55	0	31	28	54	4	61	58	51	4
2	1	50	0	32	29	51	4	62	59	54	4
3	2	45	0	33	30	50	4	63	60	57	4
4	3	40	0	34	31	46	4	64	62	0	4
5	4	35	0	35	32	45	4	65	63	3	4
6	5	30	0	36	33	43	5	66	64	6	3
7	6	25	1	37	34	41	5	67	65	9	3
8	7	20	1	38	35	40	5	68	66	13	3
9	8	15	1	39	36	38	5	69	67	17	3
10	9	11	1	40	37	37	5	70	68	21	3
11	10	6	1	41	38	36	5	71	69	25	3
12	11	0	2	42	39	35	5	72	70	29	3
13	11	57	2	43	40	34	5	73	71	33	3
14	12	52	2	44	41	33	6	74	72	38	2
15	13	48	2	45	42	32	6	75	73	43	2
16	14	43	2	46	43	31	6	76	74	47	2
17	15	39	2	47	44	32	5	77	75	52	2
18	16	34	3	48	45	32	5	78	76	57	2
19	17	31	3	49	46	32	5	79	78	2	2
20	18	27	3	50	47	33	5	80	79	7	2
21	19	23	3	51	48	34	5	81	80	12	1
22	20	19	3	52	49	35	5	82	81	17	1
23	21	15	3	53	50	36	5	83	82	22	1
24	22	10	4	54	51	37	5	84	83	27	1
25	23	9	4	55	52	38	4	85	84	33	1
26	24	6	4	56	53	41	4	86	85	38	0
27	25	3	4	57	54	43	4	87	86	43	0
28	26	0	4	58	55	45	4	88	87	48	0
29	26	57	4	59	56	46	4	89	88	54	0
30	27	54	4	60	57	48	4	90	90	0	0

TABLICA KĄTÓW POŁUDNIKOWYCH

Zodiak	Kąty		Różnica	Zodiak	Kąty		Różnica	Zodiak	Kąty		Różnica
Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty
1	66	32	24	31	69	35	21	61	78	7	12
2	66	33	24	32	69	48	21	62	78	29	12
3	66	34	24	33	70	0	20	63	78	51	11
4	66	35	24	34	70	13	20	64	79	14	11
5	66	37	24	35	70	26	20	65	79	36	11
6	66	39	24	36	70	39	20	66	79	59	10
7	66	42	24	37	70	53	20	67	80	22	10
8	66	44	24	38	71	7	19	68	80	45	10
9	66	47	24	39	71	22	19	69	81	9	9
10	66	51	24	40	71	36	19	70	81	33	9
11	66	55	24	41	71	52	19	71	81	58	8
12	66	59	24	42	72	8	18	72	82	22	8
13	67	4	23	43	72	24	18	73	82	46	7
14	67	10	23	44	72	39	18	74	83	11	7
15	67	15	23	45	72	55	17	75	83	35	6
16	67	21	23	46	73	11	17	76	84	0	6
17	67	27	23	47	73	28	17	77	84	25	6
18	67	34	23	48	73	47	17	78	84	50	5
19	67	41	23	49	74	6	16	79	85	15	5
20	67	49	23	50	74	24	16	80	85	40	4
21	67	56	23	51	74	42	16	81	86	5	4
22	68	4	22	52	75	1	15	82	86	30	3
23	68	13	22	53	75	21	15	83	86	55	3
24	68	22	22	54	75	40	15	84	87	19	3
25	68	32	22	55	76	1	14	85	87	53	2
26	68	41	22	56	76	21	14	86	88	17	2
27	68	51	22	57	76	42	14	87	88	41	1
28	69	2	21	58	77	3	13	88	89	6	1
29	69	13	21	59	77	24	13	89	89	33	0
30	69	24	21	60	77	45	13	90	90	0	0

SPOSÓB OBLICZANIA DEKLINACJI I REKTASCENZJI DLA DOWOLNEJ GWIAZDY, POŁOŻONEJ POZA KOŁEM, KTÓRE PRZEBIEGA ŚRODKIEM ZNAKÓW ZWIERZYŃCOWYCH, GDY ZNANA JEST JEJ SZEROKOŚĆ I DŁUGOŚĆ, ORAZ SPOSÓB OBLICZANIA STOPNIA ZODIAKU, WRAZ Z KTÓRYM GWIAZDA KULMINUJE *rozdział IV*

Dotychczasowy wykład dotyczył zodiaku, równika i ich wzajemnych przecięć. Ale w związku z codziennym obrotem ważne jest nie tylko znać te zjawiska, jakie zachodzą na samym zodiaku i które odkrywają przyczyny słonecznego tylko zjawiska, lecz także określić w podobny sposób deklinację od równika i rektascenzję takich gwiazd stałych i planet, które znajdują się poza zodiakiem, lecz których długość i szerokość byłyby dane.



Nakreślmy tedy przez bieguny równika i zodiaku koło *ABCD* i niech *AEC* będzie półkolem równika o biegunie *F*, *BED* półkolem zodiaku o biegunie *G*, a punkt *E* przecięciem równonocnym. Od bieguna *G* zaś poprowadźmy przez gwiazdę łuk *GHKL*, a dane miejsce gwiazdy niech będzie w punkcie *H*, przez który niech przechodzi w dół od bieguna dziennego obrotu ćwiartka koła *FHMN*. Wówczas jest oczywiste, że gwiazda, która się znajduje w punkcie *H*, wchodzi na południk jednocześnie z dwoma punktami *M* i *N* i że łuk *HMN* jest deklinacją gwiazdy od równika, a *EN* jej rektascenzją, których właśnie szukamy.

Ponieważ tedy w trójkącie *KEL* bok *KE* i kąt *KEL* są dane, a kąt *EKL* jest prosty, na mocy więc czwartego twierdzenia o trójkątach sferycznych dane są boki *KL* i *EL* wraz z pozostałym kątem *KLE*, a stąd dany jest i cały łuk *HKL*. A że dzięki temu w trójkącie *HLN* dane są dwa kąty *HLN* i prosty *LNH* wraz z bokiem *HL*, na mocy więc tego samego czwartego twierdzenia o trójkątach sferycznych dane są i pozostałe boki: deklinacja gwiazdy *HN* oraz *LN* i jego przedłużenie *NE*, czyli rektascenzja, o którą sfera przesuwa się od równonocy do gwiazdy.

Albo też w inny sposób. Jeżeliby z poprzednich danych wzięło się łuk zodiaku *KE* niejako za rektascenzję łuku *LE*, to ten łuk *LE* będzie dany z odczytanej na odwrót tablicy rektascenzji, łuk *LK* jako deklinacja odpowiadająca łukowi *LE*, a kąt *KLE* z tablicy kątów południkowych, stąd zaś pozna się i resztę, jak to już zostało pokazane.

Następnie, dzięki rektascenzji *EN*, dane są stopnie łuku zodiaku *EM*, przy których gwiazda kulminuje wraz z punktem *M*.

PRZECIĘCIA HORYZONTU *rozdział V*

Horyzont znowu jest inny na sferze prostej, a inny na ukośnej. Horyzontem bowiem sfery prostej nazywa się taki horyzont, do którego równik jest prostopadły, czyli który przechodzi przez bieguny równika. Horyzontem natomiast sfery ukośnej nazywamy taki, do którego równik jest nachylony. Przy horyzoncie więc prostopadłym wszystkie ciała niebieskie wschodzą i zachodzą, a dni zawsze są równe nocom. Taki bowiem horyzont, przechodzący mianowicie przez bieguny, połowi wszystkie równoleżniki zakreślone dziennym obrotem, i tu też zachodzą te zjawiska, które już wyjaśniłem w związku z południkiem. Dzień zaś liczę tu od wschodu do zachodu słońca, a nie jakoś tak, jak rozumie ogół, od świtu do zmierzchu, to jest od brzasku do zapalenia pierwszych świateł. O tym jednak więcej powiem w związku ze wschodem i zachodem konstelacji.

I odwrotnie, tam, gdzie oś Ziemi stoi prostopadle do horyzontu, nic nie wschodzi i nie zachodzi, lecz wszystko, krążąc w koło, zawsze jest albo widoczne, albo niewidoczne, z wyjątkiem tego, co się ukaże skutkiem innego ruchu, jakim jest roczny obieg dookoła Słońca: w wyniku tego dzień tam trwa nieprzerwanie przez pół roku, a przez resztę czasu noc, i nie ma innego podziału pór roku, jak tylko na zimę i lato, ponieważ tam równik pokrywa się z horyzontem.

Na sferze natomiast ukośnej pewne ciała niebieskie wschodzą i zachodzą, a inne są albo zawsze widoczne, albo zawsze niewidoczne, przy czym dni i noce stają się nierówne. Horyzont tam, dzięki ukośnemu położeniu, dotyka odpowiednio do stopnia swego nachylenia dwóch równoleżników, z których jeden, leżący po stronie bieguna widocznego, odgranicza część sfery zawsze widzialną, i na odwrót, drugi, znajdujący się po stronie bieguna niewidocznego, część zawsze niewidzialną. Stąd horyzont, przechodząc przez całą szerokość pasa zawartego między tymi granicami, dzieli wszystkie znajdujące się w środku równoleżniki na nierówne łuki, z wyjątkiem równika, który jest największym z równoleżników, a koła wielkie wzajemnie się przepoławiają. Ten zatem ukośny horyzont odcina na równoleżnikach górnej półkuli większe łuki od strony bieguna widocznego niż po stronie niewidocznego bieguna południowego i odwrotnie na półkuli ukrytej. I na tych to łukach ukazując się skutkiem dziennego obrotu, Słońce powoduje nierówność dni i nocy.

RÓŻNE RODZAJE CIENI POŁUDNIOWYCH

rozdział VI

Istnieją również różne rodzaje cieni południowych, od których jedni mieszkańcy nazywają się „wkołocienni", inni „dwucienni", a jeszcze inni „jednocienni".

Wkołocienni są to mianowicie ci, o których można powiedzieć, że są otoczeni cieniem, gdyż rzucają swój cień słoneczny na wszystkie strony. A są to ci, u których zenit, czyli biegun horyzontu, jest oddalony od bieguna Ziemi mniej, a w każdym razie nie więcej, niż zwrotnik od równika. Tam bowiem owe równoleżniki, których dotyka horyzont i które stanowią granice dla równoleżników zawsze widzialnych i dla równoleżników zawsze niewidzialnych, są większe od zwrotników lub przynajmniej im równe. I stąd letnie Słońce, wznosząc się na zawsze widocznych równoleżnikach, rzuca w tej porze roku cienie gnomonów na wszystkie strony. Tam zaś, gdzie horyzont dotyka zwrotników, stają się one same granicami dla równoleżników zawsze widzialnych i dla zawsze niewidzialnych. Dlatego Słońce w czasie przesilenia letniego zdaje się ocierać o Ziemię o samej północy, kiedy to cały zodiak pokrywa się z horyzontem i zarazże potem wschodzi jednocześnie sześć znaków zwierzyńcowych i tyleż po przeciwnej stronie jednocześnie zachodzi, a biegun zodiaku schodzi się z biegunem horyzontu.

Dwucienni, którzy rzucają cienie południowe na każdą z obu stron, są to mieszkańcy przestrzeni leżącej między obu zwrotnikami, którą starożytni nazywają strefą środkową; a ponieważ na całym tym pasie zodiak dwukrotnie staje prostopadle do horyzontu, jak to wykazuje Euklides w drugim twierdzeniu swoich

Zjawisk, przeto cienie gnomonów dwa razy tam znikają, a w czasie przechodzenia Słońca z jednej strony na drugą gnomony przerzucają cień bądź na południe, bądź to na północ.

Wreszcie my, mieszkający między jednymi a drugimi, jesteśmy jednocienni z tego powodu, że rzucamy w południe cienie tylko na jedną stronę, to jest północną.

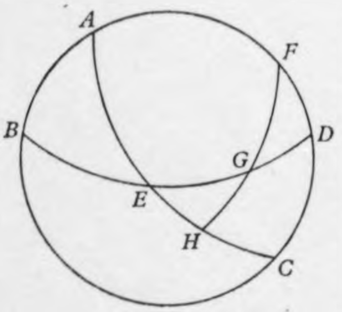
Przyjął się zaś zwyczaj u starożytnych matematyków dzielić powierzchnię Ziemi na siedem stref — „klimatów", a mianowicie wzdłuż poszczególnych równoleżników, przechodzących przez Meroe, przez Syenę, przez Aleksandrię, przez Rodos, przez Hellespont, przez środek Morza Czarnego, przez Borystenes, przez Bizancjum i tak dalej, odpowiednio do różnicy i nadwyżki najdłuższych dni, jak również do długości cieni, które w południe podczas równonocy i obu przesileń Słońca za pomocą gnomonów ustalili, oraz podług wysokości bieguna, czyli szerokości geograficznej każdego pasa. Te różnice, uległszy z czasem częściowej zmianie, niezupełnie są teraz te same, co ongiś, na skutek zmiennego (jak powiedziałem) nachylenia zodiaku, które pierwotnie uchodziło uwagi, lub raczej — żeby się ściślej wyrazić — na skutek zmieniającego się nachylenia równika do płaszczyzny zodiaku, od czego owe strefy zależą. Wysokości natomiast bieguna, czyli szerokości geograficzne, i cienie równonocne zgadzają się z tymi, które znajdujemy w pismach starożytnych, jak to i powinno było wypaść, ponieważ równik stosuje się do bieguna globu ziemskiego. Dlatego i owych stref nie da się dosyć dokładnie oznaczyć ani ich granic określić na podstawie jakichkolwiek przypadkowych właściwości cieni i dni, lecz poprawniej się to zrobi na podstawie ich odległości od równika, które zawsze pozostają te same. Owa zaś zmienność zwrotników, jakkolwiek jest bardzo niewielka i w okolicach południowych dopuszcza nieznaczną tylko różnicę dni i cieni, przy zbliżaniu się jednak ku północy staje się bardziej widoczna.

Co się więc tyczy cieni gnomonów, to jest rzeczą jasną, że dla każdej danej wysokości Słońca można określić długość cienia, i odwrotnie. I tak na przykład, jeżeli *AB* będzie gnomonem, który rzuca cień *BC*, to wobec tego, że ta wskazówka stoi pionowo do płaszczyzny horyzontu, zgodnie z definicją linii prostopadłych do płaszczyzny, musi ona tworzyć zawsze kąt prosty *ABC*. Stąd, połączywszy linią *A* i *C*, otrzymamy trójkąt prostokątny *ABC*, a w nim z danej wysokości Słońca będziemy mieli również dany kąt *ACB*. Na mocy zaś pierwszego twierdzenia o trójkątach płaskich dany będzie stosunek gnomonu *AB* do jego cienia *BC* oraz długość samego *BC*. I odwrotnie, gdy będą dane *AB* i *BC*, to zgodnie z trzecim twierdzeniem o trójkątach płaskich wiadomy będzie również kąt *ACB* oraz wysokość Słońca rzucającego stosownie do tego czasu ów cień. W ten sposób starożytni w opisie owych stref kuli ziemskiej określili właściwe dla każdej z nich długości cieni południowych zarówno podczas obu równonocy, jak też podczas obu przesileń.

W JAKI SPOSÓB NAJDŁUŻSZY DZIEŃ, ROZPIĘTOŚĆ WSCHODU I NACHYLENIE SFERY WZAJEMNIE SIĘ OKREŚLAJĄ, ORAZ O WSZYSTKICH INNYCH NIERÓWNOŚCIACH DNI

rozdział VII

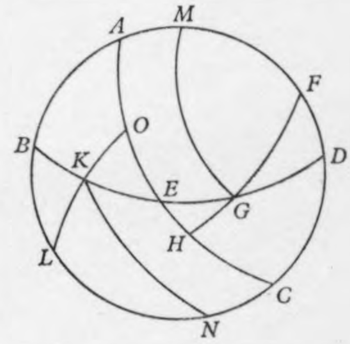
W ten też sposób określimy dla dowolnej pochyłości sfery, czyli nachylenia horyzontu, najdłuższy i najkrótszy dzień wraz z rozpiętością wschodu, a zarazem każdą inną nierówność dni. Rozpiętość zaś wschodu jest to łuk na kole horyzontu, zawarty między wschodem Słońca w czasie przesilenia letniego a jego wschodem w czasie przesilenia zimowego, albo odległość obu tych punktów od wschodu równonocnego.



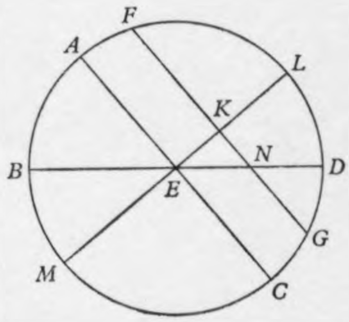
Niech zatem *ABCD* będzie południkiem, *BED* półkolem horyzontu na wschodniej półkuli, a *AEC* połową równika, mającego północny biegun w punkcie *F*. Przyjąwszy wschód Słońca w czasie letniego przesilenia w punkcie *G*, nakreślmy łuk *FGH* wielkiego koła. Ponieważ tedy ruch kuli ziemskiej dokonuje się wokół bieguna równika *F*, punkty *G* i *H* muszą się znaleźć na południku *ABCD* jednocześnie, gdyż równoleżniki zakreślone są dookoła tych samych biegunów, przez które przechodzą wszystkie wielkie koła odcinając na równoleżnikach podobne łuki. Dlatego ten sam czas, który upływa od wschodu punktu *G* aż do południa, jest również miarą łuku *AEH*, a czas od północy do wschodu miarą pozostałej, pod horyzontem się znajdującej, części półkola *CH*. Ale *AEC* jest półkolem, a *AE* i *EC* są ćwiartkami kół, gdyż wychodzą z bieguna południka *ABCD*; dlatego *EH* będzie połową różnicy między najdłuższym dniem a dniem równonocnym, a *EG* rozpiętością między wschodem równonocnym a wschodem w czasie przesilenia letniego. Skoro zatem w trójkącie *EHG* wiadomy jest kąt nachylenia sfery *GEH* z łuku *AB*, kąt *GHE* jako prosty, a bok *GH* jako odległość letniego zwrotnika od równika, to na mocy czwartego twierdzenia o trójkątach sferycznych dane są również pozostałe boki: *EH* – połowa różnicy między dniem równonocnym a dniem najdłuższym, oraz *GE* – rozpiętość wschodu. Dlatego też, jeżeli oprócz boku *GH* dany będzie bok *EH* jako różnica między najdłuższym dniem a dniem równonocnym, albo przynajmniej bok *EG*, dany jest również kąt *E* nachylenia sfery, a stąd i wysokość bieguna nad horyzontem *FD*.

A nawet jeżeli się weźmie nie zwrotnikowy, lecz jakikolwiek inny punkt *G* na zodiaku, to niemniej oba łuki *EG* i *EH* będą wiadome, gdyż z wyżej podanej tablicy deklinacji znany będzie łuk deklinacji *GH*, odpowiadający tej właśnie części zodiaku, jak również reszta staje się wiadoma dzięki tej samej metodzie dowodzenia.

Stąd także wynika, że jednakowo oddalone od zwrotnika punkty zodiaku odcinają na horyzoncie takie same i po tych samych stronach od wschodu równonocnego położone łuki, powodując równe sobie nawzajem długości dni i nocy, co jest skutkiem tego, że oba punkty zodiaku leżą na tym samym równoleżniku, gdyż ich deklinacja jest jednakowa i w tę samą stronę zwrócona. Równym zaś łukom, położonym po obu stronach od przecięcia równonocnego, odpowiadają znowu równe, ale w przeciwne strony skierowane rozpiętości wschodu, oraz odwrotne długości dni i nocy, a to dlatego, że punkty te, jako jednakowo od równonocy odległe, mają równe deklinacje od równika, a przeto opisują z obu stron równe łuki równoleżników.



Nakreślmy mianowicie na tej samej figurze łuki równoleżników i niech to będą łuki *GM* i *KN*, które by przecinały horyzont *BED* w punktach *G* i *K*, a ponadto z południowego bieguna *L* dorysujmy ćwiartkę wielkiego koła *LKO*. Ponieważ deklinacja *HG* równa jest deklinacji *KO*, przeto dwa trójkąty *DFG* i *BLK* okażą się takimi, w których po dwa boki są sobie odpowiednio równe: *FG* bokowi *LK* oraz wysokość bieguna *FD* wysokości *LB*, a kąty *B* i *D* są proste. A więc i trzeci bok *DG* równy jest trzeciemu bokowi *BK*, a stąd równe są także ich uzupełnienia *GE* i *EK*, odpowiadające rozpiętościom wschodu. Dlatego też, skoro tu także są dwa boki *EG* i *GH* równe dwom bokom *EK* i *KO* i równe są jako wierzchołkowe kąty przy *E*, dzięki temu równe są i pozostałe boki *EH* i *EO*, z których po dodaniu równych przedłużeń otrzymuje się w sumie równe łuki *OEC* i *AEH*. A przecież wielkie koła, przechodząc przez bieguny, odcinają na równoleżnikach podobne łuki, będą więc i same łuki *GM* i *KN* podobne sobie i równe, co było właśnie do udowodnienia.



A można to wszystko i innym jeszcze sposobem wykazać. Nakreśliwszy znowu południk *ABCD*, którego środkiem niech będzie punkt *E*, przyjmijmy za średnicę równika i wspólne przecięcie tych kół *AEC*, za średnicę horyzontu i linię południkową *BED*, za oś sfery *LEM*, za biegun widoczny *L*, za niewidoczny zaś *M*. Przyjętą odległością letniego zwrotu Słońca albo inną jakąś deklinacją niech będzie łuk *AF*, do którego przeprowadźmy średnicę równoleżnika *FG*, będącą również wspólnym jego przecięciem z południkiem: przetnie ona oś w punkcie *K*, a linię południkową w *N*. Ponieważ według definicji Posejdoniosa linie równoległe są to takie linie, które ani się zbliżają do siebie, ani oddalają, lecz zawarte między nimi linie prostopadłe mają wszędzie równe, przeto linia prosta *KE* będzie równa połowie cięciwy dwukrotności łuku *AF*. Podobnie *KN* będzie połową cięciwy tego łuku, który na równoleżniku o promieniu *FK* wyraża właśnie różnicę między dniem równonocnym a dniem od niego różnym. A to dlatego, że wszystkie półkola, które mają owe wspólne przecięcia, będące oczywiście ich średnicami, a mianowicie *BED* średnicą horyzontu ukośnego, *LEM* horyzontu prostego, *AEC* równika i *FKG* równoleżnika, stoją pionowo do płaszczyzny koła *ABCD*, a przeto i ich wzajemne przecięcia, na mocy XIX twierdzenia jedenastej księgi *Elementów* Euklidesa, są do tejże płaszczyzny prostopadłe w punktach *E*, *K* i *N*, a według szóstego twierdzenia tejże księgi są do siebie równoległe, przy czym *K* jest środkiem równoleżnika, a *E* środkiem sfery. Dlatego i *EN* jest połową cięciwy dwukrotności tego łuku na horyzoncie, o który wschód na równoleżniku różni się od wschodu równonocnego. Gdy więc dana będzie deklinacja *AF* wraz z jej resztą do ćwiartki *FL*, będą znane także połowy cięciw: *KE* dwukrotności łuku *AF* oraz *FK* dwukrotności łuku *FL*, w częściach, jakich w *AE* jest 100000. W trójkącie zaś prostokątnym *EKN* kąt *KEN* jest dany z wysokości bieguna *DL*, a pozostały kąt *KNE* jest równy kątowi *AEB*, ponieważ na sferze ukośnej równoleżniki jednakowo są nachylone do horyzontu, i dane są boki w tych samych częściach, jakich promień kuli zawiera 100000. W tych więc częściach, jakich w promieniu *FK* równoleżnika jest 100000, będzie również dany odcinek *KN* jako połowa cięciwy łuku, wyrażającego całą różnicę między dniem równonocnym a dniem danego równoleżnika w stopniach, jakich okręg równoleżnika zawiera odpowiednio 360. Z powyższego jest jasne, że stosunek *FK* do *KN* składa się z dwóch stosunków, a mianowicie ze stosunku cięciwy dwukrotności łuku *FL* do cięciwy dwukrotności łuku *AF*, to jest *FK* do *KE*, oraz ze stosunku cięciwy dwukrotności łuku AB do cięciwy dwukrotności łuku DL, to jest jak EK do KN, czyli że między FK i KN przyjmuje się pośredni wyraz EK. Podobnie także stosunek BE do EN tworzą dwa stosunki: BE do EK i KE do EN, jak to szerzej przedstawia Ptolemeusz na odcinkach sferycznych.

W taki oto sposób, jak sądzę osobiście, rozróżnia się nie tylko nierówność dni i nocy, lecz także łuki równoleżników, opisywanych ruchem dziennym Księżyca i gwiazd wszelkich, których by tylko deklinacja była dana, mianowicie łuki znajdujące się nad Ziemią od tych, które są pod nią, a dzięki nim łatwo można będzie wytłumaczyć wschód i zachód owych ciał niebieskich.

RÓŻNICE WZNOSZEŃ DLA SFERY UKOŚNEJ

Deklinacja	Wysokość bieguna											
	31		32		33		34		35		36	
Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
1	0	36	0	37	0	39	0	40	0	42	0	44
2	1	12	1	15	1	18	1	21	1	24	1	27
3	1	48	1	53	1	57	2	2	2	6	2	11
4	2	24	2	30	2	36	2	42	2	48	2	55
5	3	1	3	8	3	15	3	23	3	31	3	39
6	3	37	3	46	3	55	4	4	4	13	4	23
7	4	14	4	24	4	34	4	45	4	56	5	7
8	4	51	5	2	5	14	5	26	5	39	5	52
9	5	28	5	41	5	54	6	8	6	22	6	36
10	6	5	6	20	6	35	6	50	7	6	7	22
11	6	42	6	59	7	15	7	32	7	49	8	7
12	7	20	7	38	7	56	8	15	8	34	8	53
13	7	58	8	18	8	37	8	58	9	18	9	39
14	8	37	8	58	9	19	9	41	10	3	10	26
15	9	16	9	38	10	1	10	25	10	49	11	14
16	9	55	10	19	10	44	11	9	11	35	12	2
17	10	35	11	1	11	27	11	54	12	22	12	50
18	11	16	11	43	12	11	12	40	13	9	13	39
19	11	56	12	25	12	55	13	26	13	57	14	29
20	12	38	13	9	13	40	14	13	14	46	15	20
21	13	20	13	53	14	26	15	0	15	36	16	12
22	14	3	14	37	15	13	15	49	16	27	17	5
23	14	47	15	23	16	0	16	38	17	17	17	58
24	15	31	16	9	16	48	17	29	18	10	18	52
25	16	16	16	56	17	38	18	20	19	3	19	48
26	17	2	17	45	18	28	19	12	19	58	20	45
27	17	50	18	34	19	19	20	6	20	54	21	44
28	18	38	19	24	20	12	21	1	21	51	22	43
29	19	27	20	16	21	6	21	57	22	50	23	45
30	20	18	21	9	22	1	22	55	23	51	24	48
31	21	10	22	3	22	58	23	55	24	53	25	53
32	22	3	22	59	23	56	24	56	25	57	27	0
33	22	57	23	54	24	19	25	59	27	3	28	9
34	23	55	24	56	25	59	27	4	28	10	29	21
35	24	53	25	57	27	3	28	10	29	21	30	35
36	25	53	27	0	28	9	29	21	30	35	31	52

RÓŻNICE WZNOSZEŃ DLA SFERY UKOŚNEJ

Deklinacja	Wysokość bieguna											
	37		38		39		40		41		42	
Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
1	0	45	0	47	0	49	0	50	0	52	0	54
2	1	31	1	34	1	37	1	41	1	44	1	48
3	2	16	2	21	2	26	2	31	2	37	2	42
4	3	1	3	8	3	15	3	22	3	29	3	37
5	3	47	3	55	4	4	4	13	4	22	4	31
6	4	33	4	43	4	53	5	4	5	15	5	26
7	5	19	5	30	5	42	5	55	6	8	6	21
8	6	5	6	18	6	32	6	46	7	1	7	16
9	6	51	7	6	7	22	7	38	7	55	8	12
10	7	38	7	55	8	13	8	30	8	49	9	8
11	8	25	8	44	9	3	9	23	9	44	10	5
12	9	13	9	34	9	55	10	16	10	39	11	2
13	10	1	10	24	10	46	11	10	11	35	12	0
14	10	50	11	14	11	39	12	5	12	31	12	58
15	11	39	12	5	12	32	13	0	13	28	13	58
16	12	29	12	57	13	26	13	55	14	26	14	58
17	13	19	13	49	14	20	14	52	15	25	15	59
18	14	10	14	42	15	15	15	49	16	24	17	1
19	15	2	15	36	16	11	16	48	17	25	18	4
20	15	55	16	31	17	8	17	47	18	27	19	8
21	16	49	17	27	18	7	18	47	19	30	20	13
22	17	44	18	24	19	6	19	49	20	34	21	20
23	18	39	19	22	20	6	20	52	21	39	22	28
24	19	36	20	21	21	8	21	56	22	46	23	38
25	20	34	21	21	22	11	23	2	23	55	24	50
26	21	34	22	24	23	16	24	10	25	5	26	3
27	22	35	23	28	24	22	25	19	26	17	27	18
28	23	37	24	33	25	30	26	30	27	31	28	36
29	24	41	25	40	26	40	27	43	28	48	29	57
30	25	47	26	49	27	52	28	59	30	7	31	19
31	26	55	28	0	29	7	30	17	31	29	32	45
32	28	5	29	13	30	54	31	31	32	54	34	14
33	29	18	30	29	31	44	33	1	34	22	35	47
34	30	32	31	48	33	6	34	27	35	54	37	24
35	31	51	33	10	34	33	35	59	37	30	39	5
36	33	12	34	35	36	2	37	34	39	10	40	51

RÓŻNICE WZNOSZEŃ DLA SFERY UKOŚNEJ

Deklinacja	Wysokość bieguna											
	43		44		45		46		47		48	
Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
1	0	56	0	58	1	0	1	2	1	4	1	7
2	1	52	1	56	2	0	2	4	2	9	2	13
3	2	48	2	54	3	0	3	7	3	13	3	20
4	3	44	3	52	4	1	4	9	4	18	4	27
5	4	41	4	51	5	1	5	12	5	23	5	35
6	5	37	5	50	6	2	6	15	6	28	6	42
7	6	34	6	49	7	3	7	18	7	34	7	50
8	7	32	7	48	8	5	8	22	8	40	8	59
9	8	30	8	48	9	7	9	26	9	47	10	8
10	9	28	9	48	10	9	10	31	10	54	11	18
11	10	27	10	49	11	13	11	37	12	2	12	28
12	11	26	11	51	12	16	12	43	13	11	13	39
13	12	26	12	53	13	21	13	50	14	20	14	51
14	13	27	13	56	14	26	14	58	15	30	16	5
15	14	28	15	0	15	32	16	7	16	42	17	19
16	15	31	16	5	16	40	17	16	17	54	18	34
17	16	34	17	10	17	48	18	27	19	8	19	51
18	17	38	18	17	18	58	19	40	20	23	21	9
19	18	44	19	25	20	9	20	53	21	40	22	29
20	19	50	20	35	21	21	22	8	22	58	23	51
21	20	59	21	46	22	34	23	25	24	18	25	14
22	22	8	22	58	23	50	24	44	25	40	26	40
23	23	19	24	12	25	7	26	5	27	5	28	8
24	24	32	25	28	26	26	27	27	28	31	29	38
25	25	47	26	46	27	48	28	52	30	0	31	12
26	27	3	28	6	29	11	30	20	31	32	32	48
27	28	22	29	29	30	38	31	51	33	7	34	28
28	29	44	30	54	32	7	33	25	34	46	36	12
29	31	8	32	22	33	40	35	2	36	28	38	0
30	32	35	33	53	35	16	36	43	38	15	39	53
31	34	5	35	28	36	56	38	29	40	7	41	52
32	35	38	37	7	38	40	40	19	42	4	43	57
33	37	16	38	50	40	30	42	15	44	8	46	9
34	38	58	40	39	42	25	44	18	46	20	48	31
35	40	46	42	33	44	27	46	23	48	36	51	3
36	42	39	44	33	46	36	48	47	51	11	53	47

RÓŻNICE WZNOSZEŃ DLA SFERY UKOŚNEJ

Deklinacja	Wysokość bieguna											
	49		50		51		52		53		54	
Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
1	1	9	1	12	1	14	1	17	1	20	1	23
2	2	18	2	23	2	28	2	34	2	39	2	45
3	3	27	3	35	3	43	3	51	3	59	4	8
4	4	37	4	47	4	57	5	8	5	19	5	31
5	5	47	5	50	6	12	6	26	6	40	6	55
6	6	57	7	12	7	27	7	44	8	1	8	19
7	8	7	8	25	8	43	9	2	9	23	9	44
8	9	18	9	38	10	0	10	22	10	45	11	9
9	10	30	10	53	11	17	11	42	12	8	12	35
10	11	42	12	8	12	35	13	3	13	32	14	3
11	12	55	13	24	13	53	14	24	14	57	15	31
12	14	9	14	40	15	13	15	47	16	23	17	0
13	15	24	15	58	16	34	17	11	17	50	18	32
14	16	40	17	17	17	56	18	37	19	19	20	4
15	17	57	18	39	19	19	20	4	20	50	21	38
16	19	16	19	59	20	44	21	32	22	22	23	15
17	20	36	21	22	22	11	23	2	23	56	24	53
18	21	57	22	47	23	39	24	34	25	33	26	34
19	23	20	24	14	25	10	26	9	27	11	28	17
20	24	45	25	42	26	43	27	46	28	53	30	4
21	26	12	27	14	28	18	29	26	30	37	31	54
22	27	42	28	47	29	56	31	8	32	25	33	47
23	29	14	30	23	31	37	32	54	34	17	35	45
24	31	4	32	3	33	21	34	44	36	13	37	48
25	32	26	33	46	35	10	36	39	38	14	39	59
26	34	8	35	32	37	2	38	38	40	20	42	10
27	35	53	37	23	39	0	40	42	42	33	44	32
28	37	43	39	19	41	2	42	53	44	53	47	2
29	39	37	41	21	43	12	45	12	47	21	49	44
30	41	37	43	29	45	29	47	39	50	1	52	37
31	43	44	45	44	47	54	50	16	52	53	55	48
32	45	57	48	8	50	30	53	7	56	1	59	19
33	48	19	50	44	53	20	56	13	59	28	63	21
34	50	54	53	30	56	20	59	42	63	31	68	11
35	53	40	56	34	59	58	63	40	68	18	74	32
36	56	42	59	59	63	47	68	26	74	36	90	0

RÓŻNICE WZNOSZEŃ DLA SFERY UKOŚNEJ

Deklinacja	Wysokość bieguna											
	55		56		57		58		59		60	
Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
1	1	26	1	29	1	32	1	36	1	40	1	44
2	2	52	2	58	3	5	3	12	3	20	3	28
3	4	17	4	27	4	38	4	49	5	0	5	12
4	5	44	5	57	6	11	6	25	6	41	6	57
5	7	11	7	27	7	44	8	3	8	22	8	43
6	8	38	8	58	9	19	9	41	10	4	10	29
7	10	6	10	29	10	54	11	20	11	47	12	17
8	11	35	12	1	12	30	13	0	13	32	14	5
9	13	4	13	35	14	7	14	41	15	17	15	55
10	14	35	15	9	15	45	16	23	17	4	17	47
11	16	7	16	45	17	25	18	8	18	53	19	41
12	17	40	18	22	19	6	19	53	20	43	21	36
13	19	15	20	1	20	50	21	41	22	36	23	34
14	20	52	21	42	22	35	23	31	24	31	25	35
15	22	30	23	24	24	22	25	23	26	29	27	39
16	24	10	25	9	26	12	27	19	28	30	29	47
17	25	53	26	57	28	5	29	18	30	35	31	59
18	27	39	28	48	30	1	31	20	32	44	34	19
19	29	27	30	41	32	1	33	26	34	58	36	37
20	31	19	32	39	34	5	35	37	37	17	39	5
21	33	15	34	41	36	14	37	54	39	42	41	40
22	35	14	36	48	38	28	40	17	42	15	44	25
23	37	19	39	0	40	49	42	47	44	57	47	20
24	39	29	41	18	43	17	45	26	47	49	50	27
25	41	45	43	44	45	54	48	16	50	54	53	52
26	44	9	46	18	48	41	51	19	54	16	57	39
27	46	41	49	4	51	41	54	38	58	0	61	57
28	49	24	52	1	54	58	58	19	62	14	67	4
29	52	20	55	16	58	36	62	31	67	18	73	46
30	55	32	58	52	62	45	67	31	73	55	90	0
31	59	6	62	58	67	42	74	4	90	0		
32	63	10	67	53	74	12	90	0				
33	68	1	74	19	90	0						
34	74	33	90	0								
35	90	0										
36												

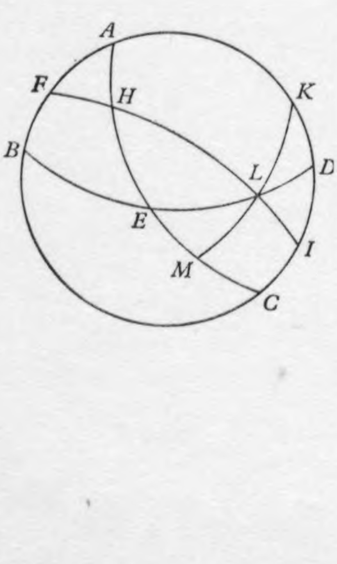
Miejsca puste odnoszą się do tych części sfery, które ani wschodzą, ani zachodzą.

GODZINY ORAZ CZĘŚCI DNIA I NOCY *rozdział VIII*

Z powyższego jasno więc wynika, że jeżeli różnicę dni, wskazaną w tablicy dla deklinacji Słońca pod odpowiednią wysokością bieguna, dodamy do ćwiartki koła przy deklinacji północnej lub odejmiemy od niej przy deklinacji południowej i uzyskany wynik podwoimy, to otrzymamy długość danego dnia, a reszta okręgu koła da długość nocy. Każda z tych długości, podzielona przez 15 czasostopni, pokaże, ile zawiera godzin równych. Wziąwszy natomiast dwunastą część, otrzymamy długość godziny sezonowej, i te to właśnie godziny przybierają nazwę od swego dnia, którego są zawsze dwunastymi częściami. Stąd znajdujemy u starożytnych godziny nazwane letnimi, równonocnymi i zimowymi. I pierwotnie nie było nawet w użyciu innych godzin poza tymi dwunastoma od świtu do zmierzchu, noc jednakowoż dzielono na cztery wigilie, czyli straże. I taka rachuba godzin utrzymała się przez długi czas za milczącą zgodą wszystkich narodów i przez wzgląd na nią wynaleziono klepsydry, za pomocą których przez ujmowanie i dodawanie sączącej się kroplami wody regulowano godziny stosownie do różnej długości dni, ażeby nawet przy pochmurnym niebie był wiadomy podział czasu. Potem zaś, odkąd zostały powszechnie przyjęte, jako wygodniejsze w zastosowaniu, godziny równe i wspólne dla czasu dziennego i nocnego, owe godziny sezonowe uległy takiemu przedawnieniu, że jeżeliby się kogoś z ludu spytać, co to jest pierwsza godzina dnia, albo trzecia, albo szósta, albo dziewiąta lub jedenasta, to nie wiedziałby, co odpowiedzieć, albo odpowiedziałby w każdym razie coś nie mającego z tym żadnego związku. Zresztą samą także rachubę równych godzin jedni rozpoczynają od południa, inni do zachodu, jeszcze inni od północy, a niektórzy od wschodu Słońca, zależnie od ustalonego w każdym państwie zwyczaju.

WZNOSZENIE UKOŚNE PUNKTÓW ZODIAKU ORAZ SPOSÓB WYZNACZANIA STOPNIA KULMINUJĄCEGO DLA DOWOLNEGO STOPNIA WSCHODZĄCEGO *rozdział IX*

Tak więc po przedstawieniu długości i nierówności dni i nocy przypada stosowna kolej na wykład o wznoszeniach ukośnych, czyli o okresach czasu, w ciągu których wznoszą się dodekatemoria, to jest dwunaste części zodiaku, albo jakiekolwiek inne jego łuki: nie ma bowiem innych różnic między wznoszeniem prostym i ukośnym poza tymi, jakie zachodzą między dniem równonocnym a różnym od niego, a jakie już wyłożyłem. Dodajmy, że te dodekatemoria, poczynając od równonocy wiosennej, określono zapożyczonymi od gwiazd stałych nazwami istot żyjących, a mianowicie Baranem, Bykiem, Bliźniętami, Rakiem, i tak wszystkie inne, jak idą kolejno po sobie.



Nakreśliwszy więc znowu dla większej przejrzystości koło południka *ABCD* wraz z półkolem równika *AEC* i horyzontem *BED*, przecinającymi się w punkcie *E*, przyjmijmy teraz w *H* punkt równonocy, a przechodzący przez niego zodiak *FHI* niech przetnie horyzont w punkcie *L*, przez które to przecięcie przeprowadźmy od bieguna równika *K* ćwiartkę wielkiego koła *KLM*. Wówczas jest zupełnie oczywiste, że łuk zodiaku *HL* wznosi się z łukiem *HE* równika, w sferze natomiast prostej wznosił się on z łukiem *HEM*. Różnicą między nimi jest łuk *EM*, który — jak przedtem wykazałem — jest połową różnicy między dniem równonocnym a różnym od niego: lecz tam była ona przy deklinacji północnej dodawana, tu zaś ją się odejmuje, i odwrotnie, przy deklinacji południowej, dla otrzymania wznoszenia ukośnego, dodaje się ją do wznoszenia prostego. A stąd z policzonych od początku aż do końca wznoszeń stanie się widoczne, jak długo wschodzi cały znak czy inny łuk zodiaku.

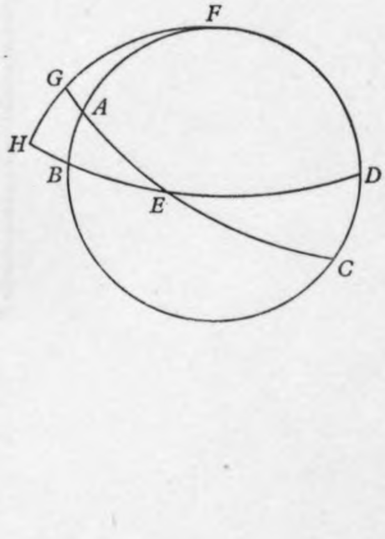
Z tego wynika, że gdy dany będzie jakiś wschodzący stopień zodiaku, liczony od równonocy, dany jest również jego stopień kulminujący. Gdy bowiem dane będą: deklinacja punktu wschodzącego *L* z odległości *HL* od równonocy i jego rektascenzja *HEM* oraz cały łuk półdzienny *AHEM*, to dana jest również ich różnica *AH*, to jest rektascenzja łuku *FH*, który też jest dany bądź z tablicy, bądź to stąd, że w trójkącie *AFH* dany jest kąt przecięcia *AHF* wraz z bokiem *AH*, a kąt *FAH* jest prosty. A zatem cały łuk *FHL* zodiaku między wschodzącym i kulminującym stopniem jest dany.

I na odwrót, jeżeli najpierw będzie dany stopień kulminujący, a mianowicie łuk *FH*, będziemy znali także stopień wschodzący; znajdziemy bowiem deklinację *AF*, a dzięki kątowi nachylenia sfery także łuk *AFB* i ich różnicę *FB*. W trójkącie zaś *BFL* kąt *BFL* jest dany z powyższych danych, jak też kąt prosty *FBL* z bokiem *FB*; dany więc jest i szukany bok *FHL*. Albo i w inny jeszcze sposób, jak niżej.

KĄT PRZECIĘCIA ZODIAKU Z HORYZONTEM *rozdział X*

Poza tym zodiak, jako koło nachylone do osi sfery, tworzy rozmaite kąty z horyzontem. O tym bowiem, że dla mieszkańców międzyzwrotnikowych staje on dwa razy prostopadle do niego, powiedziałem już w związku z różnicami cieni. Sądzę zaś, że wystarczy mi wskazać na te tylko kąty, które mają znaczenie dla mieszkańców jednociennych, to jest dla nas, ażeby z nich łatwo poznać ogólny ich system.

A zatem to, że na sferze ukośnej przy wschodzie punktu równonocnego, czyli początku Barana, zodiak o tyle bardziej się nachyla i skłania do horyzontu, ile mu do tego przyczynia największa jego deklinacja południowa, która przypada na kulminujący wówczas początek Koziorożca, i że odwrotnie, zodiak bardziej się wznosi i tworzy większy kąt na wschodzie, kiedy wschodzi początek Wagi, a kulminuje początek Raka, uważam za wystarczająco jasne, ponieważ te trzy koła — równik, zodiak i horyzont, mając ten sam wspólny punkt przecięcia, schodzą się na biegunach południka, którego łuki, zawarte między owymi kołami, pozwalają określić, jak wielki jest ów kąt na wschodzie.



Aby zaś jasna była też metoda określania jego wymiaru także dla wszystkich innych części zodiaku, niech znowu *ABCD* będzie kołem południka, *BED* połową horyzontu, *AEC* zaś połową zodiaku, którego dowolny stopień niech wschodzi w punkcie *E*. Zadaniem naszym jest znaleźć wielkość kąta *AEB* w stopniach, jakich cztery kąty proste zawierają 360. Skoro zatem dany jest wschodzący punkt *E*, to dany jest również z poprzednich dowodzeń punkt kulminujący oraz łuk *AE*. A ponieważ kąt *ABE* jest prosty, dany jest stosunek cięciwy dwukrotności łuku *AE* do cięciwy dwukrotności łuku *AB* jako równy stosunkowi średnicy sfery do cięciwy dwukrotności łuku mierzącego kąt *AEB*: a więc dany jest także sam kąt *AEB*.

Jeżeli zaś będzie dany stopień nie punktu wschodzącego, lecz kulminującego, którym niech będzie *A*, to niemniej jednak ów kąt na wschodzie zostanie zmierzony. Przyjąwszy bowiem biegun w punkcie *E*, wykreślmy ćwiartkę wielkiego koła *FGH* i uzupełnijmy ćwiartki *EAG* i *EBH*. Ponieważ tedy dana jest wysokość południkowa *AB* i jej reszta do ćwiartki *AF*, z poprzednich zaś dowodzeń również kąt *FAG*, a kąt *FGA* jest prosty, przeto dany jest łuk *FG* i jego dopełnienie *GH*, którym się mierzy poszukiwany kąt na wschodzie.

Stąd także i tu jest rzeczą jasną, w jaki sposób dla stopnia kulminującego dany jest stopień wschodzący: a to dzięki temu, że cięciwa dwukrotności łuku *GH* tak się ma do cięciwy dwukrotności łuku *AB*, jak średnica do cięciwy dwukrotności łuku *AE*, jak to jest w trójkątach sferycznych.

Dla tych również elementów sporządziłem trzy wzory tablic. Pierwsza, biorąca początek od Barana i postępująca co sześć stopni zodiaku, obejmie wznoszenia na sferze prostej. Druga, również z postępem co sześć stopni, jest tablicą wznoszeń na sferze ukośnej, począwszy od równoleżnika, którego biegun ma wysokość 39 stopni, a kończąc na tym, który ma 57 stopni, przy czym pośrednie równoleżniki wzrastają co trzy stopnie. Ostatnia wreszcie tablica zawiera kąty przecięcia z horyzontem, również co sześć stopni, w takich samych siedmiu kolumnach. A to wszystko obliczono dla najmniejszego nachylenia zodiaku, które wynosi 23 stopnie i 28 minut i odpowiada mniej więcej naszym czasom.

TABLICA WZNOSZEŃ ZNAKÓW ZWIERZYŃCOWYCH W OBROCIE SFERY PROSTEJ

Zodiak		Wznoszenia		Różnica dla 1 stopnia		Zodiak		Wznoszenia		Różnica dla 1 stopnia	
Znak	Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Znak	Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
♈	6	5	30	0	55	♎	6	185	30	0	55
	12	11	0	0	55		12	191	0	0	55
	18	16	34	0	56		18	196	34	0	56
	24	22	10	0	56		24	202	10	0	56
	30	27	54	0	57		30	207	54	0	57
♉	6	33	43	0	58	♏	6	213	43	0	58
	12	39	35	0	59		12	219	35	0	59
	18	45	32	1	0		18	225	32	1	0
	24	51	37	1	1		24	231	37	1	1
	30	57	48	1	2		30	237	48	1	2
♊	6	64	6	1	3	♐	6	244	6	1	3
	12	70	29	1	4		12	250	29	1	4
	18	76	57	1	5		18	256	57	1	5
	24	83	27	1	5		24	263	27	1	5
	30	90	0	1	5		30	270	0	1	5
♋	6	96	33	1	5	♑	6	276	33	1	5
	12	103	3	1	5		12	283	3	1	5
	18	109	31	1	5		18	289	31	1	5
	24	115	54	1	4		24	295	54	1	4
	30	122	12	1	3		30	302	12	1	3
♌	6	128	23	1	2	♒	6	308	23	1	2
	12	134	28	1	1		12	314	28	1	1
	18	140	25	1	0		18	320	25	1	0
	24	146	17	0	59		24	326	17	0	59
	30	152	6	0	58		30	332	6	0	58
♍	6	157	50	0	57	♓	6	337	50	0	57
	12	163	26	0	56		12	343	26	0	56
	18	169	0	0	56		18	349	0	0	56
	24	174	30	0	55		24	354	30	0	55
	30	180	0	0	55		30	360	0	0	55

TABLICA WZNOSZEŃ NA SFERZE UKOŚNEJ ×

Zodiak		Wysokość bieguna													
		39		42		45		48		51		54		57	
		Wznoszenia		Wznoszenia		Wznoszenia		Wznoszenia		Wznoszenia		Wznoszenia		Wznoszenia	
Znak	Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
♈	6	3	34	3	20	3	6	2	50	2	32	2	12	1	49
	12	7	10	6	44	6	15	5	44	5	8	4	27	3	40
	18	10	50	10	10	9	27	8	39	7	47	6	44	5	34
	24	14	32	13	39	12	43	11	40	10	28	9	7	7	32
	30	18	26	17	21	16	11	14	51	13	26	11	40	9	40
♉	6	22	30	21	12	19	46	18	14	16	25	14	22	11	57
	12	26	39	25	10	23	32	21	42	19	38	17	13	14	23
	18	31	0	29	20	27	29	25	24	23	2	20	17	17	2
	24	35	38	33	47	31	43	29	25	26	47	23	42	20	2
	30	40	30	38	30	36	15	33	41	30	49	27	26	23	22
♊	6	45	39	43	31	41	7	38	23	35	15	31	34	27	7
	12	51	8	48	52	46	20	43	27	40	8	36	13	31	26
	18	56	56	54	35	51	56	48	56	45	28	41	22	36	20
	24	63	0	60	36	57	54	54	49	51	15	47	1	41	49
	30	69	25	66	59	64	16	61	10	57	34	53	28	48	2
♋	6	76	6	73	42	71	0	67	55	64	21	60	7	54	55
	12	83	2	80	41	78	2	75	2	71	34	67	28	62	26
	18	90	10	87	54	85	22	82	29	79	10	75	15	70	28
	24	97	27	95	19	92	55	90	11	87	3	83	22	78	55
	30	104	54	102	54	100	39	98	5	13	13	91	50	87	46
♌	6	112	24	110	33	108	30	106	11	103	33	100	28	96	48
	12	119	56	118	16	116	25	114	20	111	58	109	13	105	58
	18	127	29	126	0	124	23	122	32	120	28	118	3	115	13
	24	135	4	133	46	132	21	130	48	128	59	126	56	124	31
	30	142	38	141	33	140	23	139	3	137	38	135	52	133	52
♍	6	150	11	149	19	148	23	147	20	146	8	144	47	143	12
	12	157	41	157	1	156	19	155	29	154	38	153	36	153	24
	18	165	7	164	40	164	12	163	41	163	5	162	24	162	47
	24	172	34	172	21	172	6	171	51	171	33	171	12	170	49
	30	180	0	180	0	180	0	180	0	180	0	180	0	180	0

TABLICA WZNOSZEŃ NA SFERZE UKOŚNEJ

Zodiak		Wysokość bieguna													
		39		42		45		48		51		54		57	
		Wznoszenia		Wznoszenia		Wznoszenia		Wznoszenia		Wznoszenia		Wznoszenia		Wznoszenia	
Znak	Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
♎	6	187	26	187	39	187	54	188	9	188	27	188	48	189	11
	12	194	53	195	19	195	48	196	19	196	55	197	36	198	23
	18	202	21	203	0	203	41	204	30	205	24	206	25	207	36
	24	209	49	210	41	211	37	212	40	213	52	215	13	216	48
	30	217	22	218	27	219	37	220	57	222	22	224	8	226	8
♏	6	224	56	226	14	227	38	229	12	231	1	233	4	235	29
	12	232	31	234	0	235	37	237	28	239	32	241	57	244	47
	18	240	4	241	44	243	35	245	40	248	2	250	47	254	2
	24	247	36	249	27	251	30	253	49	256	27	259	32	263	12
	30	255	6	257	6	259	21	261	52	264	47	268	10	272	14
♐	6	262	33	264	41	267	5	269	49	272	57	276	38	281	5
	12	269	50	272	6	274	38	277	31	280	50	284	45	289	32
	18	276	58	279	19	281	58	284	58	288	26	292	32	297	34
	24	283	54	286	18	289	0	292	5	295	39	299	53	305	5
	30	290	35	293	1	295	45	298	50	302	26	306	42	311	58
♑	6	297	0	299	24	302	6	305	11	308	45	312	59	318	11
	12	303	4	305	25	308	4	311	4	314	32	318	38	323	40
	18	308	52	311	8	313	40	316	33	319	52	323	47	328	34
	24	314	21	316	29	318	53	321	37	324	45	328	26	332	53
	30	319	30	321	30	323	45	326	19	329	11	332	34	336	38
♒	6	324	21	326	13	328	16	330	35	333	13	336	18	339	58
	12	329	0	330	40	332	31	334	36	336	58	339	43	342	58
	18	333	21	334	50	336	27	338	18	340	22	342	47	345	37
	24	337	30	338	48	340	3	341	46	343	35	345	38	348	3
	30	341	34	342	39	343	49	345	9	346	34	348	20	350	20
♓	6	345	29	346	21	347	17	348	20	349	32	350	53	352	28
	12	349	11	349	51	350	33	351	21	352	14	353	16	354	26
	18	352	50	353	16	353	45	354	16	354	52	355	33	356	20
	24	356	26	356	40	356	23	357	10	357	53	357	48	358	11
	30	360	0	360	0	360	0	360	0	360	0	360	0	360	0

TABLICA KĄTÓW, KTÓRE ZODIAK TWORZY Z HORYZONTEM

Zodiak		Wysokość bieguna														Zodiak	
		39		42		45		48		51		54		57			
		Kąt		Kąt		Kąt		Kąt		Kąt		Kąt		Kąt			
Znak	Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Znak
♈	0	27	32	24	32	21	32	18	32	15	32	12	32	9	32	30	
	6	27	37	24	36	21	36	18	36	15	35	12	35	9	35	24	
	12	27	49	24	49	21	48	18	47	15	45	12	43	9	41	18	
	18	28	13	25	9	22	6	19	3	15	59	12	56	9	53	12	
	24	28	45	25	40	22	34	19	29	16	23	13	18	10	13	6	♓
	30	29	27	26	15	23	11	20	5	16	56	13	45	10	31	30	
♉	6	30	19	27	9	23	59	20	48	17	35	14	20	11	2	24	
	12	31	21	28	9	24	56	21	41	18	23	15	3	11	40	18	
	18	32	35	29	20	26	3	22	43	19	21	15	56	12	26	12	
	24	34	5	30	43	27	23	24	2	20	41	16	59	13	20	6	♒
	30	35	40	32	17	28	52	25	26	21	52	18	14	14	26	30	
♊	6	37	29	34	1	30	37	27	5	23	11	19	42	15	48	24	
	12	39	32	36	4	32	32	28	56	25	15	21	25	17	23	18	
	18	41	44	38	14	34	41	31	3	27	18	23	25	19	16	12	
	24	44	8	40	32	37	2	33	22	29	35	25	37	21	26	6	♑
	30	46	41	43	11	39	33	35	53	32	5	28	6	23	52	30	
♋	6	49	18	45	51	42	15	38	35	34	44	30	50	26	36	24	
	12	52	3	48	34	45	0	41	8	37	55	33	43	29	34	18	
	18	54	44	51	20	47	48	44	13	40	31	36	40	32	39	12	
	24	57	30	54	5	50	38	47	6	43	33	39	43	35	50	6	♐
	30	60	4	56	42	53	22	49	54	46	21	42	43	38	56	30	
♌	6	62	40	59	27	56	0	52	34	49	9	45	37	41	57	24	
	12	64	59	61	44	58	26	55	7	51	46	48	19	44	48	18	
	18	67	7	63	56	60	20	57	26	54	6	50	47	47	24	12	
	24	68	59	65	52	62	42	59	30	56	17	53	7	49	47	6	♏
	30	70	38	67	27	64	18	61	17	58	9	54	58	52	38	30	
♍	6	72	0	68	63	65	51	62	46	59	37	56	27	53	16	24	
	12	73	4	70	2	66	59	63	56	60	53	57	50	54	46	18	
	18	73	51	70	50	67	49	64	48	61	46	58	45	55	44	12	
	24	74	19	71	20	68	20	65	19	62	18	59	17	56	16	6	
	30	74	28	71	28	68	28	65	28	62	28	59	28	56	28	0	♎

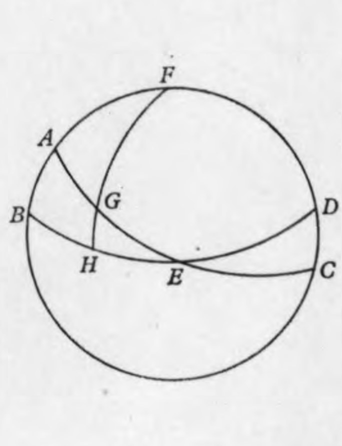
PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIE TYCH TABLIC *rozdział XI*

Praktyczne zaś zastosowanie tablic widoczne jest już z powyższych wywodów. Jeżeli bowiem dla znanego stopnia Słońca weźmiemy rektascenzję i dodamy do niej po piętnaście czasostopni za każdą równą godzinę, odrzuciwszy, jeżeli będą zbywać, 360 stopni pełnego koła, to ta reszta z rektascenzji wskaże dla danej godziny, liczonej od południa, kulminujący stopień zodiaku. Podobnie, jeżeli to samo uczyni się ze wznoszeniem ukośnym dla swojej szerokości geograficznej, otrzyma się stopień zodiaku wschodzący w danej godzinie, liczonej od wschodu Słońca. Również dla wszelkich gwiazd, które leżą poza kołem znaków zwierzyńcowych, lecz których rektascenzja — jak to wyżej pokazałem — byłaby znana, dane są z tych tablic stopnie zodiaku, które przy tej samej rektascenzji, liczonej od początku Barana, wraz z nimi kulminują, jaki zaś stopień zodiaku razem z nimi wschodzi, poznaje się z ich wznoszenia ukośnego podług tego, jak wznoszenia i stopnie zodiaku wypadają z odpowiedniej pozycji tablic. W podobny sposób, lecz zawsze za pośrednictwem miejsca przeciwległego, będzie się postępować przy zachodzie. Ponadto, jeżeli do rektascenzji, która kulminuje, dodaje się ćwiartkę koła, to uzyskana stąd suma jest wznoszeniem ukośnym punktu wschodzącego. Toteż ze stopnia kulminującego dany jest również stopień wschodzący, i na odwrót.

Z kolei idzie tablica kątów zodiaku z horyzontem, które się odczytuje za pośrednictwem wschodzącego stopnia zodiaku, a z których również poznaje się, jak wysoko się wznosi nad horyzont dziewięćdziesiąty stopień zodiaku, czego znajomość ogromnie jest potrzebna przy zaćmieniach słonecznych.

KĄTY I ŁUKI KÓŁ, KTÓRE PRZECHODZĄC PRZEZ BIEGUNY HORYZONTU PRZECINAJĄ SIĘ Z TYMŻE KOŁEM ZNAKÓW ZWIERZYŃCOWYCH *rozdział XII*

Z kolei wypada mi przedstawić system kątów i łuków, które powstają przy przecięciach zodiaku z kołami przechodzącymi przez zenit horyzontu, a na których mierzona jest wysokość nad horyzontem. Lecz o południkowej wysokości Słońca lub jakiegokolwiek kulminującego stopnia zodiaku oraz o kącie jego przecięcia się z południkiem zostało już powiedziane wyżej, ponieważ i sam południk jest jednym z kół, które przechodzą przez zenit horyzontu. Również już przedtem była mowa o kącie wschodnim, którego uzupełnieniem do kąta prostego jest kąt, jaki tworzy ćwiartka koła przechodzącego przez zenit horyzontu ze wschodzącym zodiakiem.



Pozostaje więc jeszcze rozpatrzyć przecięcia pośrednie, nakreśliwszy ponownie poprzednią figurę, mianowicie koła południka z półkolami zodiaku i horyzontu. Weźmy tedy dowolny punkt zodiaku między południem i wschodem lub zachodem i niech to będzie punkt *G*, przez który poprowadźmy od bieguna horyzontu *F* ćwiartkę koła *FGH*. Ponieważ z danej godziny dany jest cały łuk *AGE* zodiaku między południkiem i horyzontem, a z założenia łuk *AG*, podobnie jak dzięki danej wysokości południkowej *AB* dany jest i łuk *AF* wraz z samym kątem południkowym *FAG*, przeto na mocy dowiedzionych twierdzeń geometrii sferycznej, dany jest także łuk *FG* oraz jego dopełnienie *GH*, czyli wysokość punktu *G*, wraz z kątem *FGA*, których właśnie szukaliśmy.

Powyższe wywody o kątach i przecięciach zachodzących przy zodiaku zaczerpnąłem w skrócie od Ptolemeusza, odwołując się do ogólnej nauki o trójkątach sferycznych, w której jeżeli ktoś zechce się zaprawić, będzie mógł samodzielnie znaleźć więcej jeszcze pożytecznych zastosowań poza tymi, jakie przed chwilą przykładowo przedstawiłem.

WSCHÓD I ZACHÓD GWIAZD *rozdział XIII*

Od dziennego również obrotu zdają się zależeć wschody i zachody gwiazd, i to nie tylko te zwyczajne, o których dopiero co mówiłem, lecz także te ich rodzaje, od których pochodzą gwiazdy poranne i wieczorne; a jakkolwiek pozostają one w związku z obiegiem rocznym, stosowniej jednak będzie w tym tutaj miejscu o nich powiedzieć. Dawni astronomowie odróżniają prawdziwe wschody i zachody od widomych. Spośród prawdziwych mianowicie poranny wschód gwiazdy jest wtenczas, kiedy wschodzi ona jednocześnie ze Słońcem, a zachód poranny jest wtedy, gdy gwiazda zachodzi wraz ze wschodem Słońca, i taką gwiazdę nazywano w tym całym pośrednim czasie poranną. Wieczorny natomiast wschód jest wówczas, kiedy gwiazda wschodzi wraz z zachodem Słońca, a zachód wieczorny znowu, gdy gwiazda zachodzi razem z zachodzącym Słońcem, i taka gwiazda nazywa się w tym również pośrednim czasie wieczorną, jako że w ciągu dnia się ukrywa, podczas gdy tamta zapadła się w nocy. Spośród widomych zaś wtedy jest wschód gwiazdy poranny, kiedy już o brzasku i przed wschodem Słońca wynurza się ona po raz pierwszy i zaczyna się pokazywać, a zachód jest ten poranny, podczas którego gwiazda zdaje się zachodzić tuż przed mającym wzejść Słońcem. Wieczorny wschód jest wówczas, gdy gwiazda zdaje się wschodzić dopiero o zmierzchu, a zachód znowu wieczorny, kiedy po zachodzie Słońca gwiazda przestaje już być dłużej widoczna i w dalszym ciągu z nadejściem Słońca się ukrywa, aż przy porannym wschodzie oboje się przeniosą do pierwszego układu.

W ten sam sposób mają się te rzeczy u gwiazd stałych, jak też u planet Saturna, Jowisza i Marsa. Natomiast Wenus i Merkury inne mają wschody i zachody, ani bowiem nie ogarnia ich, jak tamte, wyprzedzające je nadejście Słońca, ani też nie stają się widoczne z jego odejściem, lecz wyprzedzając Słońce w blasku jego się pogrążają i z niego się wymykają. Tamte, mając wieczorny wschód i poranny zachód, nie są bynajmniej niewidoczne, i owszem, przez całą prawie noc świecą swym blaskiem, a te od zachodu aż do wschodu bez przerwy się ukrywają i nigdzie ich dojrzeć nie można. Jest i inna jeszcze różnica, a mianowicie ta, że u tamtych prawdziwe wschody i zachody poranne są wcześniejsze od widomych, wieczorne zaś późniejsze, jako że poranne wyprzedzają wschód Słońca, a wieczorne następują po jego zachodzie. U dolnych natomiast planet widome wschody, tak poranne jak wieczorne, późniejsze są od prawdziwych, a zachody znowu wcześniejsze.

Sposób zaś, w jaki się je rozpoznaje, można pojąć z poprzedniego wykładu, gdzie mówiłem o wznoszeniu ukośnym dowolnej gwiazdy, której położenie jest znane, oraz o tym, z jakim stopniem zodiaku wschodzi ona lub zachodzi: otóż jeżeli na tym właśnie stopniu albo wprost jemu przeciwnym ukaże się wtedy Słońce, to gwiazda dokona prawdziwego wschodu lub zachodu, porannego albo wieczornego. Od nich różnią się widome odpowiednio do jasności i wielkości każdej gwiazdy, jako że te, które błyszczą silniejszym światłem, krócej się kryją w promieniach słonecznych niż te, które są mniej jasne. Granice zaś niewidoczności i widoczności określa się za pomocą leżących pod Ziemią między horyzontem a Słońcem łuków kół, które przechodzą przez bieguny tego horyzontu. Dla gwiazd stałych pierwszej wielkości wynoszą one prawie 12 stopni, dla Saturna 11, Jowisza 10, Marsa 11 i pół, dla Wenus 5 i Merkurego 10. Cały zaś ten odcinek, na przestrzeni którego reszta dziennego światła ustępuje przed nocą, a który obejmuje sobą zmierzch lub świt, wynosi 18 stopni wspomnianego już koła, i gdy o tę ilość stopni Słońce się zanurzy pod horyzont, mniejsze również gwiazdy zaczynają być widoczne. Niektórzy przyjmują, że na tej właśnie odległości leży pod horyzontem ów ziemski równoleżnik, z dotknięciem którego przez Słońce ma dnieć lub pełna noc zapadać. Gdy więc będziemy wiedzieli, z jakim stopniem zodiaku gwiazda wschodzi lub zachodzi, i będziemy znali kąt przecięcia samego zodiaku w tymże punkcie z horyzontem, to jeżeli wtedy również znajdziemy między wschodzącym stopniem i Słońcem tyle stopni zodiaku, ile by ich wystarczyło, by depresja Słońca pod horyzontem odpowiadała granicom właściwym dla danej gwiazdy, powiemy, że jest to początek jej ukazania się lub zniknienia. To zaś, co w poprzednim wykładzie powiedziałem o wysokości Słońca nad Ziemią, pod każdym względem odnosi się również do jego zejścia pod Ziemię, w niczym bowiem innym nie ma różnicy jak tylko w położeniu, i jak to, co zachodzi na półkuli widzialnej, wschodzi na niewidzialnej, tak i wszystko ma się odwrotnie i łatwe jest do zrozumienia. Dlatego niech wystarczy to, co zostało powiedziane o wschodzie i zachodzie gwiazd, a raczej o obrocie dziennym globu ziemskiego.

OKREŚLENIE POŁOŻENIA GWIAZD I OPIS KATALOGU GWIAZD STAŁYCH *rozdział XIV*

Po przedstawieniu dziennego obrotu globu ziemskiego oraz wynikających z niego następstw wypadałoby już z kolei wyjaśnić obieg roczny. Skoro jednak niektórzy ze starożytnych astronomów uważali, że zjawiska gwiazd stałych, jako podstawy tej nauki, stanowią jej część wstępną, uznałem za konieczne przyłączyć się do tego zdania dlatego, że do zasadniczych założeń przyjąłem to, iż sfera gwiazd stałych jest całkiem nieruchoma i że do niej się sprowadzają w jednaki sposób nieregularności wszystkich gwiazd błędnych.

Aby zaś nikogo to nie dziwiło, dlaczego taką przyjąłem kolejność rzeczy, podczas gdy Ptolemeusz w swojej *Wielkiej konstrukcji* wyraził zdanie, że wyjaśnienie gwiazd stałych jest niemożliwe, jeżeli nie poprzedzą go wiadomości o Słońcu i Księżycu, i z tego powodu uznał za konieczne odłożyć zagadnienia dotyczące gwiazd stałych aż tak dalece, uważam, że należy z tym poglądem się rozprawić. Jeżeli bowiem ma się na myśli liczby, w jakich się wyraża widomy ruch Księżyca i Słońca, to twierdzenie owo może się i utrzyma, gdyż i geometra Menelaus określił liczbowo większość gwiazd i ich położenia za pomocą koniunkcji księżycowych. O wiele lepszy jednak rezultat otrzymamy, jeżeli uchwycimy dowolną gwiazdę za pośrednictwem dokładnie za pomocą przyrządów zaobserwowanych położeń Słońca i Księżyca, jak to niebawem pokażę. Przestrogi nam również udziela daremny wysiłek tych, którzy sądzili, że długość roku słonecznego należy określać po prostu z równonocy lub przesileń Słońca, a nie również z gwiazd stałych, w czym aż do naszych czasów tak dalece nie udało się im nigdy osiągnąć zgody, że pod żadnym innym względem nie było większej rozbieżności. Zwrócił na to uwagę Ptolemeusz, który, obliczywszy dla swojej epoki rok słoneczny i podejrzewając w nim błąd, mogący z czasem się ujawnić, wezwał potomnych, aby starali się nadal o większą w tej sprawie dokładność. Wydało mi się więc warte zachodu pokazać w tej księdze, w jaki sposób określa się za pomocą przyrządów położenia Słońca i Księżyca, to jest wielkość ich odległości od równonocy wiosennej lub od innych głównych punktów świata, co w następstwie takim się okaże dla nas ułatwieniem w badaniu innych ciał niebieskich, że dzięki niemu będziemy mogli również rozwinąć przed oczyma konstelacjami przetykaną sferę gwiazd stałych i naszkicować jej obraz.

Za pomocą zaś jakich przyrządów określa się rozstęp zwrotników, pochyłość zodiaku i nachylenie sfery, czyli wysokość bieguna równika, zostało już wyżej podane. W ten sam sposób możemy otrzymać każdą inną dowolną wysokość Słońca w południe. Wysokość ta pokaże nam z różnicy między nią a nachyleniem sfery, jaka jest deklinacja Słońca od równika, a z tej znowu deklinacji stanie się również wiadome jego położenie w samo południe, liczone od równonocy lub przesilenia. A mianowicie, Słońce w ciągu 24 godzin zdaje się przebiegać prawie jeden stopień, na jedną więc godzinę przypada proporcjonalnie 2 i pół minuty, skąd łatwo będzie wyliczyć jego położenie dla każdej innej dowolnie wziętej godziny.

Natomiast dla obserwacji położeń Księżyca i gwiazd buduje się inny przyrząd, który Ptolemeusz nazywa astrolabium. Sporządźmy mianowicie dwa koła, to jest takie czworograniaste obręcze kół, aby płaskimi ścianami, czyli szczękami, przecinały powierzchnię wklęsłą i wypukłą pod kątami prostymi i były pod każdym względem równe sobie i podobne i o odpowiednich wymiarach, po to oczywiście, ażeby przez zbytnią wielkość nie stały się mniej poręczne, jakkolwiek skądinąd duży rozmiar pozwala lepiej niż szczupły na naniesienie podziałki. Szerokość zaś ich i grubość niech wynoszą przynajmniej trzydziestą część średnicy. Połączymy je tedy z sobą i spoimy pod kątem prostym i z tak wzajemnie dopasowanymi ścianami wklęsłymi i wypukłymi, jak na powierzchni kulistej jednego globu. Jedna zaś z tych obręczy niech pełni funkcję koła znaków zwierzyńcowych, druga natomiast tego koła, które przechodzi przez oba bieguny, to jest równika i zodiaku. Owo zatem koło znaków zwierzyńcowych należy na bokach podzielić, jak zwykle, na 360 równych części, a te znowu na dalsze odpowiednio do wielkości przestrzennej przyrządu. Na drugim również kole zaznaczmy — przez odmierzenie od zodiaku ćwiartek koła — bieguny samego zodiaku, a w odpowiadającej nachyleniu zodiaku odległości od nich oznaczmy także bieguny równika.

Po takim przysposobieniu tych kół sporządźmy dwa inne, mające przechodzić przez te same bieguny tak skonstruowanego zodiaku, na których jedno będzie się obracać zewnątrz, a drugie wewnątrz. Grubość między dwiema płaskimi ścianami niech mają jednakową, a szerokość szczęk podobną do szerokości tamtych, i niech tak będą dopasowane, ażeby powierzchnia wklęsła większego dotykała wszędzie wypukłej powierzchni zodiaku, a wypukła mniejszego – wklęsłej, i żeby jednak ich obrót nie doznawał przeszkody, lecz aby pozwalały przechodzić gładko i swobodnie zarówno samemu zodiakowi wraz z jego południkiem, jak też samym sobie nawzajem. Te zatem koła przedziurawimy starannie w owych biegunach zodiaku wzdłuż średnicy i przetkniemy osiami, na których by się z sobą trzymały i obracały. Wewnętrzne koło również niech się dzieli na 360 równych części tak, ażeby w poszczególnych ćwiartkach wypadało na biegunach dziewięćdziesiąt.

Ponadto w wewnętrznym jego obwodzie należy umieścić inne jeszcze — a więc już piąte — koło, dające się obracać w tej samej płaszczyźnie, z przytwierdzonymi do jego szczęk urządzeniami, składającymi się z diametralnie rozmieszczonych występów wodzących oraz z otworów świetlnych, czyli przezierników, przez które by światło gwiazdy mogło wpadać i wychodzić, jak to jest normalnie w dioptrze, wzdłuż samej średnicy koła, do którego również niech będą przymocowane na obu krańcach pewne barierki, to jest wskaźniki liczb do odczytywania szerokości na otaczającym kole. Wreszcie należy dodać i szóste koło, które by obejmowało całe astrolabium i utrzymywało je w zawieszeniu na czopach biegunów równika, samo zaś spoczywało na jakiejś kolumience i w oparciu o nią trzymało się prostopadle do płaszczyzny horyzontu, przy czym, mając również bieguny ustawione odpowiednio do nachylenia sfery, niech zachowuje swój południk w położeniu podobnym do naturalnego i niech się wcale od niego nie odchyla.

Kiedy więc, mając tak przygotowany przyrząd, zechcemy określić położenie jakiejś gwiazdy, to pod wieczór lub tuż przed zachodem słońca i w tym czasie, gdy również Księżyc jest dla nas widoczny, nastawimy zewnętrzne koło na ten stopień zodiaku, w którym według poprzednio uzyskanych wiadomości znajdziemy wtedy Słońce, i będziemy obracać przecięcie kół do samego Słońca dotąd, aż każde z nich, to jest zodiak i owo zewnętrzne koło przechodzące przez jego bieguny, równomiernie przesłoni samo siebie. Wtedy również wewnętrzne koło naprowadzamy na Księżyc i przyłożywszy oko do jego płaszczyzny tam, gdzie zobaczymy z przeciwnej strony Księżyc, jakby tą płaszczyzną przecięty, zaznaczymy miejsce na zodiaku przyrządu: to bowiem będzie wtedy właśnie położeniem Księżyca widzianym w długości. Bez niego zaś nie byłoby sposobu określenia położeń gwiazd, gdyż on tylko jeden ze wszystkich ciał niebieskich jest towarzyszem dnia i nocy. Następnie, kiedy z zapadnięciem nocy można już zobaczyć gwiazdę, której położenia szukamy, naprowadzamy na miejsce Księżyca zewnętrzne koło, przez co nastawiamy położenie astrolabium według miejsca samego Księżyca tak, jak to robiliśmy ze Słońcem. Wtedy również wewnętrzne koło kierujemy na gwiazdę tak, aż się będzie zdawało, że dotyka płaszczyzny koła, i będzie widoczna przez przezierniki, umieszczone na małym, wewnętrznym pierścieniu. W ten bowiem sposób wraz z szerokością będziemy mieli wiadomą też długość gwiazdy. Podczas tej czynności naocznie się zobaczy, jaki stopień zodiaku góruje, i stąd też wyraźnie będzie wiadome, w jakich godzinach odbyła się sama obserwacja.

I tak na przykład Ptolemeusz, gdy w drugim roku panowania cesarza Antonina Piusa, dziewiątego dnia Pharmuti, ósmego miesiąca Egipcjan, chciał zaobserwować w Aleksandrii około zachodu Słońca położenie gwiazdy znajdującej się na piersi Lwa i zwanej Bazyliszkiem lub Regulusem, nastawiwszy na zachodzące już Słońce astrolabium, po upływie pięciu godzin równikowych od południa, gdy Słońce znajdowało się na 3 i jednej dwudziestej czwartej części stopnia Ryb, stwierdził przez naprowadzenie wewnętrznego koła, że Księżyc zdąża za Słońcem w odległości 92 i jednej ósmej stopnia, zgodnie z czym miejsce Księżyca zaobserwowane zostało wtedy na 5 i jednej szóstej stopnia Bliźniąt. W pół godziny zaś później, kiedy dochodziła już szósta godzina po południu i gwiazda już zaczynała być widoczna, a czwarty stopień Bliźniąt górował, skierował Ptolemeusz zewnętrzne koło przyrządu na ustalone już miejsce Księżyca, po czym, przesuwając wewnętrzne koło, określił odległość gwiazdy od Księżyca w kierunku sekwencji znaków zodiaku na 57 i jedną dziesiątą stopnia. Skoro więc Księżyc znajdował się od zachodzącego Słońca w odległości, jak zostało powiedziane, 92 i jednej ósmej stopnia, co określało jego położenie na 5 i jedną szóstą stopnia Bliźniąt, to powinien był w ciągu pół godziny przesunąć się o czwartą część stopnia, gdyż godzina drogi biegu księżycowego wynosi mniej więcej pół stopnia, jednakże wskutek odjemnej wtedy paralaksy Księżyca wypadała ona trochę mniejsza od ćwiartki stopnia, a mianowicie o około jedną dwunastą stopnia, i dlatego Księżyc musiał się znaleźć na 5 i jednej trzeciej stopnia Bliźniąt. Lecz kiedy zajmę się paralaksami księżycowymi, pokaże się, że różnica ta nie była tak duża, tak że mogło być wystarczająco jasne, iż widziane miejsce Księżyca przekraczało pięć stopni Bliźniąt więcej niż o jedną trzecią i ledwie mniej niż o dwie piąte stopnia, co po dodaniu 57 i jednej dziesiątej stopnia daje w sumie położenie gwiazdy na 2 i pół prawie stopniach Lwa, w odległości 32 i pół stopnia od letniego przesilenia Słońca przy szerokości północnej wynoszącej szóstą część stopnia. Takie było położenie Bazyliszka, przez które umożliwione zostało określenie i pozostałych gwiazd stałych. Tej zaś obserwacji dokonał Ptolemeusz dnia 24 lutego w 139 roku Chrystusa według rzymskiego kalendarza, a w pierwszym roku 229 Olimpiady.

Tak to ów najznakomitszy z astronomów określił, jakie położenie zajmowała w owym czasie każda gwiazda względem równonocy wiosennej, i opisał zarysy konstelacji niebieskich w kształcie istot żyjących. Dzięki temu niemałą okazał pomoc w tych moich badaniach i tyle mi zaoszczędził dosyć mozolnej pracy, że ja, który jestem zdania, iż nie miejsca gwiazd do równonocy, jako ulegających z czasem zmianie, lecz równonoce do sfery gwiazd stałych należy odnosić, łatwo mogę od jakiegokolwiek innego stałego punktu początkowego zacząć opis gwiazd, który postanowiłem rozpoczynać od Barana, jako pierwszego znaku, a mianowicie od pierwszej jego gwiazdy, znajdującej się na jego głowie, ażeby w ten sposób zawsze tę samą i niezmienną formę zachowały te ciała niebieskie, które jakby przytwierdzone i wzajemnie z sobą powiązane świecą na zajętym raz na zawsze miejscu. Zostały one zaś z godną podziwu starannością i bystrością podzielone przez starożytnych na 48 figur, z pominięciem tych gwiazd, które, poczynając mniej więcej od czwartej przez Rodos przechodzącej strefy, odcinało koło odgradzające zawsze niewidoczne ciała niebieskie i które przez to, jako im nieznane, pozostały nie powiązane w obrazy. Bo nie z innego też powodu, zdaniem Teona Młodszego, wyrażonym w Aratosowym opisie, gwiazdy zostały pogrupowane w wizerunki, jak tylko po to, aby można było tak wielkie ich mnóstwo rozpoznać częściami oraz, według starego dość zwyczaju, określić je obrazowo pewnymi nazwami, gdyż także u Hezjoda i Homera znajdujemy nazwy Plejad, Hyad, Arktura i Oriona. W określaniu więc gwiazd według długości nie będę się posługiwał dodekatemoriami, które biorą początek od równonocy i przesileń Słońca, lecz prostą i zwyczajną liczbą stopni, a w pozostałych szczegółach pójdę za Ptolemeuszem, z małymi wyjątkami, co do których się przekonałem, że albo są zniekształcone, albo jakoś inaczej się mają. Jak dalece zaś znana jest ich odległość od owych głównych punktów, wyłożę w następnej księdze.

KATALOGOWY OPIS KONSTELACJI I GWIAZD, POCZĄWSZY OD TYCH, KTÓRE SIĘ ZNAJDUJĄ NA PÓŁKULI PÓŁNOCNEJ

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość			Szerokość		Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
MAŁA NIEDŹWIEDZICA ALBO KYNOSURA (PSI OGON)						
Na końcu ogona	53	30	płn.	66	0	3
Następna na ogonie	55	50	płn.	70	0	4
U nasady ogona	69	20	płn.	74	0	4
Bardziej południowa na przednim boku czworokąta	83	0	płn.	75	20	4
Północna na tymże boku	87	0	płn.	77	40	4
Bardziej południowa z tych, które są na tylnym boku	100	30	płn.	72	40	2
Północna na tymże boku	109	30	płn.	74	50	2
Gwiazd siedem, z tego drugiej wielkości 2, trzeciej 1, czwartej 4.						
W pobliżu Kynosury nie objęta konstelacją, najbardziej południowa na prostym przedłużeniu tylnego boku	103	20	płn.	71	10	4
WIELKA NIEDŹWIEDZICA, ZWANA HELIKE (SPIRALA)						
Na końcu pyska	78	40	płn.	39	50	4
Pierwsza z dwóch na oczach	79	10	płn.	43	0	5
Następna za nią	79	40	płn.	43	0	5
Pierwsza z dwóch na czole	79	30	płn.	47	10	5
Następna na czole	81	0	płn.	47	0	5
Pierwsza na prawym uchu	81	30	płn.	50	30	5
Pierwsza z dwóch na szyi	85	50	płn.	43	50	4
Następna	92	50	płn.	44	20	4
Północna z dwóch na piersi	94	20	płn.	44	0	4
Bardziej południowa	93	20	płn.	42	0	4
Na lewym przednim kolanie	89	0	płn.	35	0	3
Północna z dwóch na lewej przedniej stopie	89	50	płn.	29	0	3
Bardziej południowa	88	40	płn.	28	30	3
Na prawym przednim kolanie	89	0	płn.	36	0	4
Pod samym kolanem	101	10	płn.	33	30	4
Na łopatce	104	0	płn.	49	0	2
Na podbrzuszu	105	30	płn.	44	30	2
U nasady ogona	116	30	płn.	51	0	3
Na lewym tylnym udzie	117	20	płn.	46	30	2
Pierwsza z dwóch na lewej tylnej stopie	106	0	płn.	29	38	3
Następna za nią	107	30	płn.	28	15	3
Na lewym podkolanku	115	0	płn.	35	15	4
Północna z dwóch, które są na prawej tylnej stopie	123	10	płn.	25	50	3
Bardziej południowa	123	40	płn.	25	0	3
Z trzech na ogonie pierwsza od nasady	125	30	płn.	53	30	2

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość Stopnie	Długość Minuty		Szerokość Stopnie	Szerokość Minuty	Wielkość
Środkowa z nich	131	20	płn.	55	40	2
Ostatnia, na samym końcu ogona	143	10	płn.	54	0	2
Gwiazd 27, z tego drugiej wielkości 6, trzeciej 8, czwartej 8, piątej 5.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Heliki						
Na południe od ogona	141	10	płn.	39	45	3
Poprzedzająca ją, mniej wyraźna	133	30	płn.	41	20	5
Między przednimi stopami Niedźwiedzicy a głową Lwa	98	20	płn.	17	15	4
Od niej bardziej północna	96	40	płn.	19	10	4
Ostatnia z trzech niewyraźnych	99	30	płn.	20	0	niewyraźna
Poprzedzająca ją	95	30	płn.	22	45	niewyraźna
Jeszcze bardziej wysunięta do przodu	94	30	płn.	23	15	niewyraźna
Między przednimi łapami a Bliźniętami	100	20	płn.	22	15	niewyraźna
Nie objętych konstelacją 8, z tego trzeciej wielkości 1, czwartej 2, piątej 1, niewyraźne 4.						
SMOK						
Na języku	200	0	płn.	76	30	4
W paszczy	215	10	płn.	78	30	4 większa
Nad okiem	216	30	płn.	75	40	3
Na szczęce	229	40	płn.	75	20	4
Nad głową	233	30	płn.	75	30	3
Północna na pierwszym skręcie szyi	258	40	płn.	82	20	4
Południowa z nich	295	50	płn.	78	15	4
Z tychże środkowa	262	10	płn.	80	20	4
Idąca za nimi od wschodu na drugim skręcie	282	50	płn.	81	10	4
Południowa na przednim boku czworokąta	331	20	płn.	81	40	4
Północna na tymże boku	343	50	płn.	83	0	4
Północna na tylnym boku	1	0	płn.	78	50	4
Południowa na tymże boku	346	10	płn.	77	50	4
Południowa w trójkącie na trzecim skręcie	4	0	płn.	80	30	4
Pierwsza z pozostałych w trójkącie	15	0	płn.	81	40	5
Następna	19	30	płn.	80	15	5
Jedna z trzech w trójkącie poprzedzającym tamten	66	20	płn.	83	30	4
Południowa z pozostałych w tymże trójkącie	43	40	płn.	83	30	4
Bardziej północna od dwóch poprzednich	35	10	płn.	84	50	4
Druga z dwóch małych za trójkątem	200	0	płn.	87	30	6
Pierwsza z nich	195	0	płn.	86	50	6
Południowa z trzech następnych w linii prostej	152	30	płn.	81	15	5
Środkowa z trzech	152	50	płn.	83	0	5

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość			Szerokość		Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Z nich bardziej północna	151	0	płn.	84	50	3
Bardziej północna z dwóch na zachód od tamtych	153	20	płn.	78	0	3
Bardziej południowa	156	30	płn.	74	40	4 większa
Stąd na zachód w zwoju ogona	156	0	płn.	70	0	3
Pierwsza z dwóch najbardziej oddalonych	120	40	płn.	64	40	4
Następna za nią	124	30	płn.	65	30	3
Następna na ogonie	192	30	płn.	61	15	3
Na samym końcu ogona	186	30	płn.	56	15	3
Z 31 zatem gwiazd trzeciej wielkości 8, czwartej 17, piątej 4, szóstej 2.						
CEFEUSZ						
Na prawej nodze	28	40	płn.	75	40	4
Na lewej nodze	26	20	płn.	64	15	4
Na prawym boku pod pasem	0	40	płn.	71	10	4
Dotykająca z góry prawego ramienia	340	0	płn.	69	0	3
Dotykająca prawego stawu biodra	332	40	płn.	72	0	4
Następna, dotykająca tego samego biodra	333	20	płn.	74	0	4
Na piersi	352	0	płn.	65	30	5
Na lewym przedramieniu	1	0	płn.	62	30	4 większa
Południowa z trzech na tiarze	339	40	płn.	60	15	5
Środkowa z nich	340	40	płn.	61	15	4
Północna z trzech	342	20	płn.	61	30	5
Gwiazd 11: trzeciej wielkości 1, czwartej 7, piątej 3.						
Z dwóch nie objętych konstelacją ta, która wyprzedza tiarę	337	0	płn.	64	0	5
Następna za nią	344	40	płn.	59	30	4
WOLARZ ALBO STRÓŻ NIEDŹWIEDZICY						
Pierwsza z trzech na lewej ręce	145	40	płn.	58	40	5
Środkowa z trzech, bardziej południowa	147	30	płn.	58	20	5
Ostatnia z trzech	149	0	płn.	60	10	5
Na lewym stawie biodra	143	0	płn.	54	40	5
Na lewym ramieniu	163	0	płn.	49	0	3
Na głowie	170	0	płn.	53	50	4 większa
Na prawym ramieniu	179	0	płn.	48	40	4
Bardziej południowa z dwóch na lasce pasterskiej	179	0	płn.	53	15	4
Bardziej północna na końcu laski	178	20	płn.	57	30	4
Północna z dwóch na oszczepie myśliwskim pod ramieniem	181	0	płn.	46	10	4 większa
Bardziej południowa z nich	181	50	płn.	45	30	5
Na końcu prawej ręki	181	35	płn.	41	20	5
Pierwsza z dwóch na dłoni	180	0	płn.	41	40	5

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Następna za nią	180	20	płn.	42	30	5
Na końcu rękojeści laski	181	0	płn.	40	20	5
Na prawym udzie	173	20	płn.	40	15	3
Druga z dwóch na pasie	169	0	płn.	41	40	4
Poprzedzająca ją	168	20	płn.	42	10	4 większa
Na prawej pięcie	178	40	płn.	28	0	3
Północna z trzech na lewej goleni	164	40	płn.	28	0	3
Środkowa z trzech	163	50	płn.	26	30	4
Bardziej południowa z nich	164	50	płn.	25	0	4
22 gwiazdy, z tego trzeciej wielkości 4, czwartej 9, piątej 9.						
Nie objęta konstelacją między goleniami, zwana Arkturem	170	20	płn.	31	30	1
KORONA PÓŁNOCNA						
Jasna w koronie	188	0	płn.	44	30	2 większa
Wyprzedzająca wszystkie	185	0	płn.	46	10	4 większa
Następna, północna	185	10	płn.	48	0	5
Następna, jeszcze bardziej północna	193	0	płn.	50	30	6
Ta, która następuje po jasnej od południa	191	30	płn.	44	45	4
Po niej bezpośrednio następna	190	30	płn.	44	50	4
Za nimi następująca w większej odległości	194	40	płn.	46	10	4
Ostatnia ze wszystkich w koronie	195	0	płn.	49	20	4
Gwiazd 8, z tego drugiej wielkości 1, czwartej 5, piątej 1, szóstej 1.						
KLĘCZĄCY (HERKULES)						
Na głowie	221	0	płn.	37	30	3
Na prawej pasze	207	0	płn.	43	0	3
Na prawym przedramieniu	205	0	płn.	40	10	3
Na prawej pachwinie	201	20	płn.	37	10	4
Na lewym ramieniu	220	0	płn.	48	0	3
Na lewym przedramieniu	225	20	płn.	49	30	4 większa
Na lewej pachwinie	231	0	płn.	42	0	4
Jedna z trzech na lewej dłoni	238	50	płn.	52	50	4 większa
Północna z dwóch pozostałych	235	0	płn.	54	0	4 większa
Bardziej południowa	234	50	płn.	53	0	4
Na prawym boku	207	10	płn.	56	10	3
Na lewym boku	213	30	płn.	53	30	4
Na lewym pośladku	213	20	płn.	56	10	5
U nasady tegoż uda	214	30	płn.	58	30	5
Pierwsza z trzech na lewym udzie	217	20	płn.	59	50	3
Następna za nią	218	40	płn.	60	20	4
Trzecia z kolei	219	40	płn.	61	15	4
Na lewym kolanie	237	10	płn.	61	0	4

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość			Szerokość		Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Na lewej łydce	225	30	płn.	69	20	4
Pierwsza z trzech na lewej stopie	188	40	płn.	70	15	6
Środkowa z nich	220	10	płn.	71	15	6
Ostatnia z trzech	223	0	płn.	72	0	6
U nasady prawego uda	207	0	płn.	60	15	4 większa
Bardziej północna na tymże udzie	198	50	płn.	63	0	4
Na prawym kolanie	189	0	płn.	65	30	4 większa
Bardziej południowa z dwóch pod tymże kolanem	186	40	płn.	63	40	4
Bardziej północna	183	30	płn.	64	15	4
Na prawej goleni	184	30	płn.	60	0	4
Na końcu prawej stopy, ta sama co i na końcu laski Wolarza	178	20	płn.	57	30	4

Oprócz tej ostatniej gwiazd 28: trzeciej wielkości 6, czwartej 17, piątej 2, szóstej 3.

Nie objęta konstelacją: od prawego przedramienia bardziej południowa	206	0	płn.	38	10	5

LIRA (LUTNIA)

Jasna, zwana Lirą albo Lutnią	250	40	płn.	62	0	1
Północna z dwóch do siebie przyległych	253	40	płn.	62	40	4 większa
Bardziej południowa	253	40	płn.	61	0	4 większa
W środku nasady rogów	262	0	płn.	60	0	4
Północna z dwóch bezpośrednio przy sobie położonych na wschód	265	20	płn.	61	20	4
Bardziej południowa	265	0	płn.	60	20	4
Północna z dwóch pierwszych na złączu	254	20	płn.	56	10	3
Bardziej południowa	254	10	płn.	55	0	4 mniejsza
Północna z dwóch następnych na tymże złączu	257	30	płn.	55	20	3
Bardziej południowa	258	20	płn.	54	45	4 mniejsza

Z 10 gwiazd pierwszej wielkości 1, trzeciej 2, czwartej 7.

ŁABĘDŹ, CZYLI PTAK

Na dziobie	267	50	płn.	49	20	3
Na głowie	272	20	płn.	50	30	5
Na środku szyi	279	20	płn.	54	30	4 większa
Na piersi	291	50	płn.	56	20	3
Jasna na ogonie	302	30	płn.	60	0	2
Na przegubie prawego skrzydła	282	40	płn.	64	40	3
Bardziej południowa z trzech na prawym skrzydle	285	50	płn.	69	40	4
Środkowa	284	30	płn.	71	30	4 większa
Ostatnia z trzech, na końcu skrzydła	310	0	płn.	74	0	4 większa
Na przegubie lewego skrzydła	294	10	płn.	49	30	3

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość			Szerokość		Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Na środku tego skrzydła	298	10	płn.	52	10	4 większa
Na jego końcu	300	0	płn.	74	0	3
Na lewej nodze	303	20	płn.	55	10	4 większa
Na lewym kolanie	307	50	płn.	57	0	4
Pierwsza z dwóch na prawej nodze	294	30	płn.	64	0	4
Następna	296	0	płn.	64	30	4
Mglista na prawym kolanie	305	30	płn.	63	45	5
Gwiazd 17, z tego drugiej wielkości 1, trzeciej 5, czwartej 9, piątej 2.						
Oraz dwie w pobliżu Łabędzia nie objęte konstelacją						
Bardziej południowa z dwóch pod lewym skrzydłem	306	0	płn.	49	40	4
Bardziej północna	307	10	płn.	51	40	4
KASJOPEA						
Na głowie	1	10	płn.	45	20	4
Na piersi	4	10	płn.	46	45	3 większa
Na pasie	6	20	płn.	47	50	4
Nad krzesłem przy biodrach	10	0	płn.	49	0	3 większa
Koło kolan	13	40	płn.	45	30	3
Na goleni	20	20	płn.	47	45	4
Na końcu stopy	355	0	płn.	48	20	4
Na lewym przedramieniu	8	0	płn.	44	20	4
Na lewym łokciu	7	40	płn.	45	0	5
Na prawym łokciu	357	40	płn.	50	0	6
Na nodze krzesła	8	20	płn.	52	40	4
Na środku podium	1	10	płn.	51	40	3 mniejsza
Na jego końcu	27	10	płn.	51	40	6
Gwiazd 13, z tego trzeciej wielkości 4, czwartej 6, piątej 1, szóstej 2.						
PERSEUSZ						
Mglista na końcu garści prawej ręki	21	0	płn.	40	30	mglista
Na prawym łokciu	24	30	płn.	37	30	4
Na prawym ramieniu	26	0	płn.	34	30	4 mniejsza
Na lewym ramieniu	20	50	płn.	32	20	4
Na głowie lub na mgławicy	24	0	płn.	34	30	4
Na plecach	24	50	płn.	31	10	4
Błyszcząca na prawym boku	28	10	płn.	30	0	2
Pierwsza z trzech na tymże boku	28	40	płn.	27	30	4
Środkowa	30	20	płn.	27	40	4
Ostatnia z trzech	31	0	płn.	27	30	3
Na lewym łokciu	24	0	płn.	27	0	4
Jasna na lewej ręce i na głowie Meduzy	23	0	płn.	23	0	2
Następna na tejże głowie	22	30	płn.	21	0	4

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość			Szerokość		Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Ta, która je poprzedza na tejże głowie	21	0	płn.	21	0	4
Poprzedzająca tę również	20	10	płn.	22	15	4
Na prawym kolanie	38	10	płn.	28	15	4
Poprzedzająca tę na kolanie	37	10	płn.	28	10	4
Pierwsza z dwóch na brzuchu	35	40	płn.	25	10	4
Następna	37	20	płn.	26	15	4
Na prawej kości biodrowej	37	30	płn.	24	30	5
Na prawej łydce	39	40	płn.	28	45	5
Na lewym biodrze	30	10	płn.	21	40	4 większa
Na lewym kolanie	32	0	płn.	19	50	3
Na lewej goleni	31	40	płn.	14	45	3 większa
Na lewej pięcie	24	30	płn.	12	0	3 mniejsza
Na końcu lewej stopy	29	40	płn.	11	0	3 większa
Gwiazd 26, z tego drugiej wielkości 2, trzeciej 5, czwartej 16, piątej 2, mglista 1.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Perseusza						
Na wschód od lewego kolana	34	10	płn.	31	0	5
Na północ od prawego kolana	38	20	płn.	31	0	5
Przed głową Meduzy	18	0	płn.	20	40	niewyraźna
Z trzech gwiazd piątej wielkości 2, niewyraźna jedna.						
HENIOCH, CZYLI WOŹNICA						
Bardziej południowa z dwóch na głowie	55	50	płn.	30	0	4
Bardziej północna	55	40	płn.	30	50	4
Błyszcząca na lewym ramieniu, zwana Kozą	78	20	płn.	22	30	1
Na prawym ramieniu	56	10	płn.	20	0	2
Na prawym łokciu	54	30	płn.	15	15	4
Na prawej dłoni	56	10	płn.	13	30	4 większa
Na lewym łokciu	45	20	płn.	20	40	4 większa
Pierwsza z Koźląt	45	30	płn.	18	0	4 mniejsza
Następna z Koźląt, na lewej dłoni	46	0	płn.	18	0	4 większa
Na lewej łydce	53	10	płn.	10	10	3 mniejsza
Na prawej łydce, a na końcu północnego rogu Byka	49	0	płn.	5	0	3 większa
Na kostce	49	20	płn.	8	30	5
Na pośladku	49	40	płn.	12	20	5
Mała na lewej nodze	24	0	płn.	10	20	6
Gwiazd 14, z tego pierwszej wielkości 1, drugiej 1, trzeciej 2, czwartej 7, piątej 2, szóstej 1.						
OFIUCH, CZYLI WĘŻOWNIK						
Na głowie	228	10	płn.	36	0	3
Pierwsza z dwóch na prawym ramieniu	231	20	płn.	27	15	4 większa

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość			Szerokość		Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Następna	232	20	płn.	26	45	4
Pierwsza z dwóch na lewym ramieniu	216	40	płn.	33	0	4
Następna	218	0	płn.	31	50	4
Na lewym łokciu	211	40	płn.	34	30	4
Pierwsza z dwóch na lewej ręce	208	20	płn.	17	0	4
Następna	209	20	płn.	12	30	3
Na prawym łokciu	220	0	płn.	15	0	4
Pierwsza na prawej ręce	205	40	płn.	18	40	4 mniejsza
Następna	207	40	płn.	14	20	4
Na prawym kolanie	224	30	płn.	4	30	3
Na prawej goleni	227	0	płn.	2	15	3 większa
Pierwsza z czterech na prawej stopie	226	20	płd.	2	15	4 większa
Następna	227	40	płd.	1	30	4 większa
Trzecia z kolei	228	20	płd.	0	20	4 większa
Ostatnia z nich	229	10	płd.	0	45	5 większa
Dotykająca pięty	229	30	płd.	1	0	5
Na lewym kolanie	215	30	płn.	11	50	3
Północna z trzech w prostej linii na lewej goleni	215	0	płn.	5	20	5 większa
Środkowa z nich	214	0	płn.	3	10	5
Z trzech bardziej południowa	213	10	płn.	1	40	5 większa
Na lewej pięcie	215	40	płn.	0	40	5
Dotykająca podeszwy lewej stopy	214	0	płd.	0	45	4
24 gwiazdy, z tego trzeciej wielkości 5, czwartej 13, piątej 6.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Ofiucha						
Najbardziej północna z trzech na wschód od prawego ramienia	235	20	płn.	28	10	4
Środkowa z trzech	236	0	płn.	26	20	4
Południowa z trzech	233	40	płn.	25	0	4
Jeszcze następna za trzema	237	0	płn.	27	0	4
Odosobniona na północ od czterech	238	0	płn.	33	0	4
Z pięciu więc nie objętych konstelacją wszystkie czwartej wielkości.						
WĄŻ OFIUCHA						
W czworoboku na szczęce	192	10	płn.	38	0	4
Dotykająca nozdrzy	201	0	płn.	40	0	4
Na skroni	197	40	płn.	35	0	3
Na początku szyi	195	20	płn.	34	15	3
W środku czworoboku i w paszczy	194	40	płn.	37	15	4
Na północ od głowy	201	30	płn.	42	30	4
Na pierwszym skręcie szyi	195	0	płn.	29	15	3
Północna z trzech następnych	198	10	płn.	26	30	4
Środkowa z nich	197	40	płn.	25	20	3
Bardziej południowa z trzech	199	40	płn.	24	0	3
Pierwsza z dwóch na lewej ręce Wężownika	202	0	płn.	16	30	4
Następna za nią na tejże ręce	211	30	płn.	16	15	5
Za prawym biodrem	227	0	płn.	10	30	4

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość			Szerokość		Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Południowa z dwóch następnych	230	20	płn.	8	30	4 większa
Północna	231	10	płn.	10	30	4
Za prawą ręką na zwoju ogona	237	0	płn.	20	0	4
Następna na ogonie	242	0	płn.	21	10	4 większa
Na końcu ogona	251	40	płn.	27	0	4
Gwiazd 18, z tego trzeciej wielkości 5, czwartej 12, piątej jedna.						
STRZAŁA						
Na grocie	273	30	płn.	39	20	4
Ostatnia z trzech na trzonku	270	0	płn.	39	10	6
Środkowa z nich	269	10	płn.	39	50	5
Pierwsza z trzech	268	0	płn.	39	0	5
Na rowku	266	40	płn.	38	45	5
Gwiazd pięć, z tego czwartej wielkości 1, piątej 3, szóstej 1.						
ORZEŁ						
Na środku głowy	270	30	płn.	26	50	4
Na szyi	268	10	płn.	27	10	3
Jasna na grzbiecie, zwana Orłem	267	10	płn.	29	10	2 większa
Najbliższa jej, bardziej północna	268	0	płn.	30	0	3 mniejsza
Pierwsza na lewym ramieniu	266	30	płn.	31	30	3
Następna	269	20	płn.	31	30	5
Pierwsza na prawym ramieniu	263	0	płn.	28	40	5
Następna	264	30	płn.	26	40	5 większa
Na ogonie, dotykająca Drogi Mlecznej	255	30	płn.	26	30	3
Gwiazd dziewięć, z tego drugiej wielkości 1, trzeciej 4, czwartej 1, piątej 3.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Orła						
Pierwsza od głowy na południe	272	0	płn.	21	40	3
Następna	272	10	płn.	29	10	3
Na południowy zachód od prawego ramienia	259	20	płn.	25	0	4 większa
Na południe	261	30	płn.	20	0	3
Jeszcze bardziej południowa	263	0	płn.	15	30	5
Wyprzedzająca wszystkie	254	30	płn.	18	10	3
Z sześciu nie objętych konstelacją trzeciej wielkości 4, czwartej 1 i piątej 1.						
DELFIN						
Pierwsza z trzech na ogonie	281	0	płn.	29	10	3 mniejsza
Bardziej północna z pozostałych dwóch	282	0	płn.	29	0	4 mniejsza
Bardziej południowa	282	0	płn.	26	40	4
Bardziej południowa na przednim boku romboidu	281	50	płn.	32	0	3 mniejsza
Północna na tymże boku	283	30	płn.	33	50	3 mniejsza
Południowa na tylnym boku	284	40	płn.	32	0	3 mniejsza

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Północna na tymże boku	286	50	płn.	33	10	3 mniejsza
Bardziej południowa z trzech między ogonem a rombem	280	50	płn.	34	15	6
Pierwsza z dwóch pozostałych północnych	280	50	płn.	31	50	6
Następna	282	20	płn.	31	30	6
Gwiazd 10, a mianowicie trzeciej wielkości 5, czwartej 2, szóstej 3.						
SEGMENT KONIA (ŹREBIĘ)						
Pierwsza z dwóch na głowie	289	40	płn.	20	30	niewyraźna
Następna	292	20	płn.	20	40	niewyraźna
Pierwsza z dwóch na pysku	289	40	płn.	25	30	niewyraźna
Następna	291	0	płn.	25	0	niewyraźna
Cztery gwiazdy, wszystkie niewyraźne.						
KOŃ SKRZYDLATY, CZYLI PEGAZ						
W rozwarciu pyska	298	40	płn.	21	30	3 większa
Północna z dwóch bliskich siebie na głowie	302	40	płn.	16	50	3
Bardziej południowa	301	20	płn.	16	0	4
Bardziej południowa z dwóch na grzywie	314	40	płn.	15	0	5
Bardziej północna	313	50	płn.	16	0	5
Pierwsza z dwóch na karku	312	10	płn.	18	0	3
Następna	313	50	płn.	19	0	4
Na lewej pęcinie	305	40	płn.	36	30	4 większa
Na lewym kolanie	311	0	płn.	34	15	4 większa
Na prawej pęcinie	317	0	płn.	41	10	4 większa
Pierwsza z dwóch bliskich siebie na piersi	319	30	płn.	29	0	4
Następna	320	20	płn.	29	30	4
Północna z dwóch na prawym kolanie	322	20	płn.	35	0	3
Bardziej południowa	321	50	płn.	24	30	5
Północna z dwóch na tułowiu pod skrzydłem	327	50	płn.	25	40	4
Bardziej południowa	328	20	płn.	25	0	4
Na grzbiecie i na ramieniu skrzydła	350	0	płn.	19	40	2 mniejsza
Na prawej łopatce i u nasady nogi	325	30	płn.	31	0	2 mniejsza
Na końcu skrzydła	335	30	płn.	12	30	2 mniejsza
Na pępku, ta sama co i na głowie Andromedy	341	10	płn.	26	0	2 mniejsza
Gwiazd 20, a mianowicie drugiej wielkości 4, trzeciej 4, czwartej 9, piątej 3.						
ANDROMEDA						
Na plecach	348	40	płn.	24	30	3
Na prawym ramieniu	349	40	płn.	27	0	4
Na lewym ramieniu	347	40	płn.	23	0	4

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Bardziej południowa z trzech na prawym przedramieniu	347	0	płn.	32	0	4
Bardziej północna	348	0	płn.	33	30	4
Środkowa z trzech	348	20	płn.	32	20	5
Bardziej południowa z trzech na końcu prawej ręki	343	0	płn.	41	0	4
Środkowa z nich	344	0	płn.	42	0	4
Północna z trzech	345	30	płn.	44	0	4
Na lewym przedramieniu	347	30	płn.	17	30	4
Na lewym łokciu	349	0	płn.	15	50	3
Południowa z trzech na pasie	357	10	płn.	25	20	3
Środkowa	355	10	płn.	30	0	3
Północna z trzech	355	20	płn.	32	30	3
Na lewej stopie	10	10	płn.	23	0	3
Na prawej stopie	10	30	płn.	37	20	4 większa
Bardziej od nich południowa	8	30	płn.	35	20	4 większa
Północna z dwóch pod zgięciem kolana	5	40	płn.	29	0	4
Południowa	5	20	płn.	28	0	4
Na prawym kolanie	5	30	płn.	35	30	5
Północna z dwóch na trenie sukni	6	0	płn.	34	30	5
Południowa	7	30	płn.	32	30	5
Wykraczająca poza prawą rękę i nie objęta konstelacją	5	0	płn.	44	0	3

23 gwiazdy, a mianowicie trzeciej wielkości 7, czwartej 12, piątej 4.

TRÓJKĄT

Na wierzchołku trójkąta	4	20	płn.	16	30	3
Pierwsza z trzech na podstawie	9	20	płn.	20	40	3
Środkowa	9	30	płn.	20	20	4
Ostatnia z trzech	10	10	płn.	19	0	3

4 gwiazdy, z tego trzeciej wielkości 3, czwartej jedna.

Ogółem więc na samej półkuli północnej gwiazd 360: pierwszej wielkości 3, drugiej 18, trzeciej 84, czwartej 175, piątej 57, szóstej 13, mglista 1, niewyraźnych dziewięć.

OPIS KONSTELACJI I GWIAZD ZNAJDUJĄCYCH SIĘ POŚRODKU, CZYLI PRZY ZODIAKU

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
BARAN						
Pierwsza z dwóch na rogu i pierwsza ze wszystkich	0	0	płn.	7	20	3 mniejsza
Następna na rogu	1	0	płn.	8	20	3
Północna z dwóch w rozwarciu pyska	4	20	płn.	7	40	5
Bardziej południowa	4	50	płn.	6	0	5
Na karku	9	50	płn.	5	30	5
Na lędźwiach	10	50	płn.	6	0	6
U nasady ogona	14	40	płn.	4	50	5
Pierwsza z trzech na ogonie	17	10	płn.	1	40	4
Środkowa	18	40	płn.	2	30	4
Ostatnia z trzech	20	20	płn.	1	50	4
Na kości biodrowej	13	0	płn.	1	10	5
Na podkolanku	11	20	płd.	1	30	5
Na końcu tylnej nogi	8	10	płd.	5	15	4 większa
Gwiazd 13, z tego trzeciej wielkości 2, czwartej 4, piątej 6, szóstej jedna.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Barana						
Jasna nad głową	3	50	płn.	10	0	3 większa
Najbardziej północna nad grzbietem	15	0	płn.	10	10	4
Północna z pozostałych trzech małych	14	40	płn.	12	40	5
Środkowa	13	0	płn.	10	40	5
Południowa z nich	12	30	płn.	10	40	5
Gwiazd 5, z tego trzeciej wielkości 1, czwartej 1, piątej 3.						
BYK						
Najbardziej północna z czterech na przecięciu	19	40	płd.	6	0	4
Druga po niej	19	20	płd.	7	15	4
Trzecia	18	0	płd.	8	30	4
Czwarta, najbardziej południowa	17	50	płd.	9	15	4
Na prawej łopatce	23	0	płd.	9	30	5
Na piersi	27	0	płd.	8	0	3
Na prawym kolanie	30	0	płd.	12	40	4
Na przegubie prawej nogi	26	20	płd.	14	50	4
Na lewym kolanie	35	30	płd.	10	0	4
Na przegubie lewej nogi	36	20	płd.	13	30	4
Z pięciu na pysku, zwanych Świnkami (Hyadami), ta, która jest na nozdrzach	32	0	płd.	5	45	3 mniejsza
Między nią a okiem północnym	33	40	płd.	4	15	3 mniejsza
Między tą samą a okiem południowym	34	10	płd.	0	50	3 mniejsza

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Na samym oku jasna, nazywana przez Rzymian Palilicium	36	0	płd.	5	10	1
Na północnym oku	35	10	płd.	3	0	3 mniejsza
Między nasadą południowego rogu a uchem	40	30	płd.	4	0	4
Bardziej południowa z dwóch na tymże rogu	43	40	płd.	5	0	4
Bardziej północna	43	20	płd.	3	30	5
Na jego końcu	50	30	płd.	2	30	3
U nasady rogu północnego	49	0	płd.	4	0	4
Na jego końcu, ta sama co na prawej stopie Heniocha	49	0	płn.	5	0	3
Północna z dwóch na północnym uchu	35	20	płn.	4	30	5
Południowa z nich	35	0	płn.	4	0	5
Pierwsza z dwóch małych na karku	30	20	płn.	0	40	5
Następna	32	20	płn.	1	0	6
Południowa z pierwszych w czworoboku na szyi	31	20	płn.	5	0	5
Północna na tymże boku	32	10	płn.	7	10	5
Południowa na tylnym boku	35	20	płn.	3	0	5
Północna na tymże boku	35	0	płn.	5	0	5
Północny kraniec przedniego boku Plejad	25	30	płn.	4	30	5
Południowy kraniec tegoż boku	25	50	płn.	4	40	5
Najwęższy tylny kraniec Plejad	27	0	płn.	5	20	5
Z Plejad mała i odosobniona od najdalszych	26	0	płn.	3	0	5
Z 33 gwiazd (nie licząc tej, która się znajduje na końcu północnego rogu) pierwszej wielkości jest 1, trzeciej 7, czwartej 11, piątej 13, szóstej jedna.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Byka						
W dole między nogą a łopatką	18	20	płd.	17	30	4
Pierwsza z trzech przy południowym rogu	43	20	płd.	2	0	5
Środkowa z trzech	47	20	płd.	1	45	5
Ostatnia z trzech	49	20	płd.	2	0	5
Północna z dwóch pod ostrzem tegoż rogu	52	20	płd.	6	20	5
Południowa	52	20	płd.	7	40	5
Pierwsza z pięciu pod północnym rogiem	50	20	płn.	2	40	5
Druga z kolei	52	20	płn.	1	0	5
Trzecia z kolei	54	20	płn.	1	20	5
Północna z dwóch pozostałych	55	40	płn.	3	20	5
Południowa	56	40	płn.	1	15	5
Z 11 nie objętych konstelacją gwiazd czwartej wielkości 1, piątej dziesięć.						

APOGEUM WENUS 48. 20

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
BLIŹNIĘTA						
Na głowie pierwszego Bliźniaka, Kastora	76	40	płn.	9	30	2
Żółtawa na głowie drugiego Bliźniaka, Polluksa	79	50	płn.	6	15	2
Na lewym łokciu pierwszego Bliźniaka	70	0	płn.	10	0	4
Na tymże przedramieniu	72	0	płn.	7	20	4
Na plecach tegoż Bliźniaka	75	20	płn.	5	30	4
Na jego prawym ramieniu	77	20	płn.	4	50	4
Na lewym ramieniu drugiego Bliźniaka	80	0	płn.	2	40	4
Na prawym boku pierwszego Bliźniaka	75	0	płn.	2	40	5
Na lewym boku drugiego Bliźniaka	76	30	płn.	3	0	5
Na lewym kolanie pierwszego Bliźniaka	66	30	płn.	1	30	3
Na lewym kolanie drugiego	71	35	płd.	2	30	3
Na jego lewej pachwinie	75	0	płd.	0	30	3
Na jego prawym podkolanku	74	40	płd.	0	40	3
Pierwsza na nodze pierwszego Bliźniaka	60	0	płd.	1	30	4 większa
Następna na tejże nodze	61	30	płd.	1	15	4
Na końcu stopy pierwszego Bliźniaka	63	30	płd.	3	30	4
Na wierzchu stopy drugiego	65	20	płd.	7	30	3
Na samym spodzie tejże stopy	68	0	płd.	10	30	4
Gwiazd 18, z tego drugiej wielkości 2, trzeciej 5, czwartej 9, piątej 2.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Bliźniąt						
Przed wierzchem stopy pierwszego Bliźniaka	57	30	płd.	0	40	4
Świecąca przed jego kolanem	59	50	płn.	5	50	4 większa
Przed lewym kolanem drugiego Bliźniaka	68	30	płd.	2	15	5
Północna z trzech następujących za prawą ręką drugiego Bliźniaka	81	40	płd.	1	20	5
Środkowa	79	40	płd.	3	20	5
Południowa z trzech przy prawym przedramieniu	79	20	płd.	4	30	5
Jasna, następująca po tych trzech	84	0	płd.	2	40	4
Z 7 nie objętych konstelacją gwiazd czwartej wielkości 3, piątej 4.						
RAK						
Środkowa mglista na piersi, zwana Żłobem	93	40	płn.	0	40	mglista
Północna z dwóch pierwszych w czworoboku	91	0	płn.	1	15	4 mniejsza
Południowa	91	20	płd.	1	10	4 mniejsza
Północna z dwóch następnych, zwanych Osłami	93	40	płn.	2	40	4 większa
Południowy Osioł	94	40	płd.	0	10	4 większa
Na kleszczach, czyli ramieniu południowym	99	50	płd.	5	30	4

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Na ramieniu północnym	91	40	płn.	11	50	4
Na końcu północnej nogi	86	0	płn.	1	0	5
Na końcu południowej nogi	90	30	płd.	7	30	4 większa
Z dziewięciu gwiazd czwartej wielkości 7, piątej 1, mglista jedna.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Raka						
Nad przegubem południowych kleszczy	103	0	płd.	2	40	4 mniejsza
Następna od końca tychże kleszczy	105	0	płd.	5	40	4 mniejsza
Pierwsza z dwóch nad mgławicą	97	20	płn.	4	50	5
Następna za nią	100	20	płn.	7	15	5
Z czterech nie objętych konstelacją czwartej wielkości 2, piątej 2.						
LEW						
Na nozdrzach	101	40	płn.	10	0	4
W paszczy	104	30	płn.	7	30	4
Północna z dwóch na głowie	107	40	płn.	12	0	3
Południowa	107	30	płn.	9	30	3 większa
Północna z trzech na karku	113	30	płn.	11	0	3
Środkowa	115	30	płn.	8	30	2
Południowa z trzech	114	0	płn.	4	30	3
Na sercu, zwana Bazyliszkiem, czyli Królewiczem	115	50	płn.	0	10	1
Południowa z dwóch na piersi	116	50	płd.	1	50	4
Wyprzedzająca nieco tę, która jest na sercu	113	20	płd.	0	15	5
Na przednim prawym kolanie	110	40		0	0	5
Na prawej łapie	117	30	płd.	3	40	6
Na przednim lewym kolanie	122	30	płd.	4	10	4
Na lewej łapie	115	50	płd.	4	15	4
Na lewej pasze	122	30	płd.	0	10	4
Pierwsza z trzech na brzuchu	120	20	płn.	4	0	6
Północna z dwóch pozostałych	126	20	płn.	5	20	6
Południowa	125	40	płn.	2	20	6
Pierwsza z dwóch na lędźwiach	124	40	płn.	12	15	5
Następna	127	30	płn.	13	40	2
Północna z dwóch na pośladku	127	40	płn.	11	30	5
Południowa	129	40	płn.	9	40	3
Z tyłu na biodrze	133	40	płn.	5	50	3
Na podkolanku	135	0	płn.	1	15	4
Na tylnym kolanie	135	0	płd.	0	50	4
Na tylnej stopie	134	0	płd.	3	0	5
Na końcu ogona	137	50	płn.	11	50	1 mniejsza
Z 27 gwiazd pierwszej wielkości 2, drugiej 2, trzeciej 6, czwartej 8, piątej 5, szóstej 4.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Lwa						
Pierwsza z dwóch nad grzbietem	119	20	płn.	13	20	5
Następna	121	30	płn.	15	30	5

APOGEUM MARSA 109.50

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość Stopnie	Długość Minuty	Szerokość	Szerokość Stopnie	Szerokość Minuty	Wielkość
Północna z trzech pod brzuchem	129	50	płn.	1	10	4 mniejsza
Środkowa	130	30	płd.	0	30	5
Południowa z trzech	132	20	płd.	2	40	5
Najbardziej północna z mglistej spirali między krańcami Lwa i Niedźwiedzicy, zwanej Włosami Bereniki	138	10	płn.	30	0	jasna
Pierwsza z dwóch południowych	133	50	płn.	25	0	niewyraźna
Następna w figurze liścia bluszczu	141	50	płn.	25	30	niewyraźna
Z 8 nie objętych konstelacją czwartej wielkości 1, piątej 4, jasna 1, niewyraźne 2.						
PANNA						
Pierwsza i południowa z dwóch na wierzchołku głowy	139	40	płn.	4	15	5
Następna, bardziej północna	140	20	płn.	5	40	5
Północna z dwóch na twarzy	144	0	płn.	8	0	5
Południowa	143	30	płn.	5	30	5
Na końcu lewego i południowego skrzydła	142	20	płn.	6	0	3
Pierwsza z tych czterech, które są na lewym skrzydle	151	35	płn.	1	10	3
Druga z kolei	156	30	płn.	2	50	3
Trzecia	160	30	płn.	2	50	5
Następna i ostatnia z czterech	164	20	płn.	1	40	4
Na prawym boku pod pasem	157	40	płn.	8	30	3
Pierwsza z trzech na prawym i północnym skrzydle	151	30	płn.	13	50	5
Południowa z dwóch pozostałych	153	30	płn.	11	40	6
Północna z nich, zwana Winiarzem	155	30	płn.	15	10	3 większa
Na lewej ręce, zwana Kłosem	170	0	płd.	2	0	1
Pod pasem na prawym pośladku	168	10	płn.	8	40	3
Północna z pierwszych w czworoboku na lewym biodrze	169	40	płn.	2	20	5
Południowa	170	20	płn.	0	10	6
Północna z dwóch następnych	173	20	płn.	1	30	4
Południowa	171	20	płn.	0	20	5
Na lewym kolanie	175	0	płn.	1	30	5
Na samym krańcu prawego biodra	171	20	płn.	8	30	5
Środkowa na trenie sukni	180	0	płn.	7	30	4
Południowa	180	40	płn.	2	40	4
Północna	181	40	płn.	11	40	4
Na lewej i południowej stopie	183	20	płn.	0	30	4
Na prawej i północnej stopie	186	0	płn.	9	50	3
Z 26 gwiazd pierwszej wielkości 1, trzeciej 7, czwartej 6, piątej 10, szóstej 2.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Panny						
Pierwsza z trzech w prostej linii pod lewym przedramieniem	158	0	płd.	3	30	5

APOGEUM JOWISZA 154.20

APOGEUM MERKUREGO 183.20

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Środkowa	162	20	płd.	3	30	5
Ostatnia	165	35	płd.	3	20	5
Pierwsza z trzech w prostej linii pod Kłosem	170	30	płd.	7	20	6
Środkowa z nich, podwójna	171	30	płd.	8	20	5
Ostatnia z trzech	173	20	płd.	7	50	6
Z sześciu nie objętych konstelacją piątej wielkości 4, szóstej 2.						
KLESZCZE (WAGA)						
Jasna z dwóch na krańcu południowych kleszczy	191	20	płn.	0	40	2 większa
Mniej wyraźna północna	190	20	płn.	2	30	5
Jasna z dwóch na krańcu północnych kleszczy	195	30	płn.	8	30	2
Poprzedzająca ją, mniej wyraźna	191	0	płn.	8	30	5
Na środku południowych kleszczy	197	20	płn.	1	40	4
Przed nią na tychże kleszczach	194	40	płn.	1	15	4
Na środku północnych kleszczy	200	50	płn.	3	45	4
Następna na nich	206	20	płn.	4	30	4
Gwiazd osiem, z tego drugiej wielkości 2, czwartej 4, piątej dwie.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Kleszczy						
Pierwsza z trzech na północ od północnych kleszczy	199	30	płn.	9	0	5
Południowa z dwóch następnych	207	0	płn.	6	40	4
Północna z nich	207	40	płn.	9	15	4
Ostatnia z trzech między kleszczami	205	50	płn.	5	30	6
Północna z pozostałych dwóch pierwszych	203	40	płn.	2	0	4
Południowa	204	30	płn.	1	30	5
Pierwsza z trzech pod południowymi kleszczami	196	20	płd.	7	30	3
Północna z pozostałych dwóch następnych	204	30	płd.	8	10	4
Południowa	205	20	płd.	9	40	4
Z dziewięciu nie objętych konstelacją trzeciej wielkości 1, czwartej 5, piątej 2, szóstej jedna.						
SKORPION (NIEDŹWIADEK)						
Północna z trzech jasnych na czole	209	40	płn.	1	20	3 większa
Środkowa	209	0	płd.	1	40	3
Południowa z trzech	209	0	płd.	5	0	3
Bardziej południowa, na nodze	209	20	płd.	7	50	3
Błyszcząca, północna z dwóch połączonych z sobą	210	20	płn.	1	40	4
Południowa	210	40	płn.	0	30	4
Pierwsza z trzech jasnych na tułowiu	214	0	płd.	3	45	3

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość			Szerokość		Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Środkowa, złotawo połyskująca, zwana Antaresem	216	0	płd.	4	0	2 większa
Ostatnia z trzech	217	50	płd.	5	30	3
Pierwsza z dwóch na ostatniej panewce biodrowej	212	40	płd.	6	10	5
Następna	213	50	płd.	6	40	5
Na pierwszym stawie tułowia	221	50	płd.	11	0	3
Na drugim stawie	222	10	płd.	15	0	4
Na trzecim, północna z gwiazdy podwójnej	223	20	płd.	18	40	4
Południowa z podwójnej	223	30	płd.	18	0	3
Na czwartym stawie	226	30	płd.	19	30	3
Na piątym	231	30	płd.	18	50	3
Na szóstym stawie	233	50	płd.	16	40	3
Na siódmym, najbliższa żądła	232	20	płd.	15	10	3
Druga z dwóch na samym żądle	230	50	płd.	13	20	3
Pierwsza	230	20	płd.	13	30	4

APOGEUM SATURNA 226.30

Gwiazd 21, z tego drugiej wielkości 1, trzeciej 13, czwartej 5, piątej 2.

Nie objęte konstelacją w pobliżu Skorpiona

Mglista za żądłem	234	30	płd.	13	15	mglista
Pierwsza z dwóch na północ od żądła	228	50	płd.	6	10	5
Następna	232	50	płd.	4	10	5

Z trzech nie objętych konstelacją piątej wielkości 2, mglista jedna.

STRZELEC

Na grocie strzały	237	50	płd.	6	30	3
Na uchwycie lewej ręki	241	0	płd.	6	30	3
Na południowej części łuku	241	20	płd.	10	50	3
Bardziej południowa z dwóch na północnej części	242	20	płd.	1	30	3
Bardziej północna na końcu łuku	240	0	płn.	2	50	4
Na lewym ramieniu	248	40	płd.	3	10	3
Przed nią na strzale	246	20	płd.	3	50	4
Mglista, podwójna na oku	248	30	płn.	0	45	mglista
Pierwsza z trzech na głowie	249	0	płn.	2	10	4
Środkowa	251	0	płn.	1	30	4 większa
Ostatnia	252	30	płn.	2	0	4
Bardziej południowa z trzech na północnej pole płaszcza	254	40	płn.	2	50	4
Środkowa	255	40	płn.	4	30	4
Północna z trzech	256	10	płn.	6	30	4
Następna po tych trzech, niewyraźna	259	0	płn.	5	30	6
Północna z dwóch na południowej pole	262	50	płn.	5	50	5
Południowa	261	0	płn.	2	0	6
Na prawym ramieniu	255	40	płd.	1	50	5
Na prawym łokciu	258	10	płd.	2	50	5
Na plecach	253	20	płd.	2	30	5

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Na barku	251	0	płd.	4	30	4 większa
Pod pachą	249	40	płd.	6	45	3
Na przedniej lewej pęcinie	251	0	płd.	23	0	2
Na kolanie tejże nogi	250	20	płd.	18	0	2
Na przedniej prawej pęcinie	240	0	płd.	13	0	3
Na lewej łopatce	260	40	płd.	13	30	3
Na przednim prawym kolanie	260	0	płd.	20	10	3
Z czterech u nasady ogona pierwsza na północnym boku czworokąta	261	10	płd.	4	50	5
Następna na tymże boku	261	10	płd.	4	50	5
Pierwsza na boku południowym	261	50	płd.	5	50	5
Następna na tymże boku	263	0	płd.	6	30	5

Gwiazd 31, z tego drugiej wielkości 2, trzeciej 9, czwartej 9, piątej 8, szóstej 2, mglista jedna.

KOZIOROŻEC

Północna z trzech na pierwszym rogu	270	40	płn.	7	30	3
Środkowa	271	0	płn.	6	40	6
Południowa z trzech	270	40	płn.	5	0	3
Na końcu drugiego rogu	272	20	płn.	8	0	6
Południowa z trzech w rozwarciu pyska	272	20	płn.	0	45	6
Pierwsza z pozostałych dwóch	272	0	płn.	1	45	6
Następna	272	10	płn.	1	30	6
Pod prawym okiem	270	30	płn.	0	40	5
Północna z dwóch na karku	275	0	płn.	4	50	6
Południowa	275	10	płd.	0	50	5
Na prawym kolanie	274	10	płd.	6	30	4
Na zgiętym lewym kolanie	275	0	płd.	8	40	4
Na lewej łopatce	280	0	płd.	7	40	4
Pierwsza z dwóch stykających się z sobą pod brzuchem	283	30	płd.	6	50	4
Następna	283	40	płd.	6	0	5
Ostatnia z trzech na środku tułowia	282	0	płd.	4	15	5
Południowa z pozostałych dwóch pierwszych	280	0	płd.	4	0	5
Północna z nich	280	0	płd.	2	50	5
Pierwsza z dwóch na grzbiecie	280	0	płd.	0	0	4
Następna	284	20	płd.	0	50	4
Pierwsza z dwóch na południowej kości pacierzowej	286	40	płd.	4	45	4
Następna	288	20	płd.	4	30	4
Pierwsza z dwóch u nasady ogona	288	10	płd.	2	10	3
Następna	289	40	płd.	2	0	3
Pierwsza z czterech na północnej części ogona	290	10	płd.	2	20	4
Południowa z pozostałych trzech	292	0	płd.	5	0	5
Środkowa	291	0	płd.	2	50	5
Północna, na końcu ogona	292	0	płn.	4	20	5

Gwiazd 28, z tego trzeciej wielkości 4, czwartej 9, piątej 9, szóstej 6.

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość Stopnie	Długość Minuty		Szerokość Stopnie	Szerokość Minuty	Wielkość
WODNIK						
Na głowie	293	40	płn.	15	45	5
Jaśniejsza na prawym ramieniu	299	44	płn.	11	0	3
Mniej wyraźna	298	30	płn.	9	40	5
Na lewym ramieniu	290	0	płn.	8	50	3
Pod pachą	290	40	płn.	6	15	5
Ostatnia z trzech na szacie pod lewą ręką	280	0	płn.	5	30	3
Środkowa	279	30	płn.	8	0	4
Pierwsza z trzech	278	0	płn.	8	30	3
Na prawym łokciu	302	50	płn.	8	45	3
Północna na prawej ręce	303	0	płn.	10	45	3
Pierwsza z pozostałych dwóch południowych	305	20	płn.	9	0	3
Następna	306	40	płn.	8	30	3
Pierwsza z dwóch bliskich siebie na prawym biodrze	299	30	płn.	3	0	4
Następna	300	20	płn.	2	10	5
Na prawym pośladku	302	0	płd.	0	50	4
Południowa z dwóch na lewym pośladku	295	0	płd.	1	40	4
Bardziej północna	295	30	płn.	4	0	6
Południowa na prawej goleni	305	0	płd.	7	30	3
Północna	304	40	płd.	5	0	4
Na lewym biodrze	301	0	płd.	5	40	5
Południowa z dwóch na lewej goleni	300	40	płd.	10	0	5
Północna pod kolanem	302	10	płd.	9	0	5
Pierwsza od ręki na strumieniu wody	303	20	płn.	2	0	4
Następna, bardziej południowa	308	10	płn.	0	10	4
Następna, na pierwszym zakręcie wody	311	0	płd.	1	10	4
Następna za nią	313	20	płd.	0	30	4
Na drugim, południowym zakręcie	313	50	płd.	1	40	4
Północna z dwóch następnych	312	30	płd.	3	30	4
Południowa	312	50	płd.	4	10	4
Oddalona na południe	314	10	płd.	8	15	5
Za nią pierwsza z dwóch połączonych z sobą	316	0	płd.	11	0	5
Następna	316	30	płd.	10	50	5
Północna z trzech na trzecim zakręcie wody	315	0	płd.	14	0	5
Środkowa	316	0	płd.	14	45	5
Ostatnia z trzech	316	30	płd.	15	40	5
Północna z trzech następnych o podobnym układzie	310	20	płd.	14	10	4
Środkowa	310	50	płd.	15	0	4
Południowa z trzech	311	40	płd.	15	45	4
Pierwsza z trzech na ostatnim zakręcie	305	10	płd.	14	50	4
Południowa z dwóch następnych	306	0	płd.	15	20	4

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Północna	306	30	płd.	14	0	4
Ostatnia na wodzie, a zarazem na pysku Ryby południowej	300	20	płd.	23	0	1
Z 42 gwiazd pierwszej wielkości 1, trzeciej 9, czwartej 18, piątej 13, szóstej 1.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Wodnika						
Pierwsza z trzech za zakrętem wody	320	0	płd.	15	30	4
Północna z dwóch pozostałych	323	0	płd.	14	20	4
Południowa z nich	322	20	płd.	18	15	4
Trzy gwiazdy, większe od czwartej wielkości.						
RYBY						
Na pysku pierwszej Ryby	315	0	płn.	9	15	4
Południowa z dwóch na tyle głowy	317	30	płn.	7	30	4 większa
Północna	321	30	płn.	9	30	4
Pierwsza z dwóch na grzbiecie	319	20	płn.	9	20	4
Następna	324	0	płn.	7	30	4
Pierwsza na brzuchu	319	20	płn.	4	30	4
Następna	323	0	płn.	2	30	4
Na ogonie tejże Ryby	329	20	płn.	6	20	4
Na jej sznurze pierwsza od ogona	334	20	płn.	5	45	6
Następna	336	20	płn.	2	45	6
Za nią pierwsza z trzech jasnych	340	30	płn.	2	15	4
Środkowa	343	50	płn.	1	10	4
Ostatnia	346	20	płd.	1	20	4
Północna z dwóch małych na zakręcie	345	40	płd.	2	0	6
Południowa	346	20	płd.	5	0	6
Pierwsza z trzech za zakrętem	350	20	płd.	2	20	4
Środkowa	352	0	płd.	4	40	4
Ostatnia	354	0	płd.	7	45	4
Na splocie obu sznurów	356	0	płd.	8	30	3
Na północnym sznurze pierwsza od splotu	354	0	płd.	4	20	4
Południowa z trzech za nią	353	30	płn.	1	30	5
Środkowa	353	40	płn.	5	20	3
Północna z trzech i ostatnia na sznurze	353	50	płn.	9	0	4
Północna z dwóch na pysku drugiej Ryby	355	20	płn.	21	45	5
Południowa	355	0	płn.	21	30	5
Ostatnia z trzech małych na głowie	352	0	płn.	20	0	6
Środkowa	351	0	płn.	19	50	6
Pierwsza z trzech	350	20	płn.	23	0	6
Pierwsza z trzech na południowej płetwie w pobliżu lewego łokcia Andromedy	349	0	płn.	14	20	4

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Środkowa	349	40	płn.	13	0	4
Ostatnia z trzech	351	0	płn.	12	0	4
Północna z dwóch na brzuchu	355	30	płn.	17	0	4
Bardziej południowa	352	40	płn.	15	20	4
Na drugiej płetwie w pobliżu ogona	353	20	płn.	11	45	4
Z 34 gwiazd trzeciej wielkości 2, czwartej 22, piątej 3, szóstej 7.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Ryb						
Pierwsza na północnym boku czworokąta pod pierwszą Rybą	324	30	płd.	2	40	4
Następna	325	35	płd.	2	30	4
Pierwsza na boku południowym	324	0	płd.	5	50	4
Następna	325	40	płd.	5	30	4
Nie objęte konstelacją 4, czwartej wielkości.						

Wszystkich więc gwiazd, jakie są na zodiaku, 349 a mianowicie pierwszej wielkości 5, drugiej 9, trzeciej 66, czwartej 132, piątej 105, szóstej dwadzieścia siedem, mgliste 3, niewyraźne 2 oraz nie wliczony tu Warkocz, o którym wyżej powiedziałem, że astronom Konon nazwał go Włosami Bereniki.

OPIS KONSTELACJI I GWIAZD ZNAJDUJĄCYCH SIĘ NA PÓŁKULI POŁUDNIOWEJ

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
WIELORYB						
Na końcu nozdrzy	11	0	płd.	7	45	4
Ostatnia z trzech na żuchwie	11	0	płd.	11	20	3
Środkowa, na środku pyska	6	0	płd.	11	30	3
Pierwsza z trzech, na szczęce	3	50	płd.	14	0	3
Na oku	4	0	płd.	8	10	4
Północna na uwłosieniu	5	30	płd.	6	20	4
Pierwsza na grzywie	1	0	płd.	4	10	4
Spośród czterech na piersi północna z pierwszych	355	20	płd.	24	30	4
Południowa	356	40	płd.	28	0	4
Północna z następnych	0	0	płd.	25	10	4
Południowa	0	20	płd.	27	30	3
Środkowa z trzech na tułowiu	345	20	płd.	25	20	3
Południowa	346	20	płd.	30	30	4
Północna z trzech	348	20	płd.	20	0	3
Druga z dwóch przy ogonie	343	0	płd.	15	20	3
Pierwsza	338	20	płd.	15	40	3
Północna z tylnych w czworoboku na ogonie	335	0	płd.	11	40	5
Południowa	334	0	płd.	13	40	5
Północna z pozostałych, przednich	332	40	płd.	13	0	5
Południowa	332	20	płd.	14	0	5
Na północnym końcu ogona	327	40	płd.	9	30	3
Na południowym końcu ogona	329	0	płd.	20	20	3
22 gwiazdy, z tego trzeciej wielkości 10, czwartej 8, piątej 4.						
ORION						
Mglista na głowie	50	20	płd.	16	30	mglista
Jasna, czerwonawa, na prawym ramieniu	55	20	płd.	17	0	1
Na lewym ramieniu	43	40	płd.	17	30	2 większa
Następna za nią	48	20	płd.	18	0	4 mniejsza
Na prawym łokciu	57	40	płd.	14	30	4
Na prawym przedramieniu	59	40	płd.	11	50	6
Spośród czterech na prawej ręce druga z południowych	59	50	płd.	10	40	4
Pierwsza	59	20	płd.	9	45	4
Druga na północnym boku	60	40	płd.	8	15	6
Pierwsza na tymże boku	59	0	płd.	8	15	6
Pierwsza z dwóch na maczudze	55	0	płd.	3	45	5
Następna	57	40	płd.	3	15	5
Ostatnia z czterech w prostej linii na grzbiecie	50	50	płd.	19	40	4
Przed nią na drugim miejscu	49	40	płd.	20	0	6
Przed nią na trzecim miejscu	48	40	płd.	20	20	6

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Przed nią na czwartym miejscu	47	30	płd.	20	30	5
Najbardziej północna z dziewięciu na tarczy	43	50	płd.	8	0	4
Druga	42	40	płd.	8	10	4
Trzecia	41	20	płd.	10	15	4
Czwarta	39	40	płd.	12	50	4
Piąta	38	30	płd.	14	15	4
Szósta	37	50	płd.	15	50	3
Siódma	38	10	płd.	17	10	3
Ósma	38	40	płd.	20	20	3
Ostatnia z nich, najbardziej południowa	39	40	płd.	21	30	3
Pierwsza z trzech błyszczących na pasie	48	40	płd.	24	10	2
Środkowa	50	40	płd.	24	50	2
Ostatnia z trzech w linii prostej	52	40	płd.	25	30	2
Na rękojeści miecza	47	10	płd.	25	50	3
Północna z trzech na mieczu	50	10	płd.	28	40	4
Środkowa	50	0	płd.	29	30	3
Południowa	50	20	płd.	29	50	3 mniejsza
Druga z dwóch na końcu miecza	51	0	płd.	30	30	4
Pierwsza	49	30	płd.	30	50	4
Jasna na lewej stopie, a zarazem na Rzece	42	30	płd.	31	30	1
Na lewej goleni	44	20	płd.	30	15	4 większa
Na lewej pięcie	46	40	płd.	31	10	4
Na prawym kolanie	53	30	płd.	33	30	3

Z 38 gwiazd pierwszej wielkości 2, drugiej 4, trzeciej 8, czwartej 15, piątej 3, szóstej 5 oraz jedna mglista.

RZEKA (ERYDAN)

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość Stopnie	Długość Minuty		Szerokość Stopnie	Szerokość Minuty	Wielkość
Na początku Rzeki od lewej stopy Oriona	41	40	płd.	31	50	4
Najbardziej północna na zakręcie przy goleni Oriona	42	10	płd.	28	15	4
Druga z dwóch za nią	41	20	płd.	29	50	4
Pierwsza	38	0	płd.	28	15	4
Druga z następnych dwóch	36	30	płd.	25	15	4
Pierwsza	33	30	płd.	25	20	4
Ostatnia z trzech za nimi	29	40	płd.	26	0	4
Środkowa	29	0	płd.	27	0	4
Pierwsza z trzech	26	10	płd.	27	50	4
Po przerwie ostatnia z czterech	20	20	płd.	32	50	3
Poprzedzająca ją	18	0	płd.	31	0	4
Poprzedzająca ją na trzecim miejscu	17	30	płd.	28	50	3
Pierwsza ze wszystkich czterech	15	30	płd.	28	0	3
Znowu w podobny sposób ostatnia z czterech	10	30	płd.	25	30	3
Poprzedzająca ją	8	10	płd.	23	50	4
Poprzedzająca i tę również	5	30	płd.	23	10	3
Pierwsza z tych czterech	3	50	płd.	23	15	4

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Na zakręcie Rzeki dotykająca piersi Wieloryba	358	30	płd.	32	10	4
Następna za nią	359	10	płd.	34	50	4
Pierwsza z trzech następnych	2	10	płd.	38	30	4
Środkowa	7	10	płd.	38	10	4
Ostatnia z trzech	10	50	płd.	39	0	5
Północna z dwóch pierwszych na czworoboku	14	40	płd.	41	30	4
Południowa	14	50	płd.	42	30	4
Pierwsza na tylnym boku	15	30	płd.	43	20	4
Ostatnia z tych czterech	18	0	płd.	43	20	4
Północna z dwóch połączonych z sobą ku wschodowi	27	30	płd.	50	20	4
Bardziej południowa	28	20	płd.	51	45	4
Druga z dwóch na powrotnym zakręcie	21	30	płd.	53	50	4
Pierwsza	19	10	płd.	53	10	4
Ostatnia z trzech na pozostałej przestrzeni	11	10	płd.	53	0	4
Środkowa	8	10	płd.	53	30	4
Pierwsza z trzech	5	10	płd.	52	0	4
Błyszcząca na końcu Rzeki	353	30	płd.	53	30	1
34 gwiazdy: pierwszej wielkości 1, trzeciej 5, czwartej 27, piątej jedna.						
ZAJĄC						
Północna z pierwszych w czworoboku na uszach	43	0	płd.	35	0	5
Południowa	43	10	płd.	36	30	5
Północna na tylnym boku	44	40	płd.	35	30	5
Południowa	44	40	płd.	36	40	5
Na podbródku	42	30	płd.	39	40	4 większa
Na końcu lewej przedniej łapy	39	30	płd.	45	15	4 większa
Na środku tułowia	48	50	płd.	41	30	3
Pod brzuchem	48	10	płd.	44	20	3
Północna z dwóch na tylnych łapach	54	20	płd.	44	0	4
Bardziej południowa	52	20	płd.	45	50	4
Na lędźwiach	53	20	płd.	38	20	4
Na końcu ogona	56	0	płd.	38	10	4
Gwiazd 12: trzeciej wielkości 2, czwartej 6, piątej 4.						
PIES						
Najjaśniejsza na pysku, zwana Psem	71	0	płd.	39	10	1 największa
Na uszach	73	0	płd.	35	0	4
Na głowie	74	40	płd.	36	30	5
Północna z dwóch na szyi	76	40	płd.	37	45	4
Południowa	78	40	płd.	40	0	4
Na piersi	73	50	płd.	42	30	5
Północna z dwóch na prawym kolanie	69	30	płd.	41	15	5

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość			Szerokość		Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Południowa	69	20	płd.	42	30	5
Na końcu przedniej łapy	64	20	płd.	41	20	3
Pierwsza z dwóch na lewym kolanie	68	0	płd.	46	30	5
Następna	69	30	płd.	45	50	5
Druga z dwóch na lewej łopatce	78	0	płd.	46	0	4
Pierwsza	75	0	płd.	47	0	5
Na lewym biodrze	80	0	płd.	48	45	3 mniejsza
Pod brzuchem między udami	77	0	płd.	51	30	3
Na podkolanku prawej łapy	76	20	płd.	55	10	4
Na końcu tejże łapy	77	0	płd.	55	40	3
Na końcu ogona	85	30	płd.	50	30	3 mniejsza

Gwiazd 18: pierwszej wielkości 1, trzeciej 5, czwartej 5, piątej 7.

Nie objęte konstelacją w pobliżu Psa

Na północ od głowy Psa	72	50	płd.	25	15	4
Południowa z czterech na prostej linii pod tylnymi łapami	63	20	płd.	60	30	4
Bardziej północna	64	40	płd.	58	45	4
Od tej jeszcze bardziej północna	66	20	płd.	57	0	4
Pozostała z tych czterech, najbardziej północna	67	30	płd.	56	0	4
Pierwsza z trzech w linii prawie prostej na zachód	50	20	płd.	55	30	4
Środkowa	53	40	płd.	57	40	4
Ostatnia z trzech	55	40	płd.	59	30	4
Pod nimi druga z dwóch jasnych	52	20	płd.	59	40	2
Pierwsza	49	20	płd.	57	40	2
Ostatnia, bardziej południowa od wyżej wymienionych	45	30	płd.	59	30	4

Gwiazd 11: drugiej wielkości 2, czwartej 9.

CANICULA, CZYLI PROKYON (PIESEK)

Na karku	78	20	płd.	14	0	4
Błyszcząca na udzie, właściwy Prokyon, czyli Kanikuła	82	30	płd.	16	10	1

Z dwóch gwiazd pierwszej wielkości 1, czwartej 1.

ARGO, CZYLI OKRĘT

Pierwsza z dwóch na końcu Okrętu	93	40	płd.	42	40	5
Następna	97	40	płd.	43	20	3
Północna z dwóch na rufie	92	10	płd.	45	0	4
Bardziej południowa	92	10	płd.	46	0	4
Poprzedzająca te dwie	88	40	płd.	45	30	4
Błyszcząca na środku tarczy	89	40	płd.	47	15	4
Pierwsza z trzech pod tarczą	88	40	płd.	49	45	4
Ostatnia	92	40	płd.	49	50	4

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Środkowa z trzech	91	50	płd.	49	15	4
Na końcu steru	97	20	płd.	49	50	4
Północna z dwóch na kilu rufy	87	20	płd.	53	0	4
Południowa	87	20	płd.	58	30	3
Północna na pomoście rufy	93	30	płd.	55	30	5
Pierwsza z trzech na tymże pomoście	95	30	płd.	58	30	5
Środkowa	96	40	płd.	57	15	4
Ostatnia	99	50	płd.	57	45	4
Następna, jasna na ławie wioślarzy	104	30	płd.	58	20	2
Pod nią pierwsza z dwóch niewyraźnych	101	30	płd.	60	0	5
Następna	104	20	płd.	59	20	5
Pierwsza z dwóch nad wspomnianą błyszczącą	106	30	płd.	56	40	5
Druga	107	40	płd.	57	0	5
Północna z trzech na tarczkach i nasadzie masztu	119	0	płd.	51	30	4 większa
Środkowa	119	30	płd.	55	30	4 większa
Południowa z trzech	117	20	płd.	57	10	4
Pod nimi północna z dwóch połączonych z sobą	122	30	płd.	60	0	4
Bardziej południowa	122	20	płd.	61	15	4
Południowa z dwóch na środku masztu	113	30	płd.	51	30	4
Północna	112	40	płd.	49	0	4
Pierwsza z dwóch na szczycie żagla	111	20	płd.	43	20	4
Następna	112	20	płd.	43	30	4
Pod trzecią znajdującą się za tarczą	98	30	płd.	54	30	2 mniejsza
Na przecięciu pokładu	100	50	płd.	51	15	2
Między wiosłami na kilu	95	0	płd.	63	0	4
Następna za nią niewyraźna	102	20	płd.	64	30	6
Następna za tą na pokładzie, jasna	113	20	płd.	63	50	2
Błyszcząca, bardziej południowa, poniżej kilu	121	50	płd.	69	40	2
Pierwsza z trzech następnych za nią	128	30	płd.	65	40	3
Środkowa	134	40	płd.	65	50	3
Ostatnia	139	20	płd.	65	50	2
Pierwsza z dwóch następnych przy przecięciu	144	20	płd.	62	50	3
Druga	151	20	płd.	62	15	3
Pierwsza z dwóch na przednim, północnym wiośle sterowym	57	20	płd.	65	50	4 większa
Następna	73	30	płd.	65	40	3 większa
Pierwsza na drugim wiośle sterowym, Kanopus	70	30	płd.	75	0	1
Ostatnia, następna za nią	82	20	płd.	71	50	3 większa
Gwiazd 45: pierwszej wielkości 1, drugiej 6, trzeciej 8, czwartej 22, piątej 7, szóstej jedna.						
HYDRA (WĄŻ WODNY)						
Spośród pięciu na głowie południowa z dwóch pierwszych, na nozdrzach	97	20	płd.	15	0	4
Północna z dwóch, na oku	98	40	płd.	13	40	4

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Północna z dwóch następnych, na tyle głowy	99	0	płd.	11	30	4
Południowa z nich, w paszczy	98	50	płd.	14	45	4
Ostatnia z nich wszystkich, na szczęce	100	50	płd.	12	15	4
Pierwsza z dwóch na początku grzbietu	103	40	płd.	11	50	5
Następna	106	40	płd.	13	30	4
Środkowa z trzech na wygięciu szyi	111	40	płd.	15	20	4
Następna za nią	114	0	płd.	14	50	4
Najbardziej południowa	111	40	płd.	17	10	4
Niewyraźna, północna z dwóch stykających się z sobą na południu	112	30	płd.	19	45	6
Następna z nich, południowa, jasna	113	20	płd.	20	30	2
Pierwsza z trzech za wygięciem szyi	119	20	płd.	26	30	4
Ostatnia	124	30	płd.	23	15	4
Środkowa z nich	122	0	płd.	26	0	4
Pierwsza z trzech w linii prostej	131	20	płd.	24	30	3
Środkowa	133	20	płd.	23	0	4
Ostatnia	136	20	płd.	22	10	3
Północna z dwóch pod podstawą Pucharu	144	50	płd.	25	45	4
Południowa	145	40	płd.	30	10	4
Za nimi pierwsza w trójkącie	155	30	płd.	31	20	4
Południowa z nich	157	50	płd.	34	10	4
Ostatnia z tychże trzech	159	30	płd.	31	40	3
Za Krukiem najbliższa ogona	173	20	płd.	13	30	4
Na końcu ogona	186	50	płd.	17	30	4
Gwiazd 25: drugiej wielkości 1, trzeciej 3, czwartej 19, piątej 1, szóstej 1.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Węża Wodnego						
Na południe od głowy	96	0	płd.	23	15	3
Następna za tymi, które są na szyi	124	20	płd.	26	0	3
Nie objęte konstelacją 2, trzeciej wielkości.						
PUCHAR						
Na podstawie Pucharu, wspólna dla Węża Wodnego	139	40	płd.	23	0	4
Południowa z dwóch na środku Pucharu	146	0	płd.	19	30	4
Północna z nich	143	30	płd.	18	0	4
Na południowym obwodzie otworu	150	20	płd.	18	30	4 większa
Na północnym obwodzie	142	40	płd.	13	40	4
Na południowym uchu	152	30	płd.	16	30	4 mniejsza
Na północnym uchu	145	0	płd.	11	50	4
Gwiazd siedem, czwartej wielkości						

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
KRUK						
Na dziobie, wspólna dla Hydry	158	40	płd.	21	30	3
Na karku	157	40	płd.	19	40	3
Na piersi	160	0	płd.	18	10	5
Na prawym, przednim, skrzydle	160	50	płd.	14	50	3
Pierwsza z dwóch na drugim skrzydle	160	0	płd.	12	30	3
Następna	161	20	płd.	11	45	4
Na końcu nogi, wspólna dla Hydry	163	50	płd.	18	10	3
Z 7 gwiazd trzeciej wielkości 5, czwartej 1, piątej jedna.						
CENTAUR						
Najbardziej południowa z czterech na głowie	183	50	płd.	21	20	5
Bardziej północna	183	20	płd.	13	50	5
Pierwsza z dwóch środkowych	182	30	płd.	20	30	5
Następna, pozostała z czterech	183	20	płd.	20	0	5
Na lewym, przednim, ramieniu	179	30	płd.	25	30	3
Na prawym ramieniu	189	0	płd.	22	30	3
Na lewym barku	182	30	płd.	17	30	4
Spośród czterech na tarczy północna z dwóch pierwszych	191	30	płd.	22	30	4
Południowa	192	30	płd.	23	45	4
Z pozostałych dwóch ta, która jest na wierzchołku tarczy	195	20	płd.	18	15	4
Bardziej południowa	196	50	płd.	20	50	4
Pierwsza z trzech na prawym boku	186	40	płd.	28	20	4
Środkowa	187	20	płd.	29	20	4
Ostatnia	188	30	płd.	28	0	4
Na prawym przedramieniu	189	40	płd.	26	30	4
Na prawym łokciu	196	10	płd.	25	15	3
Na końcu prawej ręki	200	50	płd.	24	0	4
Jasna u nasady ludzkiego tułowia	191	20	płd.	33	30	3
Druga z dwóch niewyraźnych	191	0	płd.	31	0	5
Pierwsza	189	50	płd.	30	20	5
Na linii grzbietu	185	30	płd.	33	50	5
Przed nią na grzbiecie konia	182	20	płd.	37	30	5
Ostatnia z trzech na lędźwiach	179	10	płd.	40	0	3
Środkowa	178	20	płd.	40	20	4
Pierwsza z trzech	176	0	płd.	41	0	5
Pierwsza z dwóch stykających się z sobą na prawym biodrze	176	0	płd.	46	10	2
Następna	176	40	płd.	46	45	4
Na piersi pod łopatką konia	191	40	płd.	40	45	4
Pierwsza z dwóch pod brzuchem	179	50	płd.	43	0	2
Następna	181	0	płd.	43	45	3
Na podkolanku prawej nogi	183	20	płd.	51	10	2

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Na jej łydce	188	40	płd.	51	40	2
Na podkolanku lewej nogi	188	40	płd.	55	10	4
Pod jej kopytem	184	30	płd.	55	40	4
Na końcu przedniej prawej nogi	181	40	płd.	41	10	1
Na lewym kolanie	197	30	płd.	45	20	2
Pod prawym udem nie objęta konstelacją	188	0	płd.	49	10	3
Gwiazd 37: pierwszej wielkości 1, drugiej 5, trzeciej 7, czwartej 15, piątej 9.						
BESTIA TRZYMANA PRZEZ CENTAURA (WILK)						
Na końcu tylnej łapy przy ręce Centaura	201	20	płd.	24	50	3
Na podkolanku tejże łapy	199	10	płd.	20	10	3
Pierwsza z dwóch na łopatce	204	20	płd.	21	15	4
Następna	207	30	płd.	21	0	4
Na środku tułowia	206	20	płd.	25	10	4
Na brzuchu	203	30	płd.	27	0	5
Na biodrze	204	10	płd.	29	0	5
Północna z dwóch na linii biodra	208	0	płd.	28	30	5
Południowa	207	0	płd.	30	0	5
Na końcu lędźwi	208	40	płd.	33	10	5
Południowa z trzech na końcu ogona	195	20	płd.	31	20	5
Środkowa	195	10	płd.	30	0	4
Północna z trzech	196	20	płd.	29	20	4
Południowa z dwóch na gardle	212	10	płd.	17	0	4
Północna	212	40	płd.	15	20	4
Pierwsza z dwóch w paszczy	209	0	płd.	13	30	4
Następna	210	0	płd.	12	50	4
Bardziej południowa z dwóch na przedniej łapie	240	40	płd.	11	30	4
Bardziej północna	239	50	płd.	10	0	4
Gwiazd 19: trzeciej wielkości 2, czwartej 11, piątej 6.						
OŁTARZ ALBO KADZIELNICA						
Północna z dwóch na podstawie	231	0	płd.	22	40	5
Południowa	233	40	płd.	25	45	4
Na środku ołtarzyka	229	30	płd.	26	30	4
Północna z trzech na ognisku	224	0	płd.	30	20	5
Południowa z pozostałych dwóch stykających się z sobą	228	30	płd.	34	10	4
Północna	228	20	płd.	33	20	4
Na środku płomienia	224	10	płd.	34	10	4
Gwiazd 7: czwartej wielkości 5, piątej 2.						
KORONA POŁUDNIOWA						
Pierwsza poza południowym obwodem	242	30	płd.	21	30	4

Układ gwiazd w konstelacjach	Długość		Szerokość			Wielkość
	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	
Następna za nią, w koronie	245	0	płd.	21	0	5
Następna za tą	246	30	płd.	20	20	5
Następna również i za tą	248	10	płd.	20	0	4
Za nią, przed kolanem Strzelca	249	30	płd.	18	30	5
Jasna północna, na kolanie	250	40	płd.	17	10	4
Bardziej północna	250	10	płd.	16	0	4
Jeszcze bardziej północna	249	50	płd.	15	20	4
Druga z dwóch na północnym obwodzie	248	30	płd.	15	50	6
Pierwsza	248	0	płd.	14	50	6
Poprzedzająca je z pewnej odległości	245	10	płd.	14	40	5
Poprzedzająca i tę również	243	0	płd.	15	50	5
Ostatnia, bardziej południowa	242	30	płd.	18	30	5
Gwiazd 13: czwartej wielkości 5, piątej 6, szóstej 2.						
RYBA POŁUDNIOWA						
Na pysku, ta sama, co i na końcu Wody	300	20	płd.	23	0	1
Pierwsza z trzech na głowie	294	0	płd.	21	20	4
Środkowa	297	30	płd.	22	15	4
Ostatnia	299	0	płd.	22	30	4
Na skrzelach	297	40	płd.	16	15	4
Na płetwie południowej i na grzbiecie	288	30	płd.	19	30	5
Druga z dwóch na brzuchu	294	30	płd.	15	10	5
Pierwsza	292	10	płd.	14	30	4
Ostatnia z trzech na płetwie północnej	288	30	płd.	15	15	4
Środkowa	285	10	płd.	16	30	4
Pierwsza z trzech	284	20	płd.	18	10	4
Na końcu ogona	289	20	płd.	22	15	4
Gwiazd oprócz pierwszej 11, z tego czwartej wielkości 9, piątej 2.						
Nie objęte konstelacją w pobliżu Ryby południowej						
Pierwsza z jasnych wyprzedzających Rybę	271	20	płd.	22	20	3
Środkowa	274	30	płd.	22	10	3
Ostatnia z trzech	277	20	płd.	21	0	3
Przed nią niewyraźna	275	20	płd.	20	50	5
Bardziej południowa z pozostałych północnych	277	10	płd.	16	0	4
Bardziej północna	277	10	płd.	14	50	4
Gwiazd 6, z tego trzeciej wielkości 3, czwartej 2, piątej jedna.						

Na samej południowej stronie gwiazd 316, z tego pierwszej wielkości siedem, drugiej 18, trzeciej 60, czwartej 167, piątej 54, szóstej 9, mglista 1. I tak wszystkich gwiazd razem 1025, w tym pierwszej wielkości 15, drugiej 45, trzeciej 210, czwartej 474, piątej 216, szóstej 49, niewyraźnych 11, mglistych pięć.

MIKOŁAJA KOPERNIKA OBROTÓW *księga trzecia*

ANTYCYPACJA RÓWNONOCY I PRZESILEŃ *rozdział I*

Po opisaniu mapy gwiazd stałych muszę przejść do tych zjawisk, które są związane z rocznym obrotem, i dlatego zajmę się najpierw zmiennością równonocy, która jest powodem mniemania, że również gwiazdy stałe się poruszają.

Okazuje się mianowicie, że dawni astronomowie nie odróżniali roku zwrotnikowego, czyli naturalnego, który się liczy od równonocy lub przesilenia, od tego, który się przyjmuje w stosunku do jakiejkolwiek z gwiazd stałych. Stąd pochodzi to, że nie znając jeszcze różnicy między jednym a drugim, uważali lata Olimpiad, które zaczynano od wschodu Kanikuły, za identyczne z tymi, które się liczą od przesilenia. A że różnią się one między sobą, spostrzegł to pierwszy Hipparch Rodyjski, mąż niezwykłej bystrości, który, obserwując uważniej długość roku, większy znalazł rok odniesiony do gwiazd stałych niż do równonocy lub przesileń. Stąd wywnioskował, że również gwiazdom stałym właściwy jest jakiś ruch w kierunku sekwencji, lecz bardzo powolny i nie od razu dający się dostrzec. A jednak z upływem czasu stał się on już zupełnie wyraźny, dzięki czemu daleko już inny niż w opisie starożytnych widzimy wschód i zachód konstelacji i gwiazd, a dodekatemoria zodiaku na dość dużą odległość oddaliły się od tych konstelacji gwiazd stałych, które pierwotnie zgadzały się z nimi zarówno w nazwach, jak też w położeniu.

Ponadto sam ten ruch okazuje się nierównomierny, i chcąc podać przyczynę tej zmienności wyrażano różne przypuszczenia. Jedni sądzili, że istnieje pewien wahadłowy ruch kołyszącego się świata, jaki znajdujemy też u planet w ich szerokości, że od pewnych granic z obu stron powróci on kiedyś na tyle, na ile się odchyli, i że to jego zbaczanie w obie strony od swego środka nie jest większe od 8 stopni. Jednakże ten przestarzały już pogląd nie mógł się utrzymać, a to przede wszystkim dlatego, że jest już rzeczą dosyć pewną, iż głowa gwiaździstego Barana — a podobnie i inne gwiazdy — jest oddalona od równonocy wiosennej o więcej niż trzykroć osiem stopni, gdy tymczasem przez tyle wieków nie spostrzeżono ani śladu powrotu. Inni przypuszczali, że sfera gwiazd stałych posuwa się wprawdzie naprzód, ale krokami nierównymi, żadnej jednak określonej zasady nie ustalili. Do tego doszło jeszcze takie inne dziwne zjawisko natury, że nachylenie zodiaku, jak to już wyżej powiedziałem, przedstawia się nam nie tak duże, jak przed Ptolemeuszem.

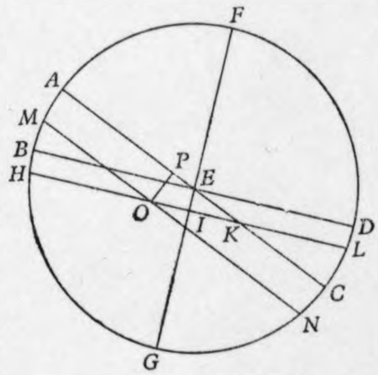
Dla tych to przyczyn jedni dziewiątą, inni dziesiątą wymyślili sferę i sądzili, że to dzięki nim tak to się dzieje, a jednak nie potrafili udowodnić tego, co obiecywali. Zaczęła już nawet prześwitywać myśl o jedenastej sferze, ale zbędność tej liczby kół łatwo wykażę na ruchu Ziemi. Albowiem, jak to już w pierwszej księdze częściowo wyłożyłem, oba obroty, to jest rocznej deklinacji i środka Ziemi, nie są zupełnie równe, skoro mianowicie powrót pierwotnej deklinacji wyprzedza cokolwiek obieg środka. Stąd nieodzownie wynika, że równonoce i przesilenia wydają się antycypować nie dlatego, iżby sfera gwiazd stałych poruszała się w kierunku sekwencji, lecz raczej z tego powodu, że równik, będąc nachylony do płaszczyzny zodiaku odpowiednio do stopnia odchylenia osi globu ziemskiego, przesuwa się w kierunku precedencji. Bo też przy zestawieniu mniejszego z większym bardziej stosowne byłoby mówić o nachyleniu równika do zodiaku niż zodiaku do równika. A o wiele przecież większy jest zodiak, który opisuje się w rocznym obiegu odległością między Słońcem i Ziemią, niż równik, który, jak się rzekło, nakreśla się dziennym ruchem Ziemi dookoła osi. I w ten to sposób owe przecięcia równonocne wraz z całym nachyleniem zodiaku z biegiem czasu wydają się wyprzedzać, a gwiazdy pozostawać w tyle. Wymiar zaś tego ruchu i zasada jego zmienności dlatego pozostały nieznane poprzednikom, że i dotychczas niewiadoma jest wielkość jego obrotu z powodu nieoczekiwanej jego powolności, jako że przez tyle wieków, odkąd się po raz pierwszy ujawnił śmiertelnikom, przebył zaledwie piętnastą część koła. Niemniej jednak na podstawie tego, co wiemy o tym z historii obserwacji aż do naszych czasów, wydobędę, na ile tylko mnie stać, dokładniejsze dane.

HISTORIA OBSERWACJI POTWIERDZAJĄCYCH NIERÓWNOŚĆ PRECESJI RÓWNONOCY I PRZESILEŃ *rozdział II*

A zatem, w pierwszym 76-letnim okresie Kallippa, w 36 jego roku, który był 30 rokiem od śmierci Aleksandra Wielkiego, Aleksandryjczyk Timocharis, który pierwszy zajął się położeniem gwiazd stałych, przekazał wiadomość, że Kłos, który trzyma Panna, oddalony był o 82 i jedną trzecią stopnia od punktu przesilenia letniego, przy szerokości południowej dwóch stopni, i że najbardziej północna z trzech gwiazd na czole Skorpiona, a pierwsza w kolejności układu tej konstelacji, miała szerokość 1 i jednej trzeciej stopnia, długość zaś 32 stopni od równonocy jesiennej. I znowu w 48 roku tegoż okresu dostrzegł Kłos Panny na długości 82 i pół stopnia od przesilenia letniego, przy czym szerokość pozostała ta sama. Hipparch zaś w 50 roku trzeciego okresu Kallippa, a w 196 roku Aleksandra znalazł gwiazdę, która na piersi Lwa nazywa się Regulusem, na 29 i pół i jednej trzeciej stopnia w sekwencji od przesilenia letniego. Następnie geometra rzymski Menelaus w pierwszym roku pryncypatu Trajana, który był 99 od narodzenia Chrystusa, a 422 od śmierci Aleksandra, zanotował odległość Kłosu Panny w długości od przesilenia letniego na 86 i jednej czwartej stopnia, a owej gwiazdy, która jest na czole Skorpiona, na 36 bez jednej dwunastej stopnia od równonocy jesiennej. Po nich z kolei Ptolemeusz w drugim, jak już zostało powiedziane, roku Antonina Piusa, a 462 od śmierci Aleksandra, spostrzegł, że Regulus Lwa miał w długości 32 i pół stopnia od przesilenia letniego, a Kłos 86 i pół stopnia, wspomniana zaś gwiazda na czole Skorpiona 36 i jedną trzecią stopnia od równonocy jesiennej, przy czym szerokość wcale się nie zmieniła, jak to wyżej w opisie katalogowym zostało podane. A te dane przedstawiłem tak, jak zostały przez tamtych przekazane.

Po długim dopiero czasie, a mianowicie w 1202 roku po śmierci Aleksandra, nastąpiła kolejna obserwacja Albategniusa Arateńskiego, do której najbardziej można mieć zaufanie. W tym roku pokazało się, że Regulus, czyli Bazyliszek, Lwa dotarł do 44 stopni i 5 minut od przesilenia letniego, a owa gwiazda na czole Skorpiona do 47 stopni i 50 minut od równonocy jesiennej, przy czym wszystkim szerokość każdej z nich pozostała wciąż ta sama, tak że w tym względzie nie ma już więcej żadnej wątpliwości.

Dlatego ja również w 1525 roku Chrystusa, a według Rzymian pierwszym po roku przestępnym, który od śmierci Aleksandra jest 1849 rokiem egipskim, często obserwowałem we Fromborku Pruskim wspomniany Kłos i okazywało się, że największa jego wysokość na południku ma prawie 27 stopni. Szerokość zaś miejscowości wypadła mi na 54 stopnie i 19 i pół minuty. Dzięki temu wiadoma była jego deklinacja od równika 8 stopni i 40 minut, a stąd zostało ustalone jego miejsce w sposób następujący.



Nakreśliłem mianowicie koło południka przechodzące przez bieguny zarówno zodiaku jak równika, którym niech będzie *ABCD*, tak że wspólnymi ich przecięciami i zarazem średnicami będą *AEC* dla równika i *BED* dla zodiaku, którego biegunem północnym niech będzie *F*, a osią *FEG*, i niech *B* będzie początkiem Koziorożca, a *D* Raka. Weźmy dalej łuk dwóch stopni *BH*, który byłby równy południowej szerokości gwiazdy, a od punktu *H* poprowadźmy równoległą do *BD* linię *HL*, która by przecięła oś zodiaku w *I*, a równik w *K*. Weźmy także odpowiednio do deklinacji południowej gwiazdy łuk *MA* o 8 stopniach i 40 minutach i od punktu *M* poprowadźmy równoległą do *AC* linię *MN*, która przetnie równoległą do zodiaku linię *HIL*; niech tedy przetnie ją w punkcie *O*, a prosta i prostopadła linia *OP* będzie równa połowie cięciwy podwojonego łuku deklinacji *AM*. A znowuż koła, których średnicami są *FG*, *HL* i *MN*, prostopadłe są do płaszczyzny *ABCD* i wspólne ich przecięcia na mocy 19 twierdzenia jedenastej księgi *Elementów* Euklidesa stoją pod kątami prostymi do tejże płaszczyzny w punktach *O* i *I*, a względem siebie samych są według szóstego twierdzenia tejże księgi równoległe. Ponieważ zaś *I* jest środkiem koła, którego średnicą jest *HL*, przeto sama linia *OI* będzie równa połowie cięciwy podwojonego łuku na kole o średnicy *HL*, odpowiadającego temu łukowi, o jaki gwiazda oddalona jest od początku Wagi w długości, której poszukujemy.

Znajduje się zaś ją w sposób następujący. Kąty mianowicie *OKP* i *AEB*, jako wewnętrzny i odpowiedni zewnętrzny, są równe, a kąt *OPK* jest prosty. W tym samym przeto stosunku mają się *OP* do *OK*, połowa cięciwy podwojonego łuku *AB* do *BE* oraz połowa cięciwy podwojonego łuku *AH* do *HIK*, tworzą bowiem trójkąty podobne do trójkąta *OPK*. Ale łuk *AB* wynosi 23 stopnie i 28 i pół minuty, a połowa cięciwy jego dwukrotności ma 39 832 części, jakich w *BE* jest 100 000, łuk *ABH* znowu 25 stopni 28 i pół minuty, a połowa cięciwy jego dwukrotności 43 010 części, *MA* zaś jest połową cięciwy podwojonego łuku deklinacji o 15 069 częściach: stąd wynika, że cała linia *HIK* zawiera 107 978 części, *OK* 37 831 części, a reszta *HO* 70 147. Lecz podwojona linia *HOI* jest cięciwą odcinka koła *HGL*, wynoszącego 176 stopni, sama więc linia *HOI* będzie zawierać 99 939 części, jakich w *BE* było 100 000, a zatem reszta *OI* 29 792 części. O ile zaś *HOI* jest połową średnicy o 100 000 części, to *OI* będzie mieć 29810 części, a odpowiada jej łuk 17 stopni i 21 bez mała minut, o który oddalony był Kłos Panny od początku Wagi: i to było właśnie miejsce tej gwiazdy.

Przed dziesięciu również laty, mianowicie w roku 1515, ustaliłem jej deklinację na 8 stopni i 36 minut, a jej miejsce na 17 stopniach i 14 minutach Wagi. Ptolemeusz zaś przekazał, że deklinacja jej wynosiła tylko połowę jednego stopnia; a zatem miejsce jej wypadałoby na 26 stopniach i 40 minutach Panny, co w zestawieniu z poprzednimi obserwacjami wydaje się stosunkowo prawdziwe.

Stąd wygląda na rzecz dosyć pewną, że w ciągu całego prawie czasu od Timocharisa do Ptolemeusza w okresie 432 lat równonoce i przesilenia przemieszczały się wskutek precesji przeważnie o jeden stopień co sto lat, zachowując zawsze stosunek czasu do długości ich drogi, która w całości wynosiła 4 i jedną trzecią stopnia. Albowiem i w odniesieniu przesilenia letniego do Bazyliszka Lwa w ciągu 266 lat od Hipparcha do Ptolemeusza przesunęły się 2 i dwie trzecie stopnia, tak że i tu również z porównania czasu okazuje się, iż antycypacja wynosiła co sto lat jeden stopień. Dalej będzie wyglądało na to, że ponieważ gwiazda na samym przodzie Skorpiona u Albategniusa właśnie przebyła w stosunku do tejże gwiazdy u Menelausa w ciągu dzielących ich 782 lat 11 stopni i 55 minut, nie można już w żadnym razie liczyć na jeden stopień stu lat, lecz 66, a od Ptolemeusza na przestrzeni 741 lat tylko 65 lat na jeden stopień. Jeżeli się zestawi wreszcie pozostały okres 645 lat z różnicą 9 stopni i 11 minut mojej obserwacji, to na jeden stopień przypadnie 71 lat. Z tego wyraźnie widać, że precesja równonocy była powolniejsza w owych 400 latach przed Ptolemeuszem niż od Ptolemeusza do Albategniusa, a ta znowu szybsza niż od Albategniusa do naszych czasów.

Również w ruchu nachylenia stwierdza się różnicę, gdyż Arystarch z Samos obliczył to wzajemne nachylenie zodiaku i równika, tak samo jak Ptolemeusz, na 23 stopnie, 51 minut i 20 sekund, Albategnius na 23 stopnie i 36 minut, w 190 lat po nim Hiszpan Arzachel na 23 stopnie i 34 minuty, i podobnież o dwie prawie minuty mniej w 230 lat później Judejczyk Prophatius, a w naszych czasach okazuje się ono nie większe od 23 stopni i 28 i pół minut, tak że stąd również jest rzeczą oczywistą, że od Arystarcha do Ptolemeusza ruch ten był najmniejszy, największy zaś od Ptolemeusza właśnie do Albategniusa.

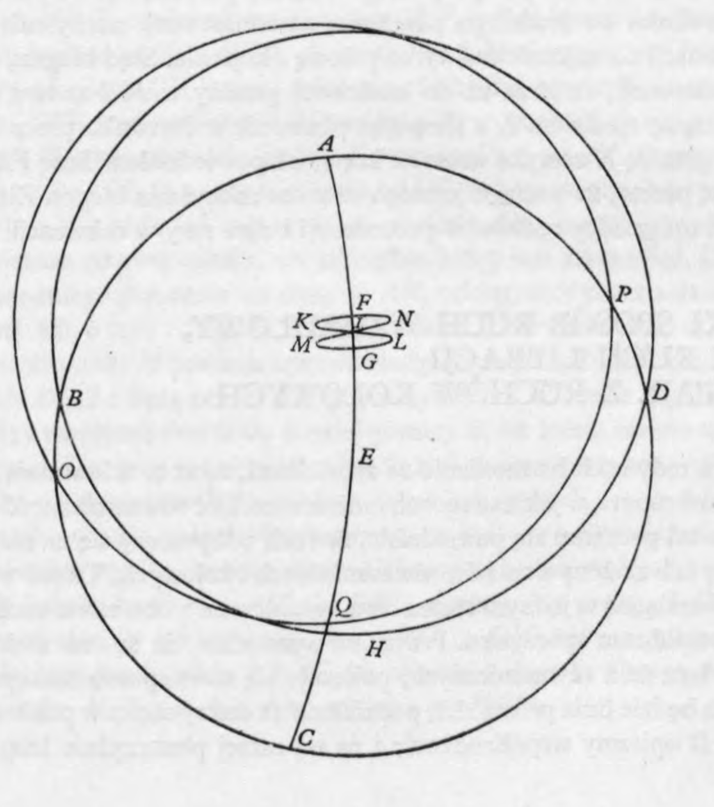
ZAŁOŻENIA WYJAŚNIAJĄCE ZMIENNOŚĆ RÓWNONOCY ORAZ WZAJEMNEGO NACHYLENIA ZODIAKU I RÓWNIKA

rozdział III

Że zatem równonoce i przesilenia ulegają zmianie ruchem nierównomiernym, zdaje się jasno wynikać z powyższych danych. Nikt zapewne nie poda lepszej tego przyczyny niż pewne odchylenie się osi ziemskiej i biegunów równika. To zaś zdaje się wynikać z przyjęcia ruchu Ziemi, gdyż jest rzeczą stwierdzoną, że koło, które przechodzi środkiem znaków zwierzyńcowych, pozostaje stale niezmienne, jak dowodzą tego zawsze te same szerokości gwiazd stałych, równik natomiast się zmienia. Bo też gdyby ruch osi Ziemi zgadzał się zupełnie dokładnie z ruchem środka, nie zachodziłoby, jak powiedziałem, żadne zgoła wyprzedzanie równonocy i przesileń. Ponieważ jednak różnią się one między sobą, i to różnicą niejednakową, musiały również przesilenia i równonoce wyprzedzać ruchem nierównomiernym miejsca gwiazd. To samo się dzieje z ruchem deklinacji, który także nierównomiernie zmienia nachylenie zodiaku, słuszniej jednak byłoby to nachylenie przypisać równikowi.

Z tego powodu należy przyjąć dwa w ogóle zmiennokierunkowe ruchy biegunów, podobne wahadłowym kołysaniom, ponieważ bieguny i koła na sferze nawzajem z sobą się wiążą i sobie odpowiadają. Jeden więc ruch to będzie ten, który przez takie przesuwanie się biegunów w górę i w dół po kącie przecięcia zmienia nachylenie owych kół, drugi zaś to taki, który przez poprzeczne wahanie się w obie strony powiększa i zmniejsza precesje przesileń i równonocy. Te zaś ruchy nazywamy libracjami, a to dlatego, że na kształt wahadeł na tej samej drodze między dwiema granicami w środku stają się szybsze, a na krańcach najpowolniejsze, jak to się dzieje na ogół, co zobaczymy w swoim miejscu, przy szerokościach planet. Różnią się one także w swoich pełnych obrotach, gdyż nieregularność równonocy powtarza się od nowa dwa razy podczas jednego nawrotu nachylenia. Jak zaś dla wszelkiego wykazującego nierówność ruchu należy przyjąć pewien stan pośredni, za pomocą którego można by uchwycić zasadę nierówności, tak i tu naturalnie koniecznością było wyobrazić sobie średnie bieguny i średni równik, oraz średnie przecięcia równonocne i punkty przesileń, względem których bieguny i równik ziemski, odchylając się w obie strony, lecz w stałych granicach, powodują to, żę owe równe ruchy pokazują się niejednakowe. Tak więc obie owe libracje, zbiegając się z sobą, zobopólnie sprawiają, że bieguny Ziemi opisują z czasem pewne linie podobne do krętego wieńca.

A ponieważ niełatwo jest wytłumaczyć to w dostatecznym stopniu słowami i tym mniej, jak się obawiam, będzie to zrozumiałe ze słyszenia, jeżeli się nie zobaczy tego również naocznie, nakreślmy przeto sferyczny zodiak *ABCD*, jego biegunem północnym niech będzie *E*, początkiem Koziorożca *A*, Raka *C*, Barana *B* i Wagi *D*, a przez punkty *A* i *C* oraz biegun *E* niech przechodzi koło *AEC*. Największą odległością między północnymi biegunami zodiaku i równika niech będzie *EF*, najmniejszą *EG*, jak też niech będzie w środkowym miejscu biegun *I*, z którego opiszmy równik *BHD*, i nazwijmy go średnim, a *B* i *D* średnimi równonocami. Wszystko to niech się obraca dookoła bieguna *E* ruchem stale równomier-



nym w kierunku precedencji, to jest przeciwnym kolejności znaków zodiaku na sferze gwiazd stałych, i przy tym, jak się powiedziało, ruchem powolnym. Teraz wyobraźmy sobie dwa zmiennokierunkowe ruchy biegunów ziemskich podobne do wahadeł: jeden w granicach między *F* i *G*, który będzie się nazywać ruchem anomalii, to jest nierówności deklinacji; drugi przechodzący poprzecznie z kierunku precedencji w kierunek sekwencji i z kierunku sekwencji w kierunek precedencji, który, dwa razy szybszy od pierwszego, nazwiemy anomalią równonocy.

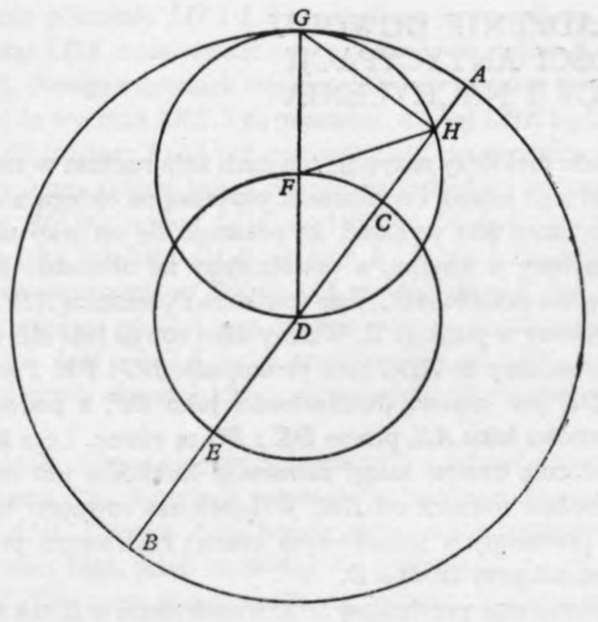
Oba te zgodnie na biegunach Ziemi zachodzące ruchy odchylają je w sposób osobliwy. Jeżeli bowiem najpierw umieści się biegun północny Ziemi w *F*, to opisany dookoła niego równik przejdzie przez te same przecięcia *B* i *D*, mianowicie przez bieguny koła *AFEC*, lecz kąty nachylenia powiększy proporcjonalnie do łuku *FI*. Kiedy wziąwszy stąd początek biegun Ziemi ma przejść do średniego nachylenia w *I*, dochodzący drugi ruch nie pozwala mu posuwać się prosto po *FI*, lecz sprowadza go drogą okrężną do krańcowej w kierunku sekwencji szerokości, która niech będzie w *K*. W tym położeniu przecięcie opisanego równika widomego *OQP* nie wypadnie w *B*, lecz za nim w *O*, a precesja równonocy o tyle się zmniejszy, ile będzie wynosić *BO*. Stąd zrobiwszy zwrot i posuwając się w kierunku precedencji biegun uwalnia się w środku *I* od obu jednocześnie współdziałających ruchów, a widomy równik schodzi się całkowicie z równym, czyli średnim. I stamtąd posuwając się dalej, przenosi się biegun Ziemi na stronę precedencji, oddziela równik widomy od średniego i powiększa precesję równonocy aż do drugiej granicy *L*. Stąd wracając, ujmuje równonocom to, co dopiero im dodał, aż znalazłszy się w punkcie *G* spowoduje najmniejsze nachylenie w tym samym przecięciu *B*, gdzie ruch równonocy i przesileń okaże się znowu najpowolniejszy w ten prawie sposób, co przy *F*. Jest rzeczą pewną, że w tym czasie nieregularność ich dokonała już swego pełnego obrotu, ponieważ przebyła oba krańcowe w stosunku do średniego położenia, natomiast ruch nachylenia od największej deklinacji do najmniejszej tylko połowę okrążenia. Stąd biegun, dążąc w kierunku sekwencji, zmierza aż do krańcowej granicy w *M* i znowu nawróciwszy schodzi się ze środkiem *I*, a skręcając ponownie w kierunku precedencji i przeszedłszy granicę *N* zamyka wreszcie krętą, jak powiedziałem, linię *FKILGMINF*. Jasne jest przeto, że w ciągu jednego nawrotu nachylenia biegun Ziemi dwa razy dochodzi do granicy ruchów w precedencji i dwa razy w sekwencji.

W JAKI SPOSÓB RUCH WAHADŁOWY, CZYLI RUCH LIBRACJI, POWSTAJE Z RUCHÓW KOŁOWYCH

rozdział IV

Że ten tedy ruch harmonizuje ze zjawiskami, zaraz to udowodnię. Tymczasem jednak ktoś zapyta, w jakiż to sposób można rozumieć równomierność owych libracji, skoro od początku się powiedziało, że ruch odbywający się na niebie jest równomierny lub złożony z ruchów równomiernych i kołowych. Tu zaś w obu wypadkach pokazują się w jednym ruchu dwa ograniczone z obu stron ruchy, u których musi nastąpić stan spoczynku. Przyznam wprawdzie, że są one złożone z dwóch ruchów, lecz że z równomiernych, pokazuje się to w sposób następujący.

Niech będzie linia prosta *AB*, podzielona na cztery części w punktach *C*, *D* i *E*; dookoła *D* opiszmy współśrodkowe i na tej samej płaszczyźnie leżące koła *ADB*



i *CDE*, a na łuku wewnętrznego koła obierzmy dowolnie punkt *F* i z niego jako środka *F*, odległością zaś *FD*, nakreślmy koło *GHD*, które niech przetnie linię prostą *AB* w punkcie *H*, i poprowadźmy średnicę *DFG*. Należy wykazać, że przy wzajemnym współdziałaniu dwojakich ruchów kół *GHD* i *CFE* ruchomy punkt *H* posuwa się wahadłowo w obie strony po tej samej linii prostej *AB*. Stanie się to, jeżeli się przyjmie, że *H* porusza się w przeciwną stronę i dwa razy prędzej niż punkt *F*, ponieważ ten sam kąt *CDF*, będąc kątem środkowym koła *CFE* i kątem wpisanym koła *GHD*, obejmuje oba łuki równych kół: *FC* oraz dwa razy większy od niego *GH*, i przy założeniu, że kiedyś przy zejściu się linii prostych *ACD* i *DFG* ruchomy punkt *H* znajdzie się w punkcie *G* zbiegającym się z *A*, a *F* w *C*. W takim zaś razie środek *F* przesunął się po *FC* w prawą stronę, a punkt *H* po łuku *GH*, dwa razy większym od *CF*, w lewą stronę, lub odwrotnie; *H* więc będzie się odchylać z powrotem po linii *AB*, inaczej wypadałoby, że część jest większa od swej całości, co, jak sądzę, łatwo jest zrozumieć. Oddalił się zaś od poprzedniego położenia na długość *AH*, odciągnięty przez załamanie linii *DFH*, równej *AD*, o taką odległość, o jaką średnica *DFG* przewyższa cięciwę *DH*. I w ten sposób punkt *H* zostanie sprowadzony do środka *D*, który znajdzie się na styku koła *DHG* z linią prostą *AB*, gdy oczywiście *GD* stanie pod kątem prostym do *AB*; a następnie dotrze do drugiej granicy *B*, od której znowu w podobny sposób powróci. Jest więc rzeczą widoczną, że z dwóch ruchów kołowych i w taki sposób z sobą się zbiegających powstaje ruch po linii prostej, a z ruchów równomiernych ruch wahadłowy i nierównomierny, co było do udowodnienia.

Z tego również wynika, że linia prosta *GH* zawsze będzie stać pod kątem prostym do *AB*, linie te bowiem w półkolu *DHG* obejmą kąt prosty. I dlatego *GH* będzie połową cięciwy podwojonego łuku *AG*, a *DH* znowu połową cięciwy dwukrotności tego, co dopełnia łuk *AG* do ćwiartki koła, a to dlatego, że zgodnie ze średnicą koło *AGB* jest dwa razy większe od *HGD*.

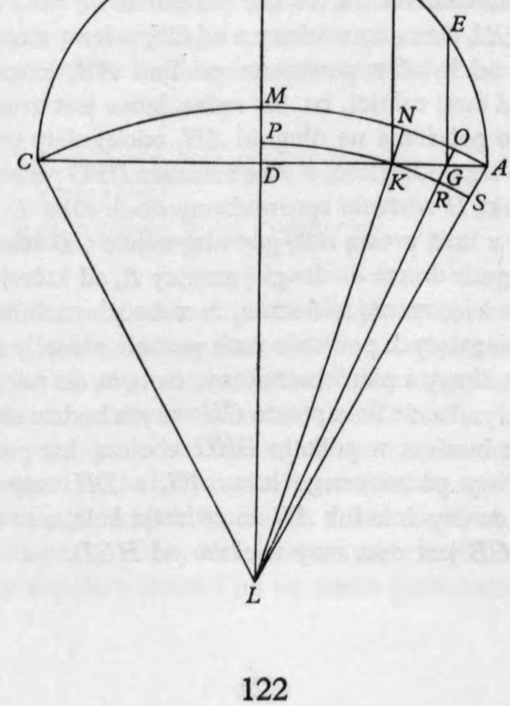
PRZEPROWADZENIE DOWODU NIERÓWNOŚCI ANTYCYPACJI RÓWNONOCY I NACHYLENIA *rozdział V*

Z tego powodu niektórzy nazywają ten ruch koła ruchem w szerokości, to jest po średnicy, cykl jego jednak i regularność określają na okręgu, a wielkość na cięciwach. Dlatego łatwo jest wykazać, że pokazuje się on jako nierównomierny, a mianowicie szybszy w środku, a powolniejszy na obwodzie koła.

Niech oto będzie półkole *ABC*, jego środkiem *D*, średnicą *ADC*, i niech będzie podzielone na połowy w punkcie *B*. Weźmy dalej równe łuki *AE* i *BF*, a z punktów *F* i *E* poprowadźmy do *ADC* linie prostopadłe *EG* i *FK*. Ponieważ tedy podwojona linia *DK* jest cięciwą dwukrotności łuku *BF*, a podwojona linia *EG* cięciwą dwukrotności łuku *AE*, przeto *DK* i *EG* są równe. Lecz linia *AG* podług siódmego twierdzenia trzeciej księgi *Elementów* Euklidesa jest mniejsza od *GE*, × mniejsza więc będzie również od *DK*. Wskutek zaś równości łuków *AE* i *BF* linie *GA* i *KD* przebiegły w jednakowym czasie; ruch zatem przy obwodzie *A* powolniejszy jest niż przy środku *D*.

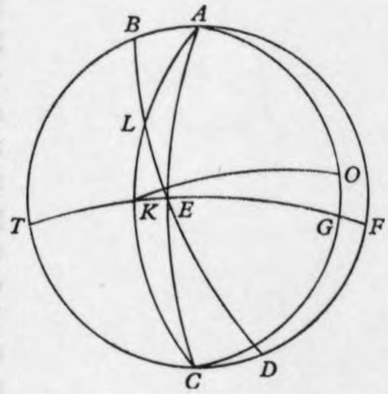
Po udowodnieniu tego przyjmijmy teraz środek ziemi w *L*, tak żeby linia prosta *LD* była prostopadła do płaszczyzny półkola *ABC*, a przez punkty *A* i *C* opiszmy ze środka *L* łuk koła *AMC* i poprowadźmy linię prostą *LDM*. W *M* zatem będzie biegun półkola *ABC*, a *ADC* wspólnym przecięciem kół. Nakreślmy też linie łączące *LA* i *LC* i podobnież *LK* i *LG*, które w prostym przedłużeniu niech przetną łuk *AMC* w *N* i *O*. Ponieważ tedy kąt *LDK* jest prosty, ostry więc jest kąt *LKD*. Dlatego i linia *LK* dłuższa jest od *LD*, i tym bardziej w trójkątach rozwartokątnych bok *LG* większy jest od boku *LK*, a *LA* od *LG*.

Koło więc opisane ze środka *L* odległością *LK* wypadnie poza linią *LD*,



natomiast przetnie pozostałe *LG* i *LA*; nakreślmy je i niech to będzie *PKRS*. A ponieważ trójkąt *LDK* mniejszy jest od wycinka *LPK*, trójkąt zaś *LGA* większy od wycinka *LRS*, dlatego i stosunek trójkąta *LDK* do wycinka *LPK* mniejszy jest niż trójkąta *LGA* do wycinka *LRS*. I na przemian, trójkąt *LDK* będzie też w mniejszym stosunku do trójkąta *LGA* niż wycinek *LPK* do wycinka *LRS*, a podług pierwszego twierdzenia szóstej księgi *Elementów* Euklidesa podstawa *DK* tak się ma do podstawy *AG* jak trójkąt *LDK* do trójkąta *LGA*. Stosunek zaś wycinka do wycinka jest taki, jak kąta *DLK* do kąta *RLS* lub łuku *MN* do łuku *OA*. W mniejszym więc stosunku jest *DK* do *GA* niż *MN* do *OA*. Już zaś wykazałem, że linia *DK* jest większa od *GA*, tym bardziej więc — co należało udowodnić — większy będzie łuk *MN* niż *OA*, które przedstawiają się jako opisane przez bieguny Ziemi w równych okresach czasu odpowiednio do równych łuków anomalii *AE* i *BF*.

Ponieważ jednak różnica między największym i najmniejszym nachyleniem, która nie przekracza dwóch piątych stopnia, jest bardzo nieznaczna, to i różnica między krzywą *AMC* i prostą *ADC* będzie również tak niedostrzegalna, że nie wyniknie stąd żaden błąd, jeżeli będziemy się posługiwali po prostu linią *ADC* i półkolem *ABC*. Tak samo prawie dzieje się z drugim ruchem biegunów, który odnosi się do równonocy, gdyż i on nawet nie dochodzi do połowy stopnia, jak to się niżej okaże.



Niech będzie znowu koło *ABCD*, które przechodzi przez bieguny zodiaku i średniego równika, a które możemy nazwać średnim kolurem Raka. Połową zodiaku niech będzie *DEB*, średnim równikiem *AEC* i niech się przecinają z sobą w punkcie *E*, w którym się znajdzie średnia równonoc. *F* zaś niech będzie biegunem równika, przez który nakreślmy wielkie koło *FET*: i ono wobec tego będzie kolurem równonocy średnich, czyli równych. Dla ułatwienia dowodu oddzielmy teraz librację równonocy od nachylenia zodiaku odciąwszy na kolurze *EF* łuk *FG*, o który — załóżmy — odsunął się widomy biegun równika *G* od bieguna średniego *F*, i opiszmy z bieguna *G* półkole równika widomego *ALKC*, które przetnie zodiak w *L*. Sam więc punkt *L* będzie widomą równonocą, oddaloną od średniej o łuk *LE*, który powstał w następstwie łuku *EK*, równego *FG*. Jeżeli więc z obranego za biegun punktu *K* nakreślimy koło *AGC* i uświadomimy sobie, że biegun równika w tym czasie, kiedy by się odbywała libracja *FG*, nie pozostawałby przez ten czas jako prawdziwy biegun w punkcie *G*, lecz na skutek impulsu drugiej libracji odsunąłby się w kierunku nachylenia zodiaku o łuk *GO*, to przy pozostającym w miejscu zodiaku *BED* prawdziwy równik widomy zmieni się zgodnie z przesunięciem się bieguna *O*. I podobnie ruch samego przecięcia *L* widomej równonocy będzie szybszy przy środku *E*, najpowolniejszy na krańcach i prawie proporcjonalny do wykazanego już kołysania się biegunów. Zwrócenie na to uwagi warte było zachodu.

RÓWNOMIERNE RUCHY PRECESJI RÓWNONOCY ORAZ NACHYLENIA ZODIAKU *rozdział VI*

Wszelki natomiast ruch kołowy przedstawiający się zmiennym odbywa się w czterech fazach: w jakby krańcowych, gdzie w jednej okazuje się powolny, w drugiej szybki, oraz w jakby pośrednich, gdzie jest średni, gdyż od końca zmniejszania się i początku przyśpieszenia przechodzi w średni, od średniego wzrasta w szybkość, z szybkiego znowu przemienia się w średni, skąd to, co pozostaje, od równomierności wraca do poprzedniej powolności. Z tych znamion można się zorientować, w jakiej części koła wypadło dla danego czasu miejsce nieregularności, czyli anomalii, i z nich też poznaje się właśnie powrót pierwotnej anomalii.

Niech na przykład w kole, podzielonym na cztery części, *A* będzie miejscem największej powolności, *B* wzrastającą szybkością średnią, *C* końcem wzrastania i początkiem zmniejszania się, a *D* malejącą szybkością średnią. Ponieważ tedy, jak to wyżej zostało powiedziane, od Timocharisa do Ptolemeusza widomy ruch precesji równonocy okazał się powolniejszy w porównaniu z pozostałymi czasami i ponieważ przez pewien czas przedstawiał się on jako równy i jednostajny, jak wskazują na to poczynione w międzyczasie obserwacje Arystylla, Hipparcha, Agryppy i Menelausa, to jest w tym dowód, że ten widomy ruch równonocy był po prostu najpowolniejszy, a w międzyczasie był u początku wzrastania, kiedy to ustępujące zmniejszanie się szybkości wraz z zaczynającym się przyśpieszeniem przez wzajemne wyrównanie sprawiało, że przez ten czas ruch wydawał się jednostajny. Dlatego obserwację Timocharisa należy odnieść do ostatniej części koła *DA*, Ptolemeuszowe zaś przypadnie na pierwszą ćwiartkę *AB*. Ponieważ znowu w drugim okresie czasu, od Ptolemeusza do Albategniusa Arateńskiego, ruch okazuje się szybszy niż w trzecim, oznacza to, że największa szybkość, to jest punkt *C*, przeminęła w drugim okresie czasu i że anomalia dotarła już do trzeciej ćwiartki koła *CD*, a w trzecim okresie aż do naszych czasów cykl anomalii jest prawie zakończony i wraca do Timocharisowego początku. Albowiem jeżeli cały obieg w ciągu 1819 lat od Timocharisa aż do nas zamkniemy, jak zwykle, w 360 stopniach, to proporcjonalnie dla 432 lat będziemy mieli łuk 85 i pół stopnia, dla 742 zaś lat 146 stopni i 51 minut, a dla pozostałych 645 lat pozostały łuk 127 stopni i 39 minut. Te dane otrzymałem drogą pobieżnego i prostego rachunku, lecz poddając je o tyle dokładniejszemu obliczeniu, żeby się ściślej zgadzały z obserwacjami, stwierdziłem, że ruch anomalii w ciągu 1819 lat egipskich przekroczył już swój pełny obrót o 21 stopni i 24 minuty i że czas obiegu wynosi tylko 1717 lat egipskich, z którego to stosunku pokazało się, że pierwszy odcinek koła zawiera 90 stopni i 35 minut, drugi 155 stopni i 34 minuty, trzeci zaś dla 543 lat pozostałe 113 stopni i 51 minut.

Z tych tak ustalonych danych wiadomy stał się również średni ruch precesji równonocy i wynosi on dla tych samych 1717 lat, w czasie których cała nieregularność powróciła do pierwotnego stanu, 23 stopnie i 57 minut, skoro dla 1819 lat otrzymaliśmy ruch widomy 25 stopni i prawie 1 minuty. Istotnie, od Timocharisa w ciągu 102 lat, o które różni się 1717 lat od 1819, powinien był ruch widomy wynosić około 1 stopnia i 4 minut, a to dlatego, że jest prawdopodobne, iż był on wtedy nieco za duży na to, żeby co sto lat przebywać jeden stopień, ponieważ wciąż nadal malał, nie osiągnąwszy jeszcze końca ubywania. Jeżeli więc jeden i jedną piętnastą stopnia odejmiemy od 25 stopni i 1 minuty, wypadnie, jak powiedziałem, dla 1717 lat egipskich średni i równomierny ruch, zrównany wtenczas ze zmiennym i widomym, na 23 stopnie i 57 minut, a stąd cały i równy obrót precesji równonocy przypada na 25 816 lat, w którym to czasie dokonuje się 15 i prawie jedna dwudziesta ósma część okrążenia anomalii.

Do tego także stosunku dopasowuje się ruch nachylenia, o którego powrocie powiedziałem, że jest dwa razy powolniejszy od precesji równonocy. Albowiem to, że Ptolemeusz przekazał, iż nachylenie 23 stopni, 51 minut i 20 sekund wcale się nie zmieniło przed nim w ciągu 400 lat od Arystarcha z Samos, wskazuje, że było ono wówczas prawie na granicy największego nachylenia, kiedy mianowicie precesja równonocy miała ruch najpowolniejszy. A przecież teraz także, kiedy się zbliża powrót tej samej powolności, nachylenie osi nie przechodzi bynajmniej w największe, lecz w najmniejsze, które to nachylenie, jak się powiedziało, oszacował w międzyczasie Albategnius Arateński na 23 stopnie i 35 minut, w 190 lat po nim Hiszpan Arzachel na 23 stopnie i 34 minuty i podobnież o dwie prawie minuty mniej w 230 lat potem Judejczyk Prophatius.

Co się tyczy wreszcie naszych czasów, to ja przez częste, od 30 lat prowadzone obserwacje ustaliłem 23 stopnie i 28 i dwie piąte prawie minuty, w czym Georg Purbach i Johannes Regiomontanus, którzy mnie bezpośrednio poprzedzili, mało się różnią. Tu znowu najwyraźniej się okazuje, że zmiana nachylenia w ciągu 900 lat od Ptolemeusza wypadła większa niż w jakimkolwiek innym okresie czasu. Ponieważ tedy mamy już pełne okrążenie anomalii precesji w 1717 latach, będziemy mieć również w tym czasie połowę obiegu nachylenia, a całkowity jego cykl w 3434 latach. Jeżeli przeto 360 stopni podzielimy przez tęże liczbę 3434 lat lub 180 stopni przez 1717, to roczny ruch prostej anomalii wypadnie na 6 minut, 17 sekund, 24 tercje i 9 kwart. Te znowu podzielone przez 365 dni dają dzienny ruch 1 sekundy, 2 tercji i 2 kwart. Podobnie, gdy się podzieli średni ruch precesji równonocy, wynoszący 23 stopnie i 57 minut, przez 1717 lat, wypadnie ruch roczny na 50 sekund, 12 tercji i 5 kwart, a ten znowu podzielony przez 365 dni da ruch dzienny 8 tercji i 15 kwart.

Aby zaś te ruchy stały się łatwiej dostępne i kiedy zajdzie potrzeba, były pod ręką, podam tabele, czyli ich zestawienia, oparte na ciągłym i równomiernym dodawaniu rocznego ruchu, przy czym zawsze 60 jednostek, jeśli takie powstaną, przenosi się do minut lub stopni, a ułożyłem je dla wygody aż do kolejnych 60 lat, gdyż w poszczególnych sześćdziesiątkach lat zachodzi ten sam układ liczb z przesunięciem tylko nazw stopni i ich części, tak że te, które przedtem były sekundami, stają się minutami, i tak dalej, dzięki któremu to skrótowi można będzie za pomocą tych zwięzłych tablic przynajmniej w obrębie 3600 lat otrzymać z dwukrotnego odczytu i z jego zsumowania ruchy równe dla danych lat. Tak też się sprawa ma z liczbą dni.

Będę zaś przy obliczaniu ruchów niebieskich posługiwać się wszędzie latami egipskimi, które jedyne spośród cywilnych okazują się równe. Należało bowiem miarę uzgodnić z przedmiotem mierzonym, a do tego nie bardzo się nadają lata Rzymian, Greków i Persów, do których wtrąca się dodatkowe okresy czasu nie w jeden sposób, lecz jak każdemu z tych narodów się spodobało. Natomiast rok egipski nie nasuwa żadnej dwuznaczności dzięki stałej liczbie 365 dni, obejmujących w dwunastu równych miesiącach, które sami nazywają swoimi nazwami w następującej kolejności: Thoth, Phaophi, Athyr, Chiach, Tybi, Mechir, Phamenoth, Pharmuthi, Pachon, Pauni, Epiphi i Mesori, równo sześć sześćdziesiątek dni oraz pięć pozostałych dni, które nazywają przybyszowymi. Dlatego do obliczania ruchów równych najbardziej przydatne są lata egipskie, do których łatwo sprowadzić jakiekolwiek inne lata przez przeliczenie na dni.

RUCH ŚREDNI PRECESJI RÓWNONOCY DLA LAT
I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Dla pocz. lat Chrystusa: 5,32

Lata	Ruch					Lata	Ruch				
	Sześć-dzie-siątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześć-dzie-siątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	0	0	50	12	31	0	0	25	56	14
2	0	0	1	40	24	32	0	0	26	46	26
3	0	0	2	30	36	33	0	0	27	36	38
4	0	0	3	20	48	34	0	0	28	26	50
5	0	0	4	11	0	35	0	0	29	17	2
6	0	0	5	1	12	36	0	0	30	7	15
7	0	0	5	51	24	37	0	0	30	57	27
8	0	0	6	41	36	38	0	0	31	47	39
9	0	0	7	31	48	39	0	0	32	37	51
10	0	0	8	22	0	40	0	0	33	28	3
11	0	0	9	12	12	41	0	0	34	18	15
12	0	0	10	2	25	42	0	0	35	8	27
13	0	0	10	52	37	43	0	0	35	58	39
14	0	0	11	42	49	44	0	0	36	48	51
15	0	0	12	33	1	45	0	0	37	39	3
16	0	0	13	23	13	46	0	0	38	29	15
17	0	0	14	13	25	47	0	0	39	19	27
18	0	0	15	3	37	48	0	0	40	9	40
19	0	0	15	53	49	49	0	0	40	59	52
20	0	0	16	44	1	50	0	0	41	50	4
21	0	0	17	34	13	51	0	0	42	40	16
22	0	0	18	24	25	52	0	0	43	30	28
23	0	0	19	14	37	53	0	0	44	20	40
24	0	0	20	4	50	54	0	0	45	10	52
25	0	0	20	55	2	55	0	0	46	1	4
26	0	0	21	45	14	56	0	0	46	51	16
27	0	0	22	35	26	57	0	0	47	41	28
28	0	0	23	25	38	58	0	0	48	31	40
29	0	0	24	15	50	59	0	0	49	21	52
30	0	0	25	6	2	60	0	0	50	12	5

RUCH ŚREDNI PRECESJI RÓWNONOCY DLA DNI I SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI

Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześć-dzie-siątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześć-dzie-siątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	0	0	0	8	31	0	0	0	4	15
2	0	0	0	0	16	32	0	0	0	4	24
3	0	0	0	0	24	33	0	0	0	4	32
4	0	0	0	0	33	34	0	0	0	4	40
5	0	0	0	0	41	35	0	0	0	4	48
6	0	0	0	0	49	36	0	0	0	4	57
7	0	0	0	0	57	37	0	0	0	5	5
8	0	0	0	1	6	38	0	0	0	5	13
9	0	0	0	1	14	39	0	0	0	5	21
10	0	0	0	1	22	40	0	0	0	5	30
11	0	0	0	1	30	41	0	0	0	5	38
12	0	0	0	1	39	42	0	0	0	5	46
13	0	0	0	1	47	43	0	0	0	5	54
14	0	0	0	1	55	44	0	0	0	6	3
15	0	0	0	2	3	45	0	0	0	6	11
16	0	0	0	2	12	46	0	0	0	6	19
17	0	0	0	2	20	47	0	0	0	6	27
18	0	0	0	2	28	48	0	0	0	6	36
19	0	0	0	2	36	49	0	0	0	6	44
20	0	0	0	2	45	50	0	0	0	6	52
21	0	0	0	2	53	51	0	0	0	7	0
22	0	0	0	3	1	52	0	0	0	7	9
23	0	0	0	3	9	53	0	0	0	7	17
24	0	0	0	3	18	54	0	0	0	7	25
25	0	0	0	3	26	55	0	0	0	7	33
26	0	0	0	3	34	56	0	0	0	7	42
27	0	0	0	3	42	57	0	0	0	7	50
28	0	0	0	3	51	58	0	0	0	7	58
29	0	0	0	3	59	59	0	0	0	8	6
30	0	0	0	4	7	60	0	0	0	8	15

RUCH ANOMALII RÓWNONOCY DLA LAT I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Dla pocz. lat Chrystusa: 6,45

Lata	Ruch					Lata	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	0	6	17	24	31	0	3	14	59	28
2	0	0	12	34	48	32	0	3	21	16	52
3	0	0	18	52	12	33	0	3	27	34	16
4	0	0	25	9	36	34	0	3	33	51	41
5	0	0	31	27	0	35	0	3	40	9	5
6	0	0	37	44	24	36	0	3	46	26	29
7	0	0	44	1	49	37	0	3	52	43	53
8	0	0	50	19	13	38	0	3	59	1	17
9	0	0	56	36	37	39	0	4	5	18	42
10	0	1	2	54	1	40	0	4	11	36	6
11	0	1	9	11	25	41	0	4	17	53	30
12	0	1	15	28	49	42	0	4	24	10	54
13	0	1	21	46	13	43	0	4	30	28	18
14	0	1	28	3	38	44	0	4	36	45	42
15	0	1	34	21	2	45	0	4	43	3	6
16	0	1	40	38	26	46	0	4	49	20	31
17	0	1	46	55	50	47	0	4	55	37	55
18	0	1	53	13	14	48	0	5	1	55	19
19	0	1	59	30	38	49	0	5	8	12	43
20	0	2	5	48	3	50	0	5	14	30	7
21	0	2	12	5	27	51	0	5	20	47	31
22	0	2	18	22	51	52	0	5	27	4	55
23	0	2	24	40	15	53	0	5	33	22	20
24	0	2	30	57	39	54	0	5	39	39	44
25	0	2	37	15	3	55	0	5	45	57	8
26	0	2	43	32	27	56	0	5	52	14	32
27	0	2	49	49	52	57	0	5	58	31	56
28	0	2	56	7	16	58	0	6	4	49	20
29	0	3	2	24	40	59	0	6	11	6	45
30	0	3	8	42	4	60	0	6	17	24	9

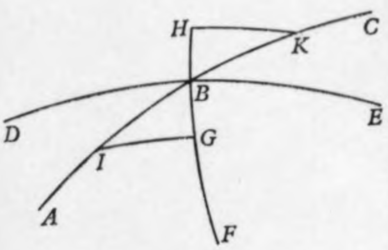
RUCH ANOMALII RÓWNONOCY DLA DNI I SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI

Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześć-dzie-siątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześć-dzie-siątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	0	0	1	2	31	0	0	0	32	3
2	0	0	0	2	4	32	0	0	0	33	5
3	0	0	0	3	6	33	0	0	0	34	7
4	0	0	0	4	8	34	0	0	0	35	9
5	0	0	0	5	10	35	0	0	0	36	11
6	0	0	0	6	12	36	0	0	0	37	13
7	0	0	0	7	14	37	0	0	0	38	15
8	0	0	0	8	16	38	0	0	0	39	17
9	0	0	0	9	18	39	0	0	0	40	19
10	0	0	0	10	20	40	0	0	0	41	21
11	0	0	0	11	22	41	0	0	0	42	23
12	0	0	0	12	24	42	0	0	0	43	25
13	0	0	0	13	26	43	0	0	0	44	27
14	0	0	0	14	28	44	0	0	0	45	29
15	0	0	0	15	30	45	0	0	0	46	31
16	0	0	0	16	32	46	0	0	0	47	33
17	0	0	0	17	34	47	0	0	0	48	35
18	0	0	0	18	36	48	0	0	0	49	37
19	0	0	0	19	38	49	0	0	0	50	39
20	0	0	0	20	40	50	0	0	0	51	41
21	0	0	0	21	42	51	0	0	0	52	43
22	0	0	0	22	44	52	0	0	0	53	45
23	0	0	0	23	46	53	0	0	0	54	47
24	0	0	0	24	48	54	0	0	0	55	49
25	0	0	0	25	50	55	0	0	0	56	51
26	0	0	0	26	52	56	0	0	0	57	53
27	0	0	0	27	54	57	0	0	0	58	55
28	0	0	0	28	56	58	0	0	0	59	57
29	0	0	0	29	58	59	0	0	1	0	59
30	0	0	0	31	1	60	0	0	1	2	2

WIELKOŚĆ MAKSYMALNEJ RÓŻNICY MIĘDZY RÓWNOMIERNĄ A WIDOMĄ PRECESJĄ RÓWNONOCY

rozdział VII

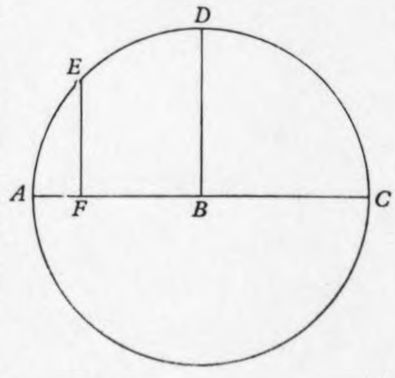
Po takim opisie ruchów średnich należy teraz zbadać, jak wielka jest maksymalna różnica między równomiernym a widomym ruchem równonocy, czyli średnica małego koła, po którym krąży ruch anomalii. Gdy się bowiem to pozna, łatwo będzie określić wszelkie inne różnice tych ruchów. Ponieważ tedy, jak wyżej była mowa, między pierwszym spostrzeżeniem Timocharisa a obserwacją Ptolemeusza w drugim roku Antonina upłynęły 432 lata, w którym to czasie średni ruch wynosi 6 stopni, widomy zaś miał 4 stopnie i 20 minut, ich różnica jeden stopień i 40 minut, a ruch anomalii podwójnej 90 stopni i 35 minut, to wydawało się również, że w połowie lub około połowy tego okresu czasu widomy ruch dotarł do kresu największej powolności, w którym musi się zbiegać z ruchem średnim, i że prawdziwa i średnia równonoc znajdowała się na tym samym przecięciu kół. Dlatego, gdy się podzieli ruch i czas na połowy, różnice między zmiennym a równomiernym ruchem będą wynosić po obu stronach po pięć szóstych jednego stopnia, którym z obu stron odpowiadają łuki koła anomalii wynoszące 45 stopni i 17 i pół minuty.



Gdy tak to zostało ustalone, niech łukiem zodiaku będzie *ABC*, średnim równikiem *DBE*, a *B* średnim przecięciem równonocy widomych, czy to Barana czy Wagi, i niech przez bieguny równika *DBE* przechodzi *FB*. Na *ABC* zaś przyjmijmy po obu stronach łuki *BI* i *BK*, wynoszące po pięć szóstych stopnia, tak żeby cały łuk *IBK* zawierał jeden stopień i 40 minut. Poprowadźmy również pod kątami prostymi do łuku *FB*, przedłużonego w *FBH*, dwa łuki równików widomych *IG* i *HK*. Mówię zaś „pod kątami prostymi", chociaż w rzeczy samej bieguny tych łuków *IG* i *HK* na skutek wmieszania się ruchu deklinacji, jak to przyjęto w założeniu, częściej wypadają poza kołem *BF*, dzięki jednak bardzo małemu oddaleniu, które, gdy będzie największe, nie przekracza czterysta pięćdziesiątej części kąta prostego, posługuję się owymi kątami jakby praktycznie prostymi, żaden bowiem błąd z tego nie wyniknie. Ponieważ tedy w trójkącie *IBG* dany jest kąt *IBG* równy 66 stopniom i 20 minutom, gdyż pozostały do kąta prostego kąt *DBA* średniego nachylenia zodiaku wynosił 23 stopnie i 40 minut, kąt zaś *BGI* jest prosty, a nadto kąt *BIG* jest prawie równy naprzemianległemu kątowi *IBD* i bok *IB* ma 50 minut, dany więc jest i łuk *BG* odległości między biegunami średniego i widomego równika jako równy 20 minutom. Podobnie w trójkącie *BHK* dwa kąty *BHK* i *HBK* są równe dwóm kątom *IBG* i *IGB*, a bok *BK* równy bokowi *BI*: będzie więc także bok *BH* równy bokowi *BG* wynoszącemu 20 minut.

Lecz ponieważ to wszystko dotyczy wielkości minimalnych, które nie dochodzą półtora stopnia zodiaku i w których linie proste cięciw są prawie równe swym łukom i zaledwie w tercjach dopiero zachodzi jakaś różnica, nie popełnimy żadnego błędu, jeżeli zamiast łuków posługiwać się będziemy liniami prostymi. Istotnie *GB* i *BH* będą proporcjonalne do *IB* i *BK* i w podobnym stosunku będą ruchy zarówno na obu biegunach, jak też na obu przecięciach.

Niech częścią zodiaku będzie *ABC*, a na nim średnią równonocą punkt *B*, z którego, przyjąwszy go za biegun, nakreślmy półkole *ADC*, przecinające zodiak w punktach *A* i *C*; poprowadźmy również od bieguna zodiaku ćwiartkę *DB*, która przetnie na połowę opisane półkole w punkcie *D*, a ten przyjmijmy za krańcową granicę powolności i początek przyśpieszenia. Na ćwiartce *AD* odetnijmy łuk *DE* 45 stopni i 17 i pół minuty, a od bieguna zodiaku przez punkt *E* spuśćmy *EF*, *BF* zaś niech się równa 50 minutom. Zadaniem jest znalezienie z tych danych całego łuku *BFA*. Jest tedy oczywiste, że podwojona linia *BF* jest cięciwą podwojonego łuku *DE*, jak zaś 7107 części *FB* ma się do 10000 części *AFB*, tak 50 minut łuku *BF* ma się do 70 minut łuku *AFB*: dany więc jest łuk *AB* równy jednemu stopniowi i 10 minutom i tak wielka jest maksymalna różnica między średnim a widomym ruchem równonocy, której szukaliśmy i z której wynika największe odchylenie biegunów równe 28 minutom.



POSZCZEGÓLNE RÓŻNICE TYCH RUCHÓW I ICH TABELARYCZNY UKŁAD *rozdział VIII*

Skoro tedy dany jest równy 70 minutom łuk *AB*, który niczym zdaje się nie różnić co do długości od prostej cięciwy, nietrudno będzie określić dla ruchów średnich i widomych wszelkie inne poszczególne różnice, które Grecy nazywają prostaferezami, późniejsi zaś wyrównaniami, a przez których odejmowanie lub dodawanie uzgadnia się zjawiska. Ja będę się posługiwał raczej nazwą grecką jako bardziej właściwą.

Jeżeli zatem *ED* będzie wynosić trzy stopnie, to ze stosunku *AB* do cięciwy *BF* będziemy mieli prostaferezę *BF* równą 4 minutom; jeżeli sześć stopni, to wypadnie 7 minut, dla dziewięciu stopni 11 minut i tak dalej. W podobny sposób, uważam, należy postępować również ze zmianą nachylenia, gdzie różnicę między największym i najmniejszym obliczono, jak powiedziałem, na 24 minuty, które powstają na półkolu pojedynczej anomalii w ciągu 1717 lat, a średnia wartość na ćwiartce koła wyniesie 12 minut, kiedy biegun małego koła tej anomalii będzie się znajdować w nachyleniu 23 stopni i 40 minut. I w ten sposób, jak powiedziałem, wyliczymy pozostałe części różnicy proporcjonalne prawie do wyżej przytoczonych, jak to podaje załączona niżej tabela.

A jakkolwiek podług tych tu objaśnień różnymi sposobami można zestawiać ruchy widome, to jednak bardziej mi odpowiadał ten sposób, dzięki któremu otrzymuje się poszczególne prostaferezy każdą z osobna, aby obliczanie samych ruchów stało się tym łatwiejsze do zrozumienia i bardziej się zgadzało z tokiem dowodzenia. Ułożyłem więc 60-wierszową tabelę, rosnącą co trzy stopnie koła. W ten sposób bowiem ani rozległej przestrzeni nie zajmie, ani też nie wyda się zbyt w zwięzłości stłoczoną, jak to i w innych podobnych tablicach postąpię. Ta będzie miała tylko cztery kolumny, z których pierwsze dwie zawierają stopnie każdego z dwóch półkoli, nazwane przeze mnie wspólną liczbą, a to dlatego, że za pośrednictwem pojedynczej liczby otrzymuje się nachylenie zodiaku, a podwojona posłuży prostaferezie równonocy, której początek bierze się od początku wzrastania.

W trzeciej rubryce będą się mieścić prostaferezy równonocy odpowiadające poszczególnym trójkom stopni, a należy je albo dodać albo odjąć od średniego ruchu, którego początek liczymy od pierwszej gwiazdy głowy Barana do wiosennej równonocy: prostaferezy ujemne dotyczą mniejszego półkola anomalii, czyli pierwszej kolumny, dodatnie drugiej kolumny i następnego półkola.

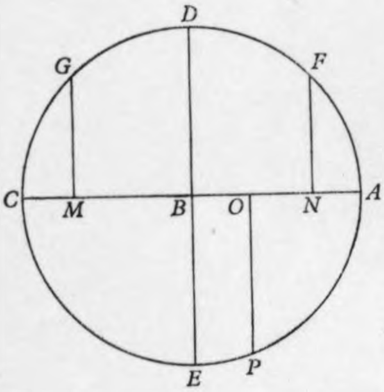
Na ostatnim wreszcie miejscu znajdują się minuty, zwane różnicami proporcjonalnymi nachylenia, a dochodzące najwyżej do sześćdziesięciu, gdyż zamiast 24 minut nadwyżki największego nachylenia nad najmniejszym kładziemy 60, z których proporcjonalnie do pozostałych nadwyżek wyliczamy części podobnej proporcji, i dlatego na początku i końcu anomalii kładziemy 60; tam zaś, gdzie nadwyżka dojdzie do 22 minut, jak przy anomalii 33 stopni, dajemy na jej miejscu 55. Tak też zamiast 20 minut kładzie się 50, jak przy anomalii 48 stopni, i w ten sam sposób w pozostałych pozycjach, jak to widać na załączonym niżej schemacie.

TABELA PROSTAFEREZ RÓWNIKA I NACHYLENIA ZODIAKU

Liczby wspólne		Prostaferezy równika		Minuty proporcjonalne nachylenia	Liczby wspólne		Prostaferezy równika		Minuty proporcjonalne nachylenia
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty		Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	
3	357	0	4	60	93	267	1	10	28
6	354	0	7	60	96	264	1	10	27
9	351	0	11	60	99	261	1	9	25
12	348	0	14	59	102	258	1	9	24
15	345	0	18	59	105	255	1	8	22
18	342	0	21	59	108	252	1	7	21
21	339	0	25	58	111	249	1	5	19
24	336	0	28	57	114	246	1	4	18
27	333	0	32	56	117	243	1	2	16
30	330	0	35	56	120	240	1	1	15
33	327	0	38	55	123	237	0	59	14
36	324	0	41	54	126	234	0	56	12
39	321	0	44	53	129	231	0	54	11
42	318	0	47	52	132	228	0	52	10
45	315	0	49	51	135	225	0	49	9
48	312	0	52	50	138	222	0	47	8
51	309	0	54	49	141	219	0	44	7
54	306	0	56	48	144	216	0	41	6
57	303	0	59	46	147	213	0	38	5
60	300	1	1	45	150	210	0	35	4
63	297	1	2	44	153	207	0	32	3
66	294	1	4	42	156	204	0	28	3
69	291	1	5	41	159	201	0	25	2
72	288	1	7	39	162	198	0	21	1
75	285	1	8	38	165	195	0	18	1
78	282	1	9	36	168	192	0	14	1
81	279	1	9	35	171	189	0	11	0
84	276	1	10	33	174	186	0	7	0
87	273	1	10	32	177	183	0	4	0
90	270	1	10	30	180	180	0	0	0

SPRAWDZENIE I SKORYGOWANIE PODANYCH WIADOMOŚCI O PRECESJI RÓWNONOCY *rozdział IX*

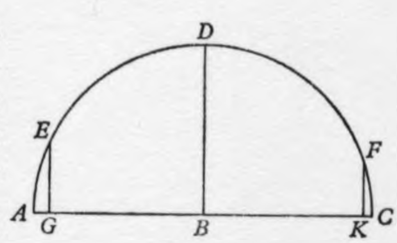
Ponieważ jednak drogą przypuszczenia przyjąłem, że początek przyśpieszenia ruchu zmiennego wypadł w połowie czasu pomiędzy 36 rokiem pierwszego okresu Kallippa a drugim rokiem Antonina, i od tego początku zaczynam ruch anomalii, musimy jeszcze o tym się przekonać, czy słusznie postąpiłem i czy to się zgadza z obserwacjami. Wróćmy do owych trzech gwiazd, zaobserwowanych przez Timocharisa, Ptolemeusza i Albategniusa Arateńskiego, a jest już ustalone, że pierwszy okres obejmował 432 lata egipskie, drugi zaś 742. W pierwszym okresie czasu ruch równomierny wynosił 6 stopni, zmienny 4 stopnie i 20 minut, a anomalii podwójnej, ujmującej ruchowi równomiernemu 1 stopień i 40 minut, 90 stopni i 35 minut. W drugim okresie ruch równomierny miał 10 stopni i 21 minut, zmienny 11 i pół stopnia, a anomalii podwójnej, dorzucającej do ruchu równomiernego 1 stopień i 9 minut, 155 stopni i 34 minuty.



Niech tedy *ABC* będzie, jak pierwej, łukiem zodiaku, a z obranego za biegun punktu *B*, który byłby średnią równonocą wiosenną, opiszmy łukiem *AB*, wynoszącym 1 stopień i 10 minut, małe koło *ADCE*. Przyjmijmy dalej równomierny ruch tego punktu *B* w stronę *A*, to jest w kierunku precedencji, *A* zaś niech będzie zachodnią granicą, na której równonoc zmienna najdalej dochodzi w precedencji, a *C* granicą wschodnią, na której jest ona najdalej w sekwencji. Niech także od bieguna zodiaku przez punkt *B* przechodzi koło *DBE*, które wespół z zodiakiem podzieli małe koło *ADCE* na cztery części, ponieważ same wzajemnie się na biegunach przecinają pod kątami prostymi. Kiedy zatem ruch na półkolu *ADC* będzie w kierunku sekwencji, a na pozostałym *CEA* w precedencji, to środek powolności równonocy widomej wypadnie w *D* na skutek przeciwdziałania posuwaniu się naprzód punktu *B*, w *E* natomiast będzie największa szybkość dzięki wzajemnemu wspieraniu się ruchów w tę samą stronę. Odetnijmy ponadto przed i za punktem *D* łuki *FD* i *DG*, każdy po 45 stopni i 17 i pół minuty. Niech *F* będzie pierwszym terminem anomalii — za Timocharisa, *G* drugim — za Ptolemeusza, a *P* trzecim — za Albategniusa, i przez te punkty oraz bieguny zodiaku niech przechodzą wielkie koła *FN*, *GM* i *OP*, które to wszystkie łuki w bardzo małym kole ogromnie się upodobniają do linii prostych. Łuk zatem *FDG* będzie miał 90 stopni i 35 minut, jakich w kole *ADCE* jest 360, odejmując od średniego ruchu część *MN* równą 1 stopniowi i 40 minutom, jakich to stopni w *ABC* mieści się 2 i minut 20, a *GCEP* będzie wynosić 155 stopni i 34 minuty, dorzucając do ruchu część *MO* równą 1 stopniowi i 9 minutom: stąd i pozostały łuk *PAF* 113 stopni i 51 minut doda do ruchu pozostałą część *ON* równą 31 minutom, jakich to minut w *AB* jest podobnie 70. Skoro zaś cały łuk *DGCEP* wyniesie 200 stopni i 51 i pół minuty, a nadwyżka nad półkolem *EP* 20 stopni i 51 i pół minuty, będzie tedy *BO* jako linia prosta mieć w kole podług tabeli cięciw 356 części liniowych, jakich w *AB* jest 1000, takich natomiast minut, jakich w *AB* jest 70, *BO* będzie mieć prawie 24, *BM* zaś określa się na 50 minut. Cały więc łuk *MBO* wynosi 74 minuty, a pozostały *NO* 26 minut. Lecz według poprzednich obliczeń łuk *MBO* miał 1 stopień i 9 minut, a pozostały *NO* 31 minut. Brakuje tu 5 minut, które tam zbywają. Należy więc obrócić koło *ADCE* wstecz, aż nastąpi wyrównanie obu stron. Stanie się zaś to wtedy, jeżeli łuk *DG* przyjmiemy za równy 42 i pół stopniom, tak aby w pozostałym łuku *DF* było 48 stopni i 5 minut. To bowiem, zdaje się, zapobiegnie obu błędom i wszystkim innym, gdyż wziąwszy początek na krańcowej granicy powolności w *D* ruch anomalii w pierwszym terminie będzie odpowiadać całemu łukowi *DGCEPAF* 311 stopni i 55 minut, w drugim łukowi *DG* 42 i pół stopnia, w trzecim zaś łukowi *DGCEP* 198 stopni i 4 minut. I jakich minut będzie w *AB* 70, takichże minut, zgodnie z poprzednimi wywodami, będzie w pierwszym terminie miała prostafereza dodatnia *BN* 52, w drugim ujemna *MB* 47 i pół, a w trzecim terminie znowu dodatnia *BO* prawie 21. Cały więc łuk *MN* zawiera w pierwszym okresie 1 stopień i 40 minut i cały również łuk *MBO* w drugim okresie 1 stopień i 9 minut, co dosyć ściśle zgadza się z obserwacjami. Z tego również wiadoma staje się anomalia pojedyncza, równa w pierwszym terminie 155 stopniom i 57 i pół minuty, w drugim 21 stopniom i 15 minutom, w trzecim 99 stopniom i 2 minutom, co trzeba było wykazać.

WIELKOŚĆ MAKSYMALNEJ RÓŻNICY MIĘDZY PRZECIĘCIAMI RÓWNIKA I ZODIAKU *rozdział X*

W podobny sposób potwierdzimy i wykażemy słuszność tego, co zostało powiedziane o zmienności nachylenia zodiaku i równika. Otrzymaliśmy mianowicie u Ptolemeusza dla drugiego roku Antonina sprawdzoną anomalię pojedynczą równą 21 i jednej czwartej stopnia, a odpowiadające jej największe nachylenie określono na 23 stopnie, 51 minut i 20 sekund. Od tego momentu aż do mojej obserwacji upłynęło około 1387 lat, dla których miejsce pojedynczej anomalii oblicza się na 145 stopni i 24 minuty, a nachylenie w tym czasie określa się na 23 stopnie i 28 i dwie piąte prawie minuty.



W związku z tym nakreślmy znowu łuk zodiaku *ABC* lub ze względu na jego nikły rozmiar zamiast niego linię prostą, a nad nią z bieguna *B*, jak poprzednio, półkole pojedynczej anomalii. I niech *A* będzie granicą największego nachylenia, *C* zaś najmniejszego, których różnicy szukamy. Przyjmijmy tedy łuk małego koła *AE* za równy 21 stopniom i 15 minutom, a reszta ćwiartki *ED* będzie wynosić 68 stopni i 45 minut, cały zaś łuk *EDF* według wyliczenia 145 stopni i 24 minuty, oraz pozostały łuk *DF* 76 stopni i 39 minut. Do średnicy *ABC* spuśćmy prostopadłe *EG* i *FK*. Łuk zaś *GK* wielkiego koła będzie wiadomy z różnicy nachyleń od Ptolemeusza aż do nas jako równy 22 minutom i 56 sekundom. Lecz zbliżony do linii prostej łuk *GB* jest połową cięciwy podwojonego łuku *ED*, czyli jemu równy, i wynosi 932 części, jakich łuk *AC*, jakby średnica, będzie miał 2000 i jakich również *KB*, jako połowa cięciwy podwojonego łuku *DF*, zawierałby 973: dany więc jest cały łuk *GK* równy 1905 takim częściom, jakich w *AC* jest 2000. Takich jednak minut, jakich *GK* będzie mieć 22 i 56 sekund, *AC* — różnica między największym i najmniejszym nachyleniem, której szukaliśmy — będzie zawierać bez mała 24. Stąd wiadomo, że największe nachylenie 23 stopni i 52 pełnych minut wypadło między Timocharisem i Ptolemeuszem i że teraz zbliża się najmniejsze o 23 stopniach i 28 minutach. Stąd również wszelkie, jakie tylko zachodzą, pośrednie nachylenia tych kół określa się w ten sam sposób, jaki podałem dla precesji.

OZNACZANIE MIEJSC RUCHÓW RÓWNOMIERNYCH RÓWNONOCY I ANOMALII

rozdział XI

Po takim rozwiązaniu tych wszystkich kwestii pozostaje nam określić miejsca samych ruchów równonocy wiosennej, nazywane przez niektórych pierwiastkami, w stosunku do których przeprowadza się obliczenia dla każdego dowolnego czasu. Jako najdalszy ich punkt graniczny wyznaczył Ptolemeusz początek panowania Nabonassara, króla Chaldejczyków, którego bardzo wielu, wprowadzonych w błąd podobieństwem imienia, utożsamiło z Nabuchodonassarem, lecz że ten był znacznie młodszy, pokazują chronologiczne obliczenia Ptolemeusza, które u historyków wskazują na króla Chaldejczyków Salmanassara. Mając jednak na względzie czasy bardziej znane, uznałem za wystarczające, jeżeli zacznę od pierwszej Olimpiady, która, jak się okazuje, wyprzedziła Nabonassara o 28 lat, wziąwszy początek od letniego przesilenia, kiedy to u Greków wschodziła Kanikuła i odbywały się igrzyska olimpijskie, jak to przekazali Censorinus i inni uznani autorzy. Stąd według ściślejszej chronologii, która przy obliczaniu ruchów niebieskich jest niezbędna, od pierwszej Olimpiady, od południa pierwszego dnia greckiego miesiąca Hekatombajon, do Nabonassara, do południa pierwszego dnia egipskiego miesiąca Thoth, upłynęło 27 lat i 247 dni. Odtąd do śmierci Aleksandra minęły 424 lata egipskie, a 278 lat egipskich i 118 i pół dnia od śmierci Aleksandra do początku lat Juliusza Cezara, do północy przed pierwszym stycznia, którą Juliusz Cezar przyjął za początek wprowadzonego przez siebie roku, gdy jako Najwyższy Kapłan za swego trzeciego i Marka Emiliusza Lepida konsulatu taki rok ustanowił. Od tego tak przez Juliusza Cezara uporządkowanego roku wszystkie następne lata zostały nazwane Juliańskimi i takich lat od czwartego konsulatu Cezara do Oktawiana Augusta mieli Rzymianie 18, co prawda również już 1 stycznia, gdy tymczasem syn boskiego Juliusza Cezara na wniosek Munatiusza Planka został ogłoszony przez senat i ogół obywateli imperatorem Augustem 17 stycznia za swego siódmego i Marka Wipsaniusza konsulatu. Lecz Egipcjanie, którzy dwa lata przedtem dostali się pod panowanie Rzymian po upadku Antoniusza i Kleopatry, w południe pierwszego dnia miesiąca Thoth, który u Rzymian był dniem 30 sierpnia, mają 15 lat i 246 i pół dnia. Dlatego od Augusta do lat Chrystusa, zaczynających się podobnie od stycznia, wypada według Rzymian lat 27, według Egipcjan zaś 29 lat i 130 i pół dnia. Stąd do drugiego roku Antonina, w którym Klaudiusz Ptolemeusz określił zaobserwowane przez siebie położenia gwiazd, upływa 138 lat rzymskich i 55 dni, które to lata dodają do egipskich jeszcze 34 dni. Razem od pierwszej Olimpiady aż do tego momentu zbiera się 913 lat i 101 i pół dnia.

W tym to właśnie czasie równomierna precesja równonocy wynosi 12 stopni i 44 minuty, a anomalii pojedynczej 95 stopni i 44 minuty. Ale w drugim roku Antonina, jak to zostało przekazane, równonoc wiosenna wyprzedzała pierwszą z gwiazd, które się znajdują na głowie Barana, o 6 stopni i 40 minut, a ponieważ anomalia podwójna wynosiła 42 i pół stopnia, odjemna różnica między równomiernym i widomym ruchem była równa 48 minutom, i gdy się ją doda z powrotem do ruchu widomego wynoszącego 6 stopni i 40 minut, daje właśnie w sumie średnie miejsce równonocy wiosennej 7 stopni i 28 minut. Jeżeli do tego dodamy 360 stopni jednego koła i od sumy odejmiemy 12 stopni i 44 minuty, otrzymamy dla pierwszej Olimpiady, która u Ateńczyków zaczyna się od południa pierwszego dnia miesiąca Hekatombajon, 354 stopnie i 44 minuty jako średnie miejsce równonocy wiosennej, które oczywiście postępowało wówczas za pierwszą gwiazdą Barana w odległości 5 stopni i 16 minut. W podobny sposób, jeżeli od 21 stopni i 15 minut pojedynczej anomalii odejmie się 95 stopni i 45 minut, pozostanie 285 stopni i 30 minut jako miejsce anomalii pojedynczej dla tegoż początku Olimpiad. I znowu przez dodawanie ruchów odpowiednio do długości okresów czasu i odejmowanie zawsze 360 stopni, ilekroć zostaną przekroczone, otrzymamy jako miejsca, czyli pierwiastki, ruchu równomiernego za Aleksandra 1 stopień i 2 minuty, a anomalii pojedynczej 332 stopnie i 52 minuty; ruchu średniego za Cezara 4 stopnie i 55 minut, a anomalii 2 stopnie i 2 minuty; jako miejsce średnie za Chrystusa 5 stopni i 32 minuty, a anomalii 6 stopni i 45 minut. I tak dla wszystkich innych dowolnie wziętych początków czasu oznaczymy pierwiastki ruchów.

OBLICZANIE PRECESJI RÓWNONOCY WIOSENNEJ I NACHYLENIA *rozdział XII*

Ilekroć więc zechcemy określić miejsce równonocy wiosennej, a lata pomiędzy przyjętym początkiem a danym czasem będą nierówne, jakimi są powszechnie przez nas używane lata rzymskie, zamienimy je na lata równe, to jest egipskie. W obliczaniu bowiem ruchów równomiernych nie będziemy się posługiwać innymi latami, jak tylko egipskimi, z tej przyczyny, którą podałem. Samą zaś liczbę lat, o ile większa będzie od sześćdziesięciu, rozłożymy na sześćdziesiątki i gdy od tych sześćdziesiątek zaczniemy odczyt w tablicach ruchów, pominiemy wtedy pierwsze dla ruchów podane miejsce jako nadliczbowe i zaczynając od drugiego miejsca otrzymamy sześćdziesiątki stopni, jeżeli jakieś będą, wraz z pozostałymi stopniami i dalszymi ich częściami. Następnie w drugim odczycie dla pozostałych lat weźmiemy już od pierwszego miejsca, tak jak są rozlokowane, znalezione sześćdziesiątki stopni, stopnie i ich części. Podobnie postąpimy z dniami i sześćdziesiątkami dni. Gdy zechcemy wyznaczyć im z tablic dni i ich części ruchy równomierne (chociaż w tym miejscu bez uszczerbku można by nie uwzględniać cząstek dni lub nawet, wskutek powolności tych ruchów, całych dni, gdyż w dziennym ruchu chodzi tylko o tercje lub sekundy) i gdy w ogóle to wszystko dołączymy do ich pierwiastka, dodając do siebie poszczególne części tego samego rzędu i odrzuciwszy sześć sześćdziesiątek stopni, jeżeli takie powstaną, otrzymamy dla danego czasu średnie miejsce równonocy wiosennej, o które ona wyprzedza pierwszą gwiazdę Barana, czyli też miejsce tej gwiazdy za równonocą.

W ten sam sposób określimy też anomalię. Za pośrednictwem zaś tej pojedynczej anomalii znajdziemy w ostatniej kolumnie tablicy prostaferez podane minuty proporcjonalne, które odłożymy na razie na bok. Następnie przez podwójną anomalię znajdziemy w trzeciej rubryce tejże tablicy prostaferezę, to jest stopnie i minuty, o które prawdziwy ruch różni się od średniego. I jeżeli podwójna anomalia będzie mniejsza od półkola, odejmiemy tę prostaferezę od średniego ruchu; jeżeli zaś przekroczy półkole mając więcej niż 180 stopni, dodamy ją do średniego ruchu, i ta suma względnie różnica określi prawdziwą i widomą precesję równonocy wiosennej, czyli też z drugiej strony wielkość oddalenia w tym czasie pierwszej gwiazdy Barana od tej równonocy wiosennej. Jeżeli więc będzie się szukać położenia jakiejś innej gwiazdy, należy dodać tu jej liczbę wskazaną w katalogu gwiazd.

Ponieważ zaś to, co polega na praktyce, staje się zazwyczaj bardziej zrozumiałe na przykładach, postawmy sobie za zadanie znaleźć na dzień 16 kwietnia 1525 roku Chrystusa prawdziwe miejsce równonocy wiosennej wraz z nachyleniem zodiaku oraz wielkość oddalenia Kłosu Panny od tejże równonocy. Jest tedy rzeczą oczywistą, że w 1524 latach rzymskich i 106 dniach od początku lat Chrystusa do tego czasu znalazło się 381 dni przybyszowych, to jest 1 rok i 16 dni, co razem daje 1525 lat równych i 122 dni, a to stanowi 25 sześćdziesiątek lat i 25 lat oraz dwie sześćdziesiątki dni z dwoma dniami. 25 sześćdziesiątkom lat zaś odpowiada w tablicy średniego ruchu 20 stopni, 55 minut i 2 sekundy, 25 latom 20 minut i 55 sekund, dwom sześćdziesiątkom dni 16 sekund, a pozostałe dwa dni wyrażają się w tercjach. To wszystko wraz z pierwiastkiem, który wynosił 5 stopni i 32 minuty, daje w sumie 26 stopni i 48 minut jako średnią precesję równonocy wiosennej. Podobnie ruch anomalii pojedynczej ma w 25 sześćdziesiątkach lat dwie sześćdziesiątki stopni, 37 stopni, 15 minut i 3 sekundy oraz w 25 latach 2 stopnie, 37 minut i 15 sekund, w dwóch sześćdziesiątkach dni 2 minuty i 4 sekundy i w tyluż dniach 2 sekundy. To również wraz z pierwiastkiem, który wynosi 6 stopni i 45 minut, daje w sumie 2 sześćdziesiątki stopni, 46 stopni i 40 minut jako anomalię pojedynczą, za pośrednictwem której znalezione w ostatniej kolumnie tablicy prostaferez minuty proporcjonalne — a znajduje się w tym miejscu tylko jedna — zachowam do użytku przy szukaniu nachylenia. Następnie przez anomalię podwójną, która ma 5 sześćdziesiątek i 33 stopnie oraz 20 minut, znajduję równą 32 minutom prostaferezę dodatnią — jako że anomalia podwójna jest większa od półkola — po dodaniu której do średniego ruchu otrzymuje się prawdziwą i widomą precesję równonocy wiosennej 27 stopni i 21 minut. Jeżeli wreszcie dodam do tego 170 stopni, o które Kłos Panny oddalony jest od pierwszej gwiazdy Barana, będę miał jego położenie od równonocy wiosennej w kierunku sekwencji na 17 stopniach i 21 minucie Wagi, gdzie też prawie znajdował się w czasie mojej obserwacji.

Nachylenie zaś zodiaku i deklinacje podlegają takiemu obliczeniu, że gdy minuty proporcjonalne będą wynosić 60, nadwyżki podane w tabeli deklinacji, to jest różnice między największym i najmniejszym nachyleniem, dodaje się w całości do odpowiadających im stopni deklinacji. W tym zaś miejscu jedna z owych minut dodaje do nachylenia tylko 24 sekundy. Dlatego deklinacje części zodiaku, kiedy indziej bardziej wyraźnie zmienne, w obecnym czasie pozostają bez zmiany, jak są podane w tabeli, na skutek zbliżającego się już do nas najmniejszego nachylenia.

I tak na przykład, jeżeli anomalia pojedyncza będzie wynosić 99 stopni, jak to było w 880 latach egipskich po Chrystusie, odpowiada jej 25 minut proporcjonalnych. Lecz jak 60 ma się do 24 minut różnicy między największym i najmniejszym nachyleniem, tak 25 ma się do 10, które dodane do 28 dają w rezultacie nachylenie dla tego czasu wynoszące 23 stopnie i 38 minut. Jeżelibym teraz chciał poznać także deklinację jakiejkolwiek części zodiaku, jak na przykład trzeciego stopnia Byka, który jest oddalony od równonocy o 33 stopnie, znajduję w tabeli 12 stopni i 32 minuty wraz z nadwyżką 12 minut. Jak zaś 60 ma się do 25, tak 12 ma się do 5, które dodane do stopni deklinacji dają dla 33 stopni zodiaku 12 stopni i 37 minut. W ten sam sposób, jeżeliby nie odpowiadał bardziej rachunek za pomocą trójkątów sferycznych, możemy postępować z kątami przecięcia zodiaku i południka oraz z rektascenzjami, z tym tylko, że trzeba zawsze do tamtych pierwszych dodawać, a od tych ostatnich odejmować, aby wszystko wypadało dokładniej dla danego czasu.

WIELKOŚĆ I ZRÓŻNICOWANIE ROKU SŁONECZNEGO *rozdział XIII*

Że zaś precesja równonocy i przesileń, która pochodzi od nachylenia osi ziemskiej, tak się przedstawia, jak powiedziałem, potwierdzi również roczny ruch środka Ziemi, jaki się uwidacznia w ruchu Słońca, a który trzeba mi już omówić. Powinno mianowicie wynikać, że wielkość roku, gdy się ją odniesie do jednej z dwóch równonocy lub przesileń, staje się nierówna na skutek nierównej zmiany tych granicznych punktów, są to bowiem zjawiska z sobą nawzajem związane. Dlatego musimy odróżnić i odgraniczyć rok sezonowy od gwiazdowego. Rokiem naturalnym mianowicie nazywamy ten, który daje nam układ czterech pór rocznych, gwiazdowym natomiast ten, który przebiega w stosunku do którejś z gwiazd stałych. Że zaś rok naturalny, który się nazywa również zwrotnikowym, jest nierówny, wskazują na to wielokrotne spostrzeżenia starożytnych. Kallippos mianowicie, Arystarch z Samos i Archimedes Syrakuzańczyk, przyjmując zwyczajem Ateńczyków początek roku od przesilenia letniego, stwierdzają, że oprócz 365 pełnych dni zawiera on jeszcze czwartą część dnia.

Klaudiusz Ptolemeusz jednak, spostrzegając, że wyznaczenie przesileń jest trudne i zawiłe, nie nazbyt ufał ich obserwacjom i zastosował się raczej do Hipparcha, który pozostawił po sobie spostrzeżenia z Rodos nie tyle co do przesileń słonecznych, ile raczej równonocy, i ogłosił, że do ćwiartki dnia cośkolwiek brakuje, co później Ptolemeusz oszacował na trzechsetną część dnia w sposób następujący. Przyjmuje mianowicie za podstawę jesienną równonoc jak najdokładniej zaobserwowaną przez tamtego w Aleksandrii w 177 roku po śmierci Aleksandra Wielkiego, w trzecim dniu przybyszowym podług Egipcjan, o północy, po której następował czwarty dzień przybyszowy. Następnie dołącza do tego Ptolemeusz taką samą równonoc zaobserwowaną przez siebie w Aleksandrii w trzecim roku Antonina, który był 463 rokiem od śmierci Aleksandra, dziewiątego dnia trzeciego miesiąca Egipcjan Athyr w godzinę prawie po wschodzie Słońca. Między tym więc i Hipparcha spostrzeżeniem upłynęło 285 lat egipskich, 70 dni oraz 7 i jedna piąta godziny, podczas gdy powinno by było minąć 71 dni i 6 godzin, gdyby rok zwrotnikowy oprócz pełnych dni miał nadto ćwiartkę dnia. W ciągu zatem 285 lat zabrakło jednego dnia bez dwudziestej jego części. Stąd wynika, że w ciągu 300 lat przepada cały dzień.

Podobny wniosek wyprowadza on również z wiosennej równonocy. Albowiem to, co zapamiętał jako obserwację Hipparcha w 178 roku Aleksandra, 27 dnia szóstego miesiąca Egipcjan Mechir o wschodzie Słońca, sam stwierdził w 463 roku tejże ery, siódmego dnia dziewiątego podług Egipcjan miesiąca Pachon, trochę później niż w godzinę po południu, jak również to, że w ciągu 285 lat zabrakło jednego dnia bez dwudziestej jego części. Wsparty tymi to wskazówkami Ptolemeusz ustalił rok zwrotnikowy na 365 dni oraz 14 minut i 48 sekund dniowych.

Później z niemniejszą bystrością zbadał równonoc jesienną w Aracie Syryjskiej Albategnius w 1206 roku po śmierci Aleksandra i stwierdził, że przypadła ona w nocy następującej po siódmym dniu miesiąca Pachon w 7 i dwie piąte prawie godziny, to jest na 4 i trzy piąte godziny przed świtem ósmego dnia. Dla porównania tedy tej swojej obserwacji z ową dokonaną przez Ptolemeusza w trzecim roku Antonina w godzinę po wschodzie Słońca w Aleksandrii, która jest oddalona od Araty o dziesięć stopni na zachód, dostosował ją właśnie do swego arateńskiego południka, na którym powinna ona była wypaść w jedną i dwie trzecie godziny po wschodzie Słońca. Na przestrzeni więc 743 równych lat było nadliczbowych 178 dni oraz 17 i trzy piąte godziny zamiast 185 i trzech czwartych dni złożonych z ćwiartek dnia. Z niedoboru zatem siedmiu dni i dwóch piątych godziny okazało się, że do ćwiartki dnia brakuje sto szóstej jego części. Uzyskaną więc z podziału przez liczbę lat siedemset czterdziestą trzecią część siedmiu dni i dwóch piątych godziny, to jest 13 minut i 36 sekund godzinnych, odjął on od ćwiartki dnia i pokazał, że rok naturalny zawiera 365 dni, 5 godzin, 46 minut i 24 sekundy.

Również i ja obserwowałem jesienną równonoc we Fromborku, który możemy nazywać Gynopolis, 14 września 1515 roku po narodzeniu Chrystusa, a 1840 roku Egipcjan po śmierci Aleksandra, szóstego dnia miesiąca Phaophi w pół godziny po wschodzie Słońca. A ponieważ Arata leży od tej naszej okolicy prawie o 25 stopni bardziej na wschód, co stanowi 2 godziny bez jednej trzeciej, upłynęło więc na przestrzeni czasu między tą moją a Albategniusa równonocą poza 633 latami egipskimi jeszcze 153 dni oraz 6 godzin i trzy czwarte godziny zamiast 158 dni i 6 godzin. Od owej zaś aleksandryjskiej obserwacji Ptolemeusza do tegoż samego miejsca i czasu mojej obserwacji minęło 1376 lat egipskich, 332 dni i pół godziny, różnimy się bowiem od Aleksandrii prawie o jedną godzinę. Od czasu zatem Albategniusa do nas w ciągu 633 lat wymknęło się 5 dni bez jednej godziny z ćwiercią, a więc jeden dzień na 128 lat, od Ptolemeusza zaś w ciągu 1376 lat prawie 12 dni, a więc jeden dzień na 115 lat: i znowu w obu okresach rok wypadł nierówny.

Zaobserwowałem również równonoc wiosenną, co się odbyło w roku następnym 1516 od narodzenia Chrystusa w cztery i jedną trzecią godziny po północy przed dniem jedenastego marca. Po sprowadzeniu południka aleksandryjskiego do naszego mamy od owej wiosennej równonocy Ptolemeusza 1376 lat egipskich, 332 dni oraz 16 i jedną trzecią godziny, z czego także się pokazuje, że oddalenia równonocy wiosennej i jesiennej są nierówne. Zbyt wielka zachodzi różnica, ażeby w ten sposób wyznaczany rok słoneczny był równy.

To bowiem, że w jesiennych równonocach między Ptolemeuszem a nami, jak to zostało wykazane, przy równym podziale lat zabrakło do ćwiartki dnia sto piętnastej jego części, nie zgadza się z Albategniuszową równonocą o około pół dnia. Ani to, co wypada od Albategniusa do nas, kiedy powinno było zabraknąć do ćwiartki sto dwudziestej ósmej części dnia, nie jest zgodne z Ptolemeuszem, lecz liczba jego przewyższa zaobserwowaną przez tamtego równonoc więcej niż o cały dzień, a w stosunku do Hipparcha przeszło o dwa dni. Podobnie też rachunek Albategniusa obejmujący okres od Ptolemeusza przekracza Hipparchową równonoc o dwa dni.

Słuszniejsze więc jest odnoszenie równości roku słonecznego do sfery gwiazd stałych, co pierwszy odkrył Thebith, syn Chory, jak również to, że długość jego wynosi 365 dni oraz 15 minut i 23 sekundy dniowe, co stanowi 6 godzin, 9 minut i bez mała 12 sekund, a jako dowód wziął prawdopodobnie to, że przy powolniejszym nadchodzeniu równonocy i przesileń rok wydaje się dłuższy niż przy szybszym, i to w określonej proporcji, co nie mogłoby się dziać, gdyby równość roku nie odnosiła się do sfery gwiazd stałych. Dlatego nie należy w tym względzie słuchać Ptolemeusza, który uważał za niedorzeczne i niestosowne mierzenie równości roku powrotem Słońca do którejś z gwiazd stałych, bo nie ma w tym większej zgodności, niż gdyby ktoś czynił to w stosunku do Jowisza lub Saturna. Wyraźna jest zatem przyczyna, dlaczego przed Ptolemeuszem rok sezonowy był właśnie dłuższy, a po nim ze zmienną różnicą stał się krótszy.

Wprawdzie również w roku asteroteridalnym, czyli gwiazdowym, może zachodzić odchylenie, jednakże w nieznacznym stopniu i daleko mniejsze od tego, które właśnie wykazałem, a to dlatego, że ten sam ruch widomy środka Ziemi dookoła Słońca jest także nierówny na skutek dwóch innych rozbieżności. Z tych rozbieżności pierwsza i niezłożona ma cykl roczny, druga zaś, która dokonując zmian zmienia pierwszą, nie od razu została dostrzeżona, lecz po długim upływie czasu. Dlatego nieprosta i niełatwa jest do poznania zasada rocznej równości. Jeżeli bowiem ktoś zechce wziąć ją po prostu w stosunku do określonej odległości jakiejś gwiazdy mającej wiadome położenie (co możliwe jest przy użyciu astrolabium za pośrednictwem Księżyca, jak to pokazałem na przykładzie Bazyliszka Lwa), niezupełnie uniknie błędu, chyba że wtedy Słońce wskutek ruchu Ziemi albo żadnej nie będzie miało wówczas prostaferezy, albo miałoby ją przypadkowo podobną i równą na obu granicach. Jeżeli więc to się nie zdarzy i będzie jakaś różnica w ich nierównomierności, to się bezwzględnie okaże, że w równych czasach nie odbył się równy obieg. Lecz jeżeli się uwzględni całą lub proporcjonalnie wziętą rozbieżność na obu granicach, rezultat będzie dokładny.

Dalej również określenie samej tej rozbieżności wymaga uprzedniego poznania średniego ruchu, którego dlatego szukamy. Aby jednak dojść wreszcie do rozsupłania tego węzła, ustaliłem cztery w ogóle przyczyny nierówności zjawiska. Pierwszą jest nierównomierność precesji równonocy, którą przedstawiłem; drugą jest ta, skutkiem której Słońce zdaje się odcinać nierówne łuki zodiaku i która ma cykl prawie roczny; trzecia to ta, która zmienia również tę ostatnią i którą będę nazywać drugą różnicą; czwartą wreszcie jest ta, która zmienia najwyższą i najniższą absydę środka Ziemi, jak to się niżej okaże. Z tych wszystkich przyczyn Ptolemeuszowi była znana tylko druga, która sama nie mogłaby wywołać nierówności rocznej, lecz sprawia to raczej w powiązaniu z pozostałymi. Dla wykazania zaś różnicy między równym i widomym biegiem Słońca nie wydaje się konieczne bardzo dokładne obliczenie roku, lecz wystarczyłoby, gdybyśmy w dowodzeniu za długość roku przyjęli 365 dni z ćwiercią, w ciągu których dokonuje się w całości ów ruch pierwszej nieregularności, ponieważ to, co wobec całego koła tak małą stanowi różnicę, wzięte na mniejszej długości niknie całkowicie. Jednakże gwoli prawidłowości układu i uprzystępnienia nauki biorę tu najpierw równe ruchy rocznego obrotu środka Ziemi, które następnie drogą niezbędnych wyjaśnień połączę z różnicami między równym i widomym ruchem.

RÓWNOMIERNE I ŚREDNIE RUCHY OBROTÓW ŚRODKA ZIEMI *rozdział XIV*

Stwierdziłem, że długość równego roku większa jest od tej, jaką podał Thebith Ben Chora, tylko o jedną sekundę i 10 tercji dniowych, tak że wynosi 365 dni oraz 15 minut, 24 sekundy i 10 tercji dniowych, co stanowi 6 równych godzin, 9 minut i 40 sekund, a stała jego równość w stosunku do sfery gwiazd stałych jest wyraźna. Gdy więc 360 stopni jednego koła pomnożymy przez 365 dni i iloczyn podzielimy przez 365 dni oraz 15 minut, 24 sekundy i 10 tercji dniowych, otrzymamy ruch jednego roku egipskiego na 5 sześćdziesiątek i 59 stopni, 44 minuty, 49 sekund, 7 tercji i 4 kwarty, a ruch sześćdziesięciu podobnych lat — po odjęciu pełnych kół — na 5 sześćdziesiątek stopni, 44 stopnie, 49 minut, 7 sekund i 4 tercje. Jeżeli znowu podzielimy roczny ruch przez 365 dni, będziemy mieli ruch dzienny równy 59 minutom, 8 sekundom, 11 tercjom i 22 kwartom. Jeżeli więc do tego dodamy średnią i równą precesję równonocy, otrzymamy w sumie równy także ruch roczny dla lat sezonowych, wynoszący 5 sześćdziesiątek i 59 stopni, 45 minut, 39 sekund, 19 tercji i 9 kwart, oraz ruch dzienny równy 59 minutom, 8 sekundom, 19 tercjom i 37 kwartom. I z tej to racji ów pierwszy właśnie ruch Słońca — że użyję potocznego wyrażenia — możemy nazwać ruchem równym niezłożonym, ten zaś ostatni równym złożonym, a przedstawię je również w tablicach w ten sam sposób, jak to zrobiłem z precesją równonocy. Do nich dochodzi jeszcze równy ruch anomalii Słońca, o której potem.

TABLICA RÓWNEGO NIEZŁOŻONEGO RUCHU SŁOŃCA
DLA LAT I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Dla pocz. lat Chrystusa: 4, 32, 31

Lata	Ruch					Lata	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	5	59	44	49	7	31	5	52	9	22	39
2	5	59	29	38	14	32	5	51	54	11	46
3	5	59	14	27	21	33	5	51	39	0	53
4	5	58	59	16	28	34	5	51	23	50	0
5	5	58	44	5	35	35	5	51	8	39	7
6	5	58	28	54	42	36	5	50	53	28	14
7	5	58	13	43	49	37	5	50	38	17	21
8	5	57	58	32	56	38	5	50	23	6	28
9	5	57	43	22	3	39	5	50	7	55	35
10	5	57	28	11	10	40	5	49	52	44	42
11	5	57	13	0	17	41	5	49	37	33	49
12	5	56	57	49	24	42	5	49	22	22	56
13	5	56	42	38	31	43	5	49	7	12	3
14	5	56	27	27	38	44	5	48	52	1	10
15	5	56	12	16	46	45	5	48	36	50	18
16	5	55	57	5	53	46	5	48	21	39	25
17	5	55	41	55	0	47	5	48	6	28	32
18	5	55	26	44	7	48	5	47	51	17	39
19	5	55	11	33	14	49	5	47	36	6	46
20	5	54	56	22	21	50	5	47	20	55	53
21	5	54	41	11	28	51	5	47	5	45	0
22	5	54	26	0	35	52	5	46	50	34	7
23	5	54	10	49	42	53	5	46	35	23	14
24	5	53	55	38	49	54	5	46	20	12	21
25	5	53	40	27	56	55	5	46	5	1	28
26	5	53	25	17	3	56	5	45	49	50	35
27	5	53	10	6	10	57	5	45	34	39	42
28	5	52	54	55	17	58	5	45	19	28	49
29	5	52	39	44	24	59	5	45	4	17	56
30	5	52	24	33	32	60	5	44	49	7	4

TABLICA RÓWNEGO NIEZŁOŻONEGO RUCHU SŁOŃCA DLA DNI, SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI I CZĘŚCI DNIA

Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześć-dzie-siątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześć-dzie-siątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	0	59	8	11	31	0	30	33	13	52
2	0	1	58	16	22	32	0	31	32	22	3
3	0	2	57	24	34	33	0	32	31	30	15
4	0	3	56	32	45	34	0	33	30	38	26
5	0	4	55	40	56	35	0	34	29	46	37
6	0	5	54	49	8	36	0	35	28	54	49
7	0	6	53	57	19	37	0	36	28	3	0
8	0	7	53	5	30	38	0	37	27	11	11
9	0	8	52	13	42	39	0	38	26	19	23
10	0	9	51	21	53	40	0	39	25	27	34
11	0	10	50	30	5	41	0	40	24	35	45
12	0	11	49	38	16	42	0	41	23	43	57
13	0	12	48	46	27	43	0	42	22	52	8
14	0	13	47	54	39	44	0	43	22	0	20
15	0	14	47	2	50	45	0	44	21	8	31
16	0	15	46	11	1	46	0	45	20	16	42
17	0	16	45	19	13	47	0	46	19	24	54
18	0	17	44	27	24	48	0	47	18	33	5
19	0	18	43	35	35	49	0	48	17	41	16
20	0	19	42	43	47	50	0	49	16	49	28
21	0	20	41	51	58	51	0	50	15	57	39
22	0	21	41	0	9	52	0	51	15	5	50
23	0	22	40	8	21	53	0	52	14	14	2
24	0	23	39	16	32	54	0	53	13	22	13
25	0	24	38	24	44	55	0	54	12	30	25
26	0	25	37	32	55	56	0	55	11	38	36
27	0	26	36	41	6	57	0	56	10	46	47
28	0	27	35	49	18	58	0	57	9	54	59
29	0	28	34	57	29	59	0	58	9	3	10
30	0	29	34	5	41	60	0	59	8	11	22

TABLICA RÓWNEGO ZŁOŻONEGO RUCHU SŁOŃCA DLA LAT I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Lata	Ruch					Lata	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	5	59	45	39	19	31	5	52	35	18	53
2	5	59	31	18	38	32	5	52	20	58	12
3	5	59	16	57	57	33	5	52	6	37	31
4	5	59	2	37	16	34	5	51	52	16	51
5	5	58	48	16	35	35	5	51	37	56	10
6	5	58	33	55	54	36	5	51	23	35	29
7	5	58	19	35	14	37	5	51	9	14	48
8	5	58	5	14	33	38	5	50	54	54	7
9	5	57	50	53	52	39	5	50	40	33	26
10	5	57	36	33	11	40	5	50	26	12	46
11	5	57	22	12	30	41	5	50	11	52	5
12	5	57	7	51	49	42	5	49	57	31	24
13	5	56	53	31	8	43	5	49	43	10	43
14	5	56	39	10	28	44	5	49	28	50	2
15	5	56	24	49	47	45	5	49	14	29	21
16	5	56	10	29	6	46	5	49	0	8	40
17	5	55	56	8	25	47	5	48	45	48	0
18	5	55	41	47	44	48	5	48	31	27	19
19	5	55	27	27	3	49	5	48	17	6	38
20	5	55	13	6	23	50	5	48	2	45	57
21	5	54	58	45	42	51	5	47	48	25	16
22	5	54	44	25	1	52	5	47	34	4	35
23	5	54	30	4	20	53	5	47	19	43	54
24	5	54	15	43	39	54	5	47	5	23	14
25	5	54	1	22	58	55	5	46	51	2	33
26	5	53	47	2	17	56	5	46	36	41	52
27	5	53	32	41	37	57	5	46	22	21	11
28	5	53	18	20	56	58	5	46	8	0	30
29	5	53	4	0	15	59	5	45	53	39	49
30	5	52	49	39	34	60	5	45	39	19	9

TABLICA RÓWNEGO ZŁOŻONEGO RUCHU SŁOŃCA DLA DNI, SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI I CZĘŚCI DNIA

Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	0	59	8	19	31	0	30	33	18	8
2	0	1	58	16	39	32	0	31	32	26	27
3	0	2	57	24	58	33	0	32	31	34	47
4	0	3	56	33	18	34	0	33	30	43	6
5	0	4	55	41	38	35	0	34	29	51	26
6	0	5	54	49	57	36	0	35	28	59	46
7	0	6	53	58	17	37	0	36	28	8	5
8	0	7	53	6	36	38	0	37	27	16	25
9	0	8	52	14	56	39	0	38	26	24	45
10	0	9	51	23	16	40	0	39	25	33	4
11	0	10	50	31	35	41	0	40	24	41	24
12	0	11	49	39	55	42	0	41	23	49	43
13	0	12	48	48	15	43	0	42	22	58	3
14	0	13	47	56	34	44	0	43	22	6	23
15	0	14	47	4	54	45	0	44	21	14	42
16	0	15	46	13	13	46	0	45	20	23	2
17	0	16	45	21	33	47	0	46	19	31	21
18	0	17	44	29	53	48	0	47	18	39	41
19	0	18	43	38	12	49	0	48	17	48	1
20	0	19	42	46	32	50	0	49	16	56	20
21	0	20	41	54	51	51	0	50	16	4	40
22	0	21	41	3	11	52	0	51	15	13	0
23	0	22	40	11	31	53	0	52	14	21	19
24	0	23	39	19	50	54	0	53	13	29	39
25	0	24	38	28	10	55	0	54	12	37	58
26	0	25	37	36	30	56	0	55	11	46	18
27	0	26	36	44	49	57	0	56	10	54	38
28	0	27	35	53	9	58	0	57	10	2	57
29	0	28	35	1	28	59	0	58	9	11	17
30	0	29	34	9	48	60	0	59	8	19	37

TABLICA RÓWNEGO RUCHU ANOMALII SŁOŃCA DLA LAT I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Dla pocz. lat Chrystusa 211, 19

Lata	Ruch					Lata	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	5	59	44	24	46	31	5	51	56	48	11
2	5	59	28	49	33	32	5	51	41	12	58
3	5	59	13	14	20	33	5	51	25	37	45
4	5	58	57	39	7	34	5	51	10	2	32
5	5	58	42	3	54	35	5	50	54	27	19
6	5	58	26	28	41	36	5	50	38	52	6
7	5	58	10	53	27	37	5	50	23	16	52
8	5	57	55	18	14	38	5	50	7	41	39
9	5	57	39	43	1	39	5	49	52	6	26
10	5	57	24	7	48	40	5	49	36	31	13
11	5	57	8	32	35	41	5	49	20	56	0
12	5	56	52	57	22	42	5	49	5	20	47
13	5	56	37	22	8	43	5	48	49	45	33
14	5	56	21	46	55	44	5	48	34	10	20
15	5	56	6	11	42	45	5	48	18	35	7
16	5	55	50	36	29	46	5	48	2	59	54
17	5	55	35	1	16	47	5	47	47	24	41
18	5	55	19	26	3	48	5	47	31	49	28
19	5	55	3	50	49	49	5	47	16	14	14
20	5	54	48	15	36	50	5	47	0	39	1
21	5	54	32	40	23	51	5	46	45	3	48
22	5	54	17	5	10	52	5	46	29	28	35
23	5	54	1	29	57	53	5	46	13	53	22
24	5	53	45	54	44	54	5	45	58	18	9
25	5	53	30	19	30	55	5	45	42	42	55
26	5	53	14	44	17	56	5	45	27	7	42
27	5	52	59	9	4	57	5	45	11	32	29
28	5	52	43	33	51	58	5	44	55	57	16
29	5	52	27	58	38	59	5	44	40	22	3
30	5	52	12	23	25	60	5	44	24	46	50

TABLICA RUCHU ANOMALII SŁOŃCA DLA DNI I SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI

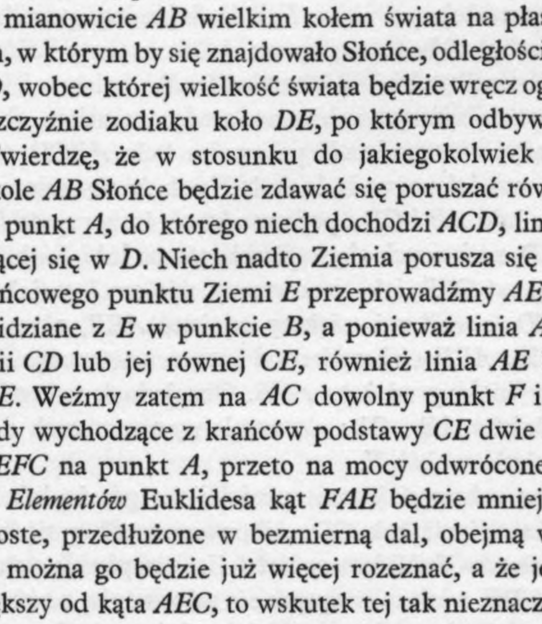
Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	0	59	8	7	31	0	30	33	11	48
2	0	1	58	16	14	32	0	31	32	19	55
3	0	2	57	24	22	33	0	32	31	28	3
4	0	3	56	32	29	34	0	33	30	36	10
5	0	4	55	40	36	35	0	34	29	44	17
6	0	5	54	48	44	36	0	35	28	52	25
7	0	6	53	56	51	37	0	36	28	0	32
8	0	7	53	4	58	38	0	37	27	8	39
9	0	8	52	13	6	39	0	38	26	16	47
10	0	9	51	21	13	40	0	39	25	24	54
11	0	10	50	29	21	41	0	40	24	33	2
12	0	11	49	37	28	42	0	41	23	41	9
13	0	12	48	45	35	43	0	42	22	49	16
14	0	13	47	53	43	44	0	43	21	57	24
15	0	14	47	1	50	45	0	44	21	5	31
16	0	15	46	9	57	46	0	45	20	13	38
17	0	16	45	18	5	47	0	46	19	21	46
18	0	17	44	26	12	48	0	47	18	29	53
19	0	18	43	34	19	49	0	48	17	38	0
20	0	19	42	42	27	50	0	49	16	46	8
21	0	20	41	50	34	51	0	50	15	54	15
22	0	21	40	58	42	52	0	51	15	2	23
23	0	22	40	6	49	53	0	52	14	10	30
24	0	23	39	14	56	54	0	53	13	18	37
25	0	24	38	23	4	55	0	54	12	26	45
26	0	25	37	31	11	56	0	55	11	34	52
27	0	26	36	39	18	57	0	56	10	42	59
28	0	27	35	47	26	58	0	57	9	51	7
29	0	28	34	55	33	59	0	58	8	59	14
30	0	29	34	3	41	60	0	59	8	7	22

ROZWAŻANIA WSTĘPNE DO WYJAŚNIENIA NIERÓWNOŚCI WIDOMEGO RUCHU SŁONECZNEGO

rozdział XV

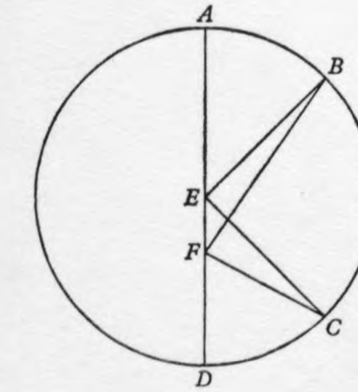
Dla lepszego tedy zrozumienia widomej nierówności Słońca wykażę jeszcze wyraźniej, że jeżeli środek świata zajmie Słońce, dookoła którego jako centrum krążyłaby Ziemia, a odległość między Słońcem i Ziemią, jak powiedziałem, będzie taka, że wobec ogromu sfery gwiazd stałych nie można jej wyrazić, to będzie się wydawało, że Słońce w stosunku do jakiegokolwiek obranego punktu lub gwiazdy tej sfery równomiernie się porusza.

Niech będzie mianowicie *AB* wielkim kołem świata na płaszczyźnie zodiaku, a *C* jego środkiem, w którym by się znajdowało Słońce, odległością zaś między Słońcem i Ziemią *CD*, wobec której wielkość świata będzie wręcz ogromna, nakreślmy na tej samej płaszczyźnie zodiaku koło *DE*, po którym odbywa się roczny obrót środka Ziemi. Twierdzę, że w stosunku do jakiegokolwiek obranego punktu lub gwiazdy na kole *AB* Słońce będzie zdawać się poruszać równomiernie. Przyjmijmy, że jest to punkt *A*, do którego niech dochodzi *ACD*, linia widzenia Słońca z Ziemi, znajdującej się w *D*. Niech nadto Ziemia porusza się w jakiś sposób po łuku *DE*, a z krańcowego punktu Ziemi *E* przeprowadźmy *AE* i *BE*: Słońce więc z kolei będzie widziane z *E* w punkcie *B*, a ponieważ linia *AC* jest bezmiernie wielka wobec linii *CD* lub jej równej *CE*, również linia *AE* będzie bezmiernie wielka wobec *CE*. Weźmy zatem na *AC* dowolny punkt *F* i połączmy go linią *EF*. Ponieważ tedy wychodzące z krańców podstawy *CE* dwie linie proste padają poza trójkątem *EFC* na punkt *A*, przeto na mocy odwróconego 21 twierdzenia pierwszej księgi *Elementów* Euklidesa kąt *FAE* będzie mniejszy od kąta *EFC*. Dlatego linie proste, przedłużone w bezmierną dal, obejmą w końcu tak ostry kąt *CAE*, że nie można go będzie już więcej rozeznać, a że jest kątem, o który kąt *BCA* jest większy od kąta *AEC*, to wskutek tej tak nieznacznej różnicy wydaje



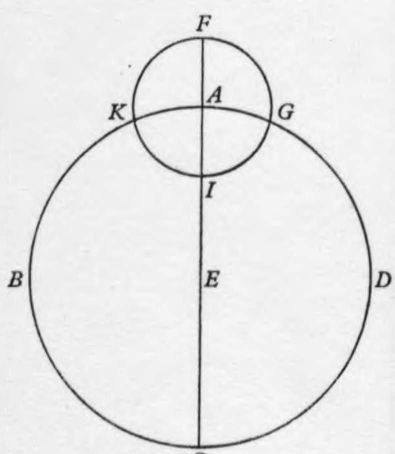
się, że są one także równe, a linie *AC* i *AE* równoległe, i że Słońce porusza się równomiernie w stosunku do jakiegokolwiek punktu sfery gwiazd, jak gdyby się toczyło dookoła środka *E*, co i należało udowodnić.

Jego zaś nierównomierność tłumaczy się tym, że ruch środka, czyli rocznego obrotu Ziemi, nie odbywa się dokładnie wokół środka Słońca. To można sobie dobrze wyobrazić w dwojaki sposób: albo przez koło ekscentryczne, to jest takie, którego środek nie jest środkiem Słońca, albo przez epicykl na kole homocentrycznym. I tak za pomocą koła ekscentrycznego wyjaśnia się to w sposób następujący.



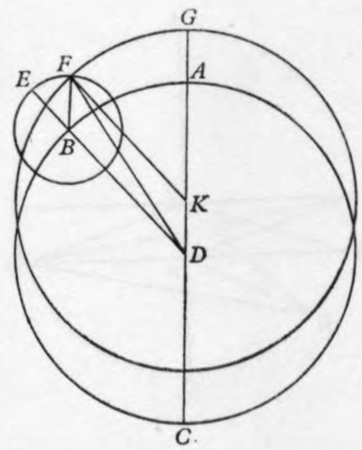
Niech mianowicie *ABCD* będzie kołem ekscentrycznym na płaszczyźnie zodiaku, którego środek *E* niech leży w niezbyt małej odległości poza środkiem Słońca czy świata, znajdującym się w *F*, a średnicą jego przechodzącą przez oba środki *AEFD*, i niech w *A* będzie apogeum, które autorzy łacińscy nazywają najwyższą absydą, to jest najbardziej oddalone od środka świata miejsce, w *D* natomiast perigeum, które jest najbliższym miejscem, a więc najniższą absydą. Gdy zatem Ziemia będzie krążyć równomiernie po swoim kole *ABCD* dookoła środka *E*, jak to zostało już powiedziane, ruch dookoła *F* pokaże się zmiennym. Gdy bowiem przyjmie się równe łuki *AB* i *CD* i poprowadzi się linie proste *BE*, *CE*, *BF* i *CF*, to kąty *AEB* i *CED*, na których się wspierają równe łuki dookoła środka *E*, będą właśnie równe. Kąt zaś *CFD*, jako zewnętrzny, większy jest, jak to widać, od kąta wewnętrznego *CED*, a stąd też większy od kąta *AEB*, równego kątowi *CED*. Lecz i zewnętrzny kąt *AEB* większy jest od kąta wewnętrznego *AFB*, tym bardziej więc kąt *CFD* jest większy od kąta *AFB*. Oba jednak nakreślił równy czas za pomocą równych łuków *AB* i *CD*: równomierny zatem ruch dookoła *E* nierównomiernym się pokaże wokół *F*.

To samo można zobaczyć jeszcze prościej z tego, że łuk *AB* jest bardziej oddalony od punktu *F* niż łuk *CD*. Albowiem według siódmego twierdzenia trzeciej księgi *Elementów* Euklidesa spośród linii wspierających te łuki *AF* i *BF* są dłuższe niż *CF* i *DF*, a jak to w optyce się udowadnia, z równych wielkości te, które są bliższe, wydają się większe od dalej położonych. Jasne jest zatem to, co się przedkłada o kole ekscentrycznym.

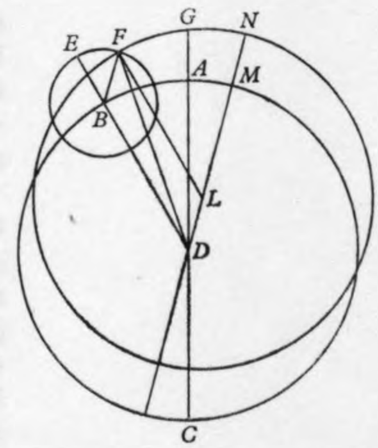


To samo również wyjaśni się za pomocą epicykla na kole homocentrycznym. Niech mianowicie środkiem koła homocentrycznego *ABCD* będzie środek świata *E*, w którym znajduje się również Słońce, i niech na tej samej płaszczyźnie *A* będzie środkiem epicykla *FG*, a przez oba środki niech przechodzi linia prosta *CEAF*, apogeum epicykla będzie *F*, perigeum *I*. Jest więc rzeczą oczywistą, że równomierność zachodzi w *A*, nierównomierność zaś zjawiska na epicyklu *FG*, bo jeżeli punkt *A* porusza się w stronę *B*, to jest w kierunku sekwencji, środek zaś Ziemi od apogeum *F* w precedencji, to w perigeum, którym jest *I*, będzie się wydawać, że *E* porusza się prędzej, a to dlatego, że oba ruchy, punktów *A* i *I*, będą się odbywać w tę samą stronę; w apogeum natomiast, którym jest *F*, punkt *E* wydawać się będzie powolniejszy, jako że posuwa się tylko przewagą jednego z dwóch przeciwnych ruchów, a Ziemia znalazłszy się w *G* będzie w stosunku do ruchu równomiernego w precedencji, w *K* natomiast w sekwencji, a to w obu miejscach odpowiednio do łuków *AG* i *AK*, na których przez to będzie się wydawać, że również Słońce porusza się niejednakowo.

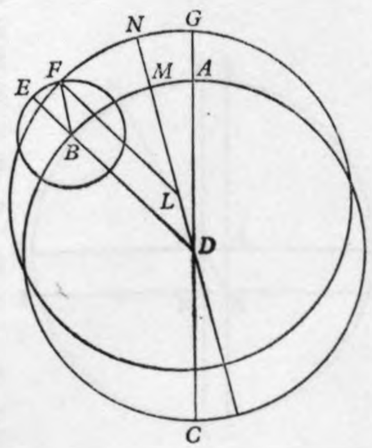
Cokolwiek zaś dzieje się za pomocą epicykla, może się odbywać w ten sam sposób przez koło ekscentryczne, które równe homocentrycznemu i na tej samej płaszczyźnie nakreśla się ruchem ciała niebieskiego po epicyklu i którego środek oddalony jest od środka koła homocentrycznego na długość połowy średnicy epicykla. Dzieje się to także w trojaki sposób. Jeżeli bowiem epicykl na kole homocentrycznym i ciało niebieskie na epicyklu będą dokonywać obrotów równych, lecz ruchami wprost sobie przeciwnymi, to ruch ciała niebieskiego nakreśli koło ekscentryczne stałe, takie mianowicie, którego apogeum i perigeum zajmują niezmiennie te same miejsca. I tak na przykład, jeżeli *ABC* będzie kołem homocentrycznym, *D* środkiem świata, a *ADC* średnicą, załóżmy, że gdy epicykl jest w *A*, ciało niebieskie znajdzie się w apogeum epicykla, które niech będzie w *G*, a połowa średnicy epicykla na linii prostej *DAG*. Weźmy dalej na kole homocentrycznym łuk *AB*, a ze środka *B*, odległością zaś równą *AG*, opiszmy epicykl *EF*, rozciągnijmy *DB* i *EB* w linię prostą i przyjmijmy łuk *EF* po przeciwnej stronie niż podobny mu łuk *AB*. W *F* zaś niech będzie ciało niebieskie lub Ziemia i połączmy *B* i *F*, a na linii *AD* weźmy również odcinek *DK* równy linii *BF*. Ponieważ tedy kąty *EBF* i *BDA* są równe, są też wobec tego równoległe i równe linie *BF* i *DK*, a jeżeli linie proste połączone są równymi i równoległymi liniami prostymi, to na mocy 33 twierdzenia pierwszej księgi Euklidesa są same także równoległe i równe. Skoro zaś *DK* i *AG* przyjmuje się za równe, dodajmy do nich wspólną linię *AK*, a linia *GAK* będzie równa linii *AKD*, równa więc także linii *KF*: a zatem koło opisane ze środka *K*, odległością zaś *KAG*, przejdzie przez punkt *F*, który właśnie nakreślił je ruchem złożonym łuków *AB* i *EF* jako koło ekscentryczne równe homocentrycznemu i dlatego także stałe. Dopóki bowiem epicykl będzie dokonywać jednakowych z kołem homocentrycznym obrotów, muszą absydy tak opisanego koła ekscentrycznego pozostawać w tym samym miejscu.



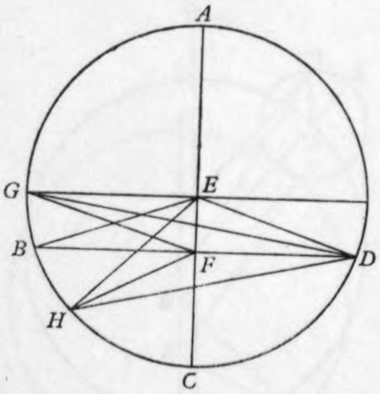
Jeżeli zaś środek epicykla i jego okręg będą dokonywać nierównych obrotów, to ruch ciała niebieskiego nie nakreśli już stałego koła ekscentrycznego, lecz takie, którego środek i absydy będą się posuwać w kierunku precedencji lub sekwencji w miarę tego, jak ruch ciała niebieskiego będzie szybszy lub powolniejszy od środka jego epicykla. I tak na przykład, jeżeli kąt *EBF* będzie większy od kąta *BDA*, równy natomiast — załóżmy — kątowi *BDM*, to przedstawi się to w ten sam sposób. Jeżeli bowiem na linii *DM* weźmie się odcinek *DL* równy linii *BF*, to koło opisane ze środka *L*, odległością zaś *LMN* równą *AD*, przejdzie przez ciało niebieskie *F*, z czego jasno wynika, że ruchem złożonym ciała niebieskiego zostaje nakreślony łuk *NF* koła ekscentrycznego, którego apogeum przesunęło się tymczasem z punktu *G* w kierunku precedencji po łuku *GN*. Przeciwnie natomiast, jeżeli ruch ciała niebieskiego po epicyklu będzie powolniejszy; wtedy bowiem środek koła ekscentrycznego posunie się w kierunku sekwencji, i to tam, dokąd będzie dążyć środek epicykla, jak np. oczywiste jest, że jeżeli kąt *EBF* będzie mniejszy od kąta *BDA*, równy zaś kątowi *BDM*, wyniknie to, co powiedziałem.



Z tego wszystkiego wyraźnie widać, że powstaje zawsze ta sama nierówność zjawiska, czy to za pośrednictwem epicykla na kole homocentrycznym, czy to przez koło ekscentryczne równe homocentrycznemu, i że te nierówności w niczym się zgoła między sobą nie różnią, byleby tylko odległość między środkami była równa promieniowi epicykla.



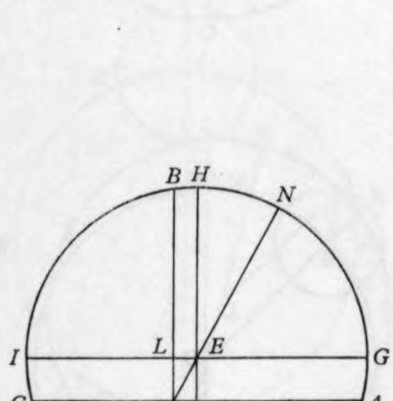
Który więc z tych dwóch wypadków zachodzi na niebie, niełatwo jest rozstrzygnąć. Ptolemeusz wprawdzie uważał, że tam, gdzie dostrzegł prostą nierównomierność oraz stałe i niezmienne miejsca absyd (jak to sądził co do Słońca), wystarcza zasada mimośrodu. Do Księżyca jednak i pozostałych pięciu planet, błądzących na skutek dwóch lub więcej nieregularności, zastosował ekscentroepicykle. Na tej podstawie jeszcze teraz łatwo wykazać, że największa różnica między równomiernym i widomym ruchem zachodzi wówczas, kiedy podług zasady koła ekcentrycznego ciało niebieskie pojawi się w pośrednim miejscu między najwyższą i najniższą absydą, przy epicyklu zaś w punkcie jego przecięcia, jak to jest u Ptolemeusza.



Za pomocą koła ekcentrycznego pokazuje się to w następujący sposób. Niech mianowicie koło *ABCD* ma środek w *E*, a średnica *AEC* niech przechodzi przez Słońce *F* poza środkiem. Przeprowadźmy następnie pod kątem prostym przez *F* linię *BFD* oraz linie łączące *BE* i *ED*; apogeum niech będzie *A*, perigeum zaś *C*, wobec których *B* i *D* byłyby pośrednimi punktami widomymi. Jest rzeczą oczywistą, że zewnętrzny kąt *AEB* przedstawia ruch równomierny, wewnętrzny zaś *EFB* widomy, i że różnicą ich jest kąt *EBF*. Twierdzę, że nad linią *EF* nie można zbudować na okręgu koła kąta większego od żadnego z dwóch kątów *B* i *D*. Wziąwszy bowiem przed i za punktem *B* punkty *G* i *H*, nakreślmy linie łączące *GD*, *GE* i *GF*, jak również *HE*, *HF* i *HD*. Ponieważ linia *FG* jako bliższa środka dłuższa jest niż *DF*, będzie przeto kąt *GDF* większy od kąta *DGF*. Równe są jednak kąty *EDG* i *EGD*, ponieważ na podstawę opadają równe boki *EG* i *ED*. A więc i kąt *EDF*, równy kątowi *EBF*, większy jest od kąta *EGF*. Podobnie także linia *DF* dłuższa jest niż *FH* i kąt *FHD* większy niż *FDH*, natomiast cały kąt *EHD* równy jest całemu kątowi *EDH*, równe są bowiem *EH* i *ED*: pozostały więc kąt *EDF*, równy kątowi *EBF*, większy jest także od pozostałego kąta *EHF*. Nigdzie zatem, jak tylko w punktach *B* i *D*, nie zbuduje się większego kąta nad linią *EF*. Największa więc różnica między równomiernym i widomym ruchem zachodzi w widomym miejscu pośrednim między apogeum i perigeum.

WIDOMA NIERÓWNOMIERNOŚĆ SŁOŃCA *rozdział XVI*

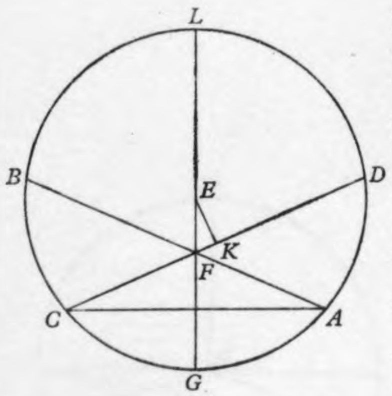
Powyżej zostały podane ogólnie te właśnie wyjaśnienia, które nie tylko do zjawisk słonecznych, ale również do nierównomierności innych ciał niebieskich można zastosować. Teraz rozważę to, co jest właściwe Słońcu i Ziemi, i z tego najpierw to, co przejęliśmy od Ptolemeusza i innych dawniejszych badaczy, a następnie to, czego nas nauczyły nowsze czasy i doświadczenie. Ptolemeusz stwierdził, że od równonocy wiosennej do przesilenia letniego upływa 94 i pół dnia, a od przesilenia letniego do równonocy jesiennej 92 i pół dnia. Proporcjonalnie więc do czasu ruch średni i równomierny wynosił w pierwszym okresie 93 stopnie i 9 minut, w drugim zaś 91 stopni i 10 minut. Na tak podzielonym kole rocznym, którym niech będzie *ABCD* ze środkiem w *E*, weźmy dla pierwszego okresu czasu łuk *AB* 93 stopni i 9 minut, dla drugiego okresu łuk *BC* 91 stopni i 10 minut. Niech z *A* będzie widziana równonoc wiosenna, z *B* przesilenie letnie, z *C* równonoc jesienna i z *D* wreszcie przesilenie zimowe. Połączmy je liniami *AC* i *BD*, które by się przecinały z sobą pod kątem prostym w *F*, gdzie umieszczamy Słońce. Ponieważ łuk *ABC* większy jest od półokręgu, a łuk *AB* również większy niż *BC*, wywnioskował więc stąd Ptolemeusz, że środek koła *E* znajduje się między liniami *BF* i *FA*, a apogeum między równonocą wiosenną i letnim zwrotem Słońca. Poprowadźmy teraz przez środek *E* równolegle do *AFC* linię *IEG*, która przetnie *BFD* w *L*, oraz równolegle do *BFD* linię *HEK*, która niech przetnie *AF* w *M*. Powstanie w ten sposób prostokątny równoległobok *LEMF*, którego przekątna *FE*,



przedłużona w linię prostą *FEN*, wskaże największe oddalenie Ziemi od Słońca oraz miejsce apogeum w *N*. Ponieważ łuk *ABC* wynosi 184 stopnie i 19 minut, przeto jeśli jego połowę *AH*, równą 92 stopniom i 9 i pół minuty, odejmie się od *AGB*, pozostaje różnica *HB* 59 minut. I znowuż odjęcie stopni ćwiartki koła *HG* od *AH* daje resztę *AG* 2 stopni i 10 minut. Połowa zaś cięciwy podwojonego łuku *AG* zawiera 377 części, jakich w promieniu jest 10000, i równa jest linii *LF*, połowa natomiast cięciwy podwojonego łuku *BH*, to jest *EL*, ma takichże części 172. Przy dwóch więc danych bokach trójkąta *ELF* przeciwprostokątna *EF*, stanowiąca dwudziestą czwartą prawie część promienia *NE*, będzie wynosić 417 podobnych części, jakich promienie zawierają 10000. Jak zaś *EF* ma się do *EL*, tak się ma promień *NE* do połowy cięciwy podwojonego łuku *NH*. Dany jest więc łuk *NH* o 24 i pół stopniach i odpowiadający tym stopniom kąt *NEH*, któremu równy jest także kąt ruchu widomego *LFE*. O taką więc odległość najwyższa absyda przed Ptolemeuszem wyprzedzała letni zwrot Słońca. A ponieważ łuk *IK* jest ćwiartką koła, to jeżeli się odejmie od niego *IC* i *DK*, równe łukom *AG* i *HB*, pozostaje łuk *CD* 86 stopni i 51 minut, a reszta z *CDA*, to jest łuk *DA*, 88 stopni i 49 minut. Lecz 86 stopniom i 51 minucie odpowiada 88 dni i ósma część dnia, a 88 stopniom i 49 minutom 90 dni i ósma część dnia, czyli 3 godziny, w ciągu których to dni przy równomiernym ruchu Ziemi Słońce zdawało się przechodzić od równonocy jesiennej do przesilenia zimowego, a przez resztę roku nawracać
× od przesilenia zimowego do równonocy wiosennej. Ptolemeusz zapewnia, że on również doszedł do tego, iż te właśnie sprawy nie inaczej się mają, jak je przed nim podał Hipparch. Dlatego sądził, że i po wszystkie czasy najwyższa absyda będzie pozostawać stale na 24 i pół stopnia przed przesileniem letnim, a mimośród dwudziestą czwartą, jak powiedziano, częścią promienia. I jedno, i drugie okazuje się teraz w wyraźnym stopniu zmienione.

× Albategnius od równonocy wiosennej do przesilenia letniego zanotował 93 dni i 35 minut dniowych, a do równonocy jesiennej 186 dni i 37 minut dniowych, z czego, zgodnie z instrukcją Ptolemeusza, wyliczył mimośród na nie więcej niż 346 części, jakich promień zawiera 10000. W obliczeniu mimośrodu zgadza się z nim Hiszpan Arzachel, lecz dla apogeum podał 12 stopni i 10 minut przed przesileniem letnim, podczas gdy Albategniusowi wypadało 7 stopni i 43 minuty przed tymże przesileniem. Z tych wskazówek słusznie wywnioskowano, że inna jeszcze nieregularność zachodzi w ruchu środka Ziemi, co też obserwacje naszego wieku potwierdzają. Od dziesięciu bowiem i więcej lat, w ciągu których skierowałem swe myśli ku zbadaniu tych rzeczy, a zwłaszcza w 1515 roku Chrystusa, stwierdziłem, że od równonocy wiosennej do jesiennej upływa pełnych 186 dni oraz 5 i pół
× minut dniowych, i aby tym mniej się pomylić w oznaczaniu przesileń, co, jak niektórzy podejrzewają, zdarzało się czasami poprzednikom, wziąłem sobie przy tym zadaniu pewne inne miejsca Słońca, które by także jak równonoce nie były wcale trudne do obserwacji, a jakimi są środki znaków Byka, Panny, Lwa,
× Skorpiona i Wodnika. Otóż od równonocy jesiennej do środka Skorpiona doliczyłem się 45 dni i 16 minut dniowych, a do równonocy wiosennej 178 dni i 53 i pół minut dniowych. Ruch zaś równomierny wynosił w pierwszym okresie 44 stopnie i 37 minut, a w drugim 176 stopni i 19 minut.

Z tak przygotowanymi naprzód danymi powtórzmy koło *ABCD*. I niech *A* będzie punktem, z którego Słońce pokazało się w czasie równonocy wiosennej, *B* miejscem, skąd widziana była równonoc jesienna, *C* zaś środkiem Skorpiona:

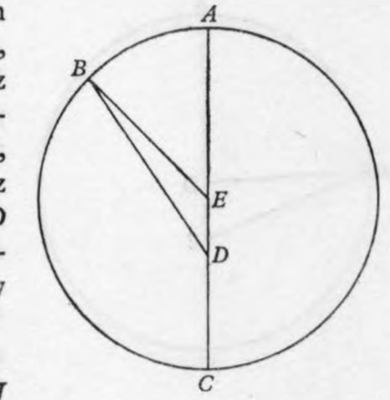


połączmy je liniami *AB* i *CD*, przecinającymi się w środku Słońca *F*, i nakreślmy cięciwę *AC*. Ponieważ łuk *CB* jest znany, mianowicie o 44 stopniach i 37 minutach, i przez to dany jest kąt *BAC* podług tego, że 360 to dwa kąty proste, a kąt ruchu widomego *BFC* wynosi 45 stopni, jakich w czterech kątach prostych jest 360, lecz gdy tyleż stopni będą miały dwa kąty proste, to kąt *BFC* będzie zawierał 90 stopni: stąd pozostały kąt *ACD*, który się opiera na łuku *AD*, wynosi 45 stopni i 23 minuty. Lecz cały odcinek *ACB* ma 176 stopni i 19 minut, a po odjęciu *BC* pozostaje łuk *AC* o 131 stopniach i 42 minutach, który razem z łukiem *AD* daje w sumie łuk *CAD* 177 stopni i 5 minut.

Ponieważ każdy z obu odcinków *ACB* i *CAD* mniejszy jest od półkola, jasne więc jest, że w pozostałym odcinku *BD* znajduje się środek koła; i niech nim będzie *E*, a przez *F* poprowadźmy średnicę *LEFG* i niech *L* będzie apogeum, *G* zaś perigeum, a do *CFD* wystawmy prostopadłą *EK*. Otóż dla danych łuków dane są również z tabeli ich cięciwy: *AC* o 182494 częściach i *CFD* o 199934 częściach, jakich dla średnicy przyjmuje się 200000. W trójkącie więc *ACF* o danych kątach będzie również dany na mocy pierwszego twierdzenia o trójkątach płaskich stosunek boków oraz bok *CF* o 97967 częściach, jakich w *AC* było 182494, a przez to i połowa nadwyżki na *FD*, to jest *FK*, wynosząca takichże części 2000. A ponieważ odcinkowi *CAD* brakuje do półokręgu 2 stopni i 54 minut, których połowa cięciwy, równa linii *EK*, wynosi 2534 części, przeto w trójkącie *EFK*, gdzie dwa dane boki *FK* i *KE* obejmują kąt prosty, spośród danych boków i kątów bok *EF* będzie zawierać 323 części, jakich w *EL* jest 10000, a kąt *EFK* 51 i dwie trzecie stopnia, jakich cztery kąty proste mają 360. Cały więc kąt *AFL* wynosi 96 i dwie trzecie stopnia, a pozostały kąt *BFL* 83 i jedną trzecią stopnia, takich zaś części, jakich w *EL* będzie 60, w *EF* będzie jedna i prawie 56 sześćdziesiątych części. Taka była odległość Słońca od środka koła, która już stała się zaledwie trzydziestą jedną częścią promienia, a Ptolemeuszowi przedstawiała się jeszcze jako część dwudziesta czwarta. A apogeum, które wówczas było przed przesileniem letnim o 24 i pół stopnia w precedencji, znajduje się teraz za nim o 6 i dwie trzecie stopnia w sekwencji.

WYJAŚNIENIE PIERWSZEJ, CZYLI ROCZNEJ, NIERÓWNOŚCI SŁONECZNEJ WRAZ Z JEJ POSZCZEGÓLNYMI RÓŻNICAMI *rozdział XVII*

Skoro zatem większą ilość różnic odnajduje się w nierówności słonecznej, sądzę, że tę najpierw należy przedstawić, która jest roczna i bardziej znana od pozostałych. Dlatego weźmy znowu koło *ABC* ze środkiem *E* i średnicą *AEC*, apogeum *A*, perigeum *C*, a Słońce w punkcie *D*. Otóż zostało już wykazane, że największa różnica między ruchem równym i widomym znajduje się w środkowym miejscu ruchu widomego między obiema absydami, i z tego względu wystawmy do *AEC* prostopadłą *BD*, która niech przetnie łuk w punkcie *B*, i połączmy *B* i *E*. Ponieważ tedy w trójkącie prostokątnym *BDE* dane są dwa boki, mianowicie promień koła *BE* i odległość Słońca od środka *DE*, z danych więc kątów będzie dany i kąt *DBE*, o który kąt równomierności *BEA* różni się od prostego kąta ruchu widomego *EDB*. Na ile zaś linia *DE* stała się większa lub mniejsza, na tyle się zmienił cały kształt trójkąta. I tak przed Ptolemeuszem kąt *B* wynosił 2 stopnie i 23 minuty, za Albategniusa i Arzachela 1 stopień i 59 minut, teraz zaś jeden

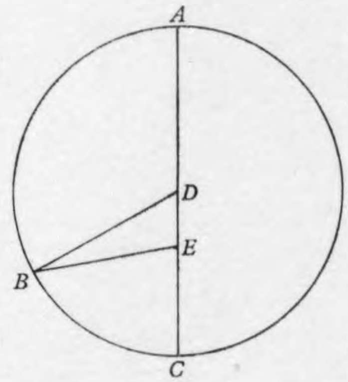


stopień i 51 minut, a nadto Ptolemeusz otrzymał łuk *AB*, który objęty jest kątem *AEB*, równy 92 stopniom i 23 minutom, oraz *BC* 87 stopniom i 37 minutom, Albategnius *AB* 91 stopniom i 59 minutom, a *BC* 88 stopniom i 1 minucie, teraz zaś *AB* wynosi 91 stopni i 51 minut, a *BC* 88 stopni i 9 minut. Stąd również i pozostałe różnice są wiadome. Gdy bowiem weźmie się gdziekolwiek inny łuk *AB*, jak na następnej figurze, tak że dany byłby kąt *AEB* i wewnętrzny *BED* oraz dwa boki *BE* i *ED*, to zgodnie z nauką o trójkątach płaskich będzie dany kąt *EBD* prostaferezy, czyli różnicy między ruchem równym i widomym, które to różnice muszą się również zmieniać, jak to już było powiedziane, na skutek zmiany boku *ED*.

SPRAWDZANIE RÓWNEGO RUCHU W DŁUGOŚCI *rozdział XVIII*

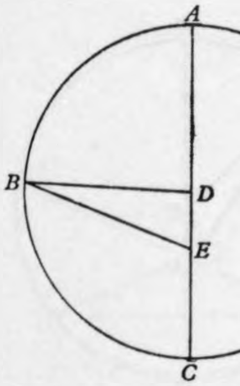
Powyższe wywody dotyczyły rocznej nierównomierności Słońca, powodowanej wszelako, jak się okazało, nie przez prostą różnicę, lecz złożoną z nią jeszcze inną, którą ujawnił długi przeciąg czasu. Te właśnie różnice wyodrębnię później jedną od drugiej. Tymczasem średni i równy ruch środka Ziemi w tym dokładniejszych zostanie wyrażony liczbach, im bardziej będzie oddzielony od różnic nierówności i w im dłuższym rozciągnięty okresie czasu.

To zaś osiągnie się w sposób następujący. Przyjąłem ową równonoc jesienną, którą zaobserwował był w Aleksandrii Hipparch w 32 roku trzeciego okresu Kallippowego, który był, jak wyżej zostało powiedziane, sto siedemdziesiątym siódmym rokiem od śmierci Aleksandra, po trzecim dniu z pięciu przybyszowych o północy, po której następował dzień czwarty; według tego zaś, że w długości Aleksandria leży o jedną prawie godzinę na wschód od Krakowa, przypadło to na jedną prawie godzinę przed północą. A zatem według wyżej podanego obliczenia miejsce równonocy jesiennej na sferze gwiazd stałych znajdowało się o 176 stopni i 10 minut od głowy Barana, i to było miejsce widome Słońca; od najwyższej zaś absydy było ono oddalone o 114 i pół stopnia.



Dla tego wypadku nakreślmy dookoła środka *D* koło *ABC*, które by opisał środek Ziemi. Średnicą niech będzie *ADC* i na niej umieśćmy Słońce, którym niech będzie *E*, apogeum zaś w *A*, a perigeum w *C*. I niech *B* będzie miejscem, skąd ukaże się jesienne Słońce w czasie równonocy, i poprowadźmy łączące linie proste *BD* i *BE*. Ponieważ tedy kąt *DEB*, o który Słońce zdaje się być oddalone od apogeum, wynosi 114 i pół stopnia, a *DE* będzie wtedy zawierać 417 części, jakich w *BD* jest 10000, przeto trójkąt *BDE*, zgodnie z czwartym twierdzeniem o trójkątach płaskich, ma kąty dane, i z nich kąt *DBE* wynosi 2 stopnie i 10 minut, o które kąt *BED* różni się od kąta *BDA*, a kąt *BED* 114 stopni i 30 minut. Kąt zatem *BDA* będzie miał 116 stopni i 40 minut, a stąd średnie, czyli równe, położenie Słońca na sferze gwiazd stałych wypada na 178 stopni i 20 minut od głowy Barana.

Z tym porównałem równonoc jesienną zaobserwowaną przez siebie we Fromborku pod tym samym, co w Krakowie, południkiem czternastego września 1515 roku po narodzeniu Chrystusa, a w 1840 roku egipskim od śmierci Aleksandra, szóstego dnia drugiego według Egipcjan miesiąca Phaophi w pół godziny po wschodzie Słońca. W tym czasie miejsce równonocy jesiennej na sferze gwiazd stałych według obliczeń i obserwacji wynosiło 152 stopnie i 45 minut w odległości 83 stopni i 20 minut od najwyższej absydy zgodnie z poprzednim wywodem.



Zbudujmy teraz kąt *BEA* 83 stopni i 20 minut, jakich dwa kąty proste mają 180, a dwa boki trójkąta są dane: *BD* równy 10000 części i *DE* 323 częściom. Zgodnie z czwartym twierdzeniem o trójkątach płaskich kąt *DBE* będzie wynosił jeden stopień i około 50 minut. Jakoż jeżeli trójkąt *BDE* zostanie wpisany w koło, wpisany kąt *BED* będzie wynosił 166 stopni i 40 minut, jakich dwa kąty proste mają 360, a cięciwa *BD* 19864 części, jakich średnica będzie zawierać 20000, z danego zaś stosunku cięciwy *BD* do *DE* będzie dana długość cięciwy *DE*, równej prawie 640 takimże częściom, a spinającej kąt *DBE*, który jako wpisany wynosi 3 stopnie i 40 minut, a jako środkowy jeden stopień i 50 minut. I to była prostafereza, czyli różnica między ruchem równym i widomym, po dodaniu której do kąta *BED*, wynoszącego 83 stopnie i 20 minut, otrzymamy kąt *BDA* i łuk *AB* 85 stopni i 10 minut jako odległość ruchu równego od apogeum, a stąd średnie położenie Słońca na sferze gwiazd stałych na 154 stopnie i 35 minut.

A zatem między dwiema obserwacjami upłynęły 1662 lata egipskie, 37 dni, 18 minut i 45 sekund dniowych, a średni i równy ruch wynosił oprócz pełnych obrotów, których liczy 1660, 336 stopni i 15 prawie minut, zgadzając się z liczbą, którą podałem w tablicach ruchów równych.

USTALANIE POŁOŻEŃ I PIERWIASTKÓW DLA RÓWNEGO RUCHU SŁOŃCA

rozdział XIX

Zatem na przestrzeni czasu od śmierci Aleksandra Wielkiego do obserwacji Hipparcha upłynęło 176 lat, 362 dni i 27 i pół minut dniowych, w ciągu których ruch średni według obliczeń wynosi 312 stopni i 43 minuty. Gdy się je odejmie od 178 stopni i 20 minut obserwacji Hipparchowej powiększonych o 360 stopni koła, to dla początku lat po śmierci Aleksandra Wielkiego pozostanie 225 stopni i 37 minut jako położenie Słońca w południe pierwszego dnia pierwszego miesiąca Egipcjan Thoth, i to w stosunku do południka Krakowa i Fromborka, miejsca mojej obserwacji.

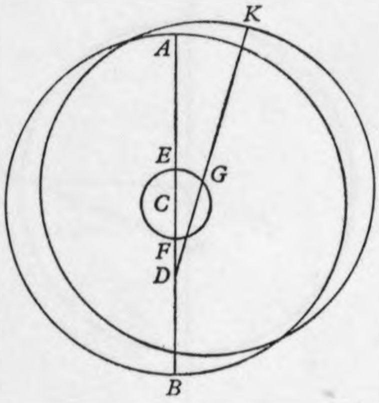
Odtąd aż do początku lat rzymskich Juliusza Cezara w przeciągu 278 lat i 118 i pół dni ruch średni wynosi poza pełnymi obrotami 46 stopni i 27 minut, które dodane do liczb położenia w roku Aleksandra dają w sumie jako położenie w roku Cezara o północy pierwszego stycznia, od którego Rzymianie zwykli zaczynać lata i dni, 272 stopnie i 4 minuty. Następnie w ciągu 45 lat i 12 dni, czyli w 323 lata i 130 i pół dnia od Aleksandra Wielkiego, położenie w roku Chrystusa osiąga 272 stopnie i 31 minut. A ponieważ Chrystus urodził się w trzecim roku 194 Olimpiady, co od początku pierwszej Olimpiady aż do północy przed pierwszym stycznia stanowi 775 lat i 12 i pół dnia, to podobnież położeniu w pierwszej Olimpiadzie w południe pierwszego dnia miesiąca Hekatombajon, którego to dnia coroczny powrót przypada teraz podług lat rzymskich pierwszego lipca, odpowiada 96 stopni i 16 minut. W ten sposób zostały określone pierwiastki prostego ruchu słonecznego w odniesieniu do sfery gwiazd stałych. Również położenia złożone powstają przez dodanie precesji równonocnych i odpowiednio do tamtych położenie w pierwszej Olimpiadzie ma 90 stopni i 59 minut, w roku Aleksandra 226 stopni i 38 minut, w roku Cezara 276 stopni i 59 minut, a w roku Chrystusa 278 stopni i 2 minuty. Wszystkie one odnoszą się, jak powiedziałem, do południka krakowskiego.

DRUGA, CZYLI PODWÓJNA, RÓŻNICA, ZACHODZĄCA U SŁOŃCA NA SKUTEK ZMIANY ABSYD *rozdział XX*

Większa już trudność nastręcza się w związku z niestałością absydy słonecznej. Ptolemeusz bowiem sądził, że jest ona stała; inni, zgodnie ze swym przekonaniem, że gwiazdy stałe również się poruszają, przypuszczali, że stosuje się ona do ruchu sfery gwiazd. Arzachel mniemał, że ten ruch także jest nierównomierny, jako że podlega również cofaniu się, przy czym za dowód wziął to, że gdy Albategnius, jak powiedziano, znalazł apogeum na siedmiu stopniach i 43 minutach przed przesileniem letnim, a przedtem w ciągu 740 lat od Ptolemeusza posunęło się ono naprzód prawie o 17 stopni, jemu się wydawało, że po 200 bez 7 latach cofnęło się ono prawie o 4 i pół stopnia, i dlatego przypuszczał, że istnieje pewien inny ruch środka rocznego obiegu po pewnym małym kole, stosownie do którego apogeum odchyla się na przód i w tył, a środek owego obiegu uzyskuje nierówne odległości od środka świata. Piękne to dosyć odkrycie, lecz nie przyjęte dlatego, że przy włączaniu w całość nie wiąże się ściśle z resztą. Jak na przykład, jeżeliby się rozważyło po kolei postęp samego ruchu, a mianowicie to, że przez pewien czas przed Ptolemeuszem pozostawał on w miejscu, że w ciągu 740 lat lub blisko tego przesunął się naprzód o 17 stopni i że następnie przez 200 lat cofnąwszy się o 4 czy 5 stopni, w pozostałym czasie aż do nas postępował wciąż naprzód, przy czym przez cały ten czas nie dostrzeżono żadnego innego cofania się ani częstszych postojów, które przy przeciwnych z obu stron ruchach muszą zachodzić, to w żaden sposób nie można sobie tego wyobrazić w regularnym kołowym ruchu. Dlatego wielu przypuszcza, że w ich obserwacjach zaszła jakaś pomyłka. Obaj co prawda astronomowie są tak równi sobie w dokładności badań, że jesteśmy w rozterce, którego bardziej się trzymać.

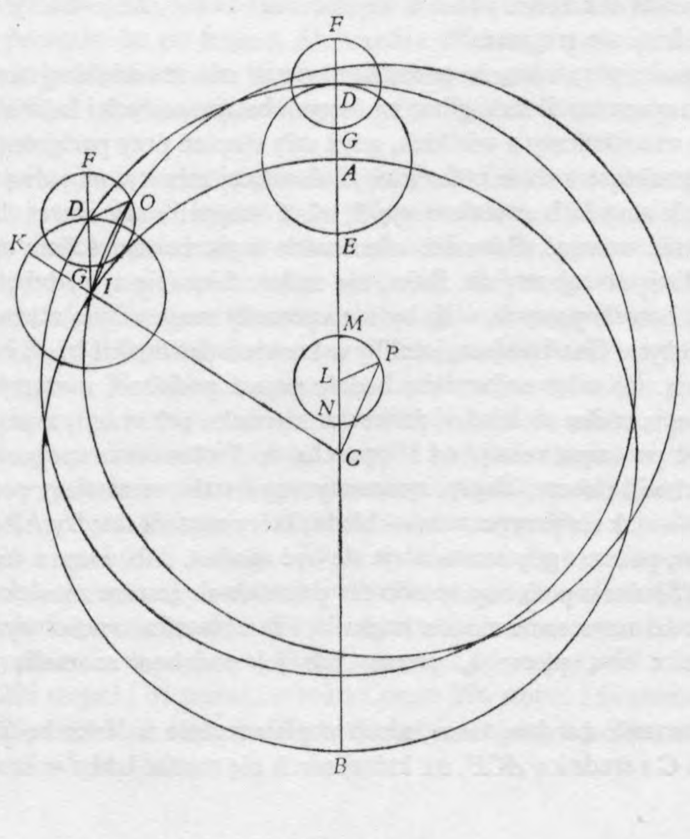
Co do mnie, przyznaję, że w żadnej kwestii nie ma większej trudności niż w określaniu apogeum Słońca, gdzie z pewnych bardzo małych i ledwie dostrzegalnych rzeczy wnioskujemy o wielkich, gdyż cały stopień przy perigeum i apogeum zmienia prostaferezę o dwie tylko mniej lub więcej minuty, na jedną zaś minutę przy średnich absydach przesuwa się 5 lub 6 stopni: i tak nawet drobny błąd może ogromnie urosnąć. Również więc co do tego, że umieściłem apogeum na 6 i pół i jednej szóstej stopnia Raka, nie zadowoliłem się tym, żeby polegać na przyrządach horoskopowych, o ile by nie upewniły mnie w tym także zaćmienia Słońca i Księżyca. One bowiem, jeżeliby w tamtych tkwił jakiś błąd, niewątpliwie go wykrywają. Co więc najbardziej będzie prawdopodobne, możemy to poznać z samego ujęcia ruchu w całości, że jest w kierunku sekwencji, a przy tym nierówny. Jakoż po owym zastoju od Hipparcha do Ptolemeusza apogeum wykazywało aż do chwili obecnej ciągły, systematyczny i stale wzrastający postęp, z wyjątkiem tego — jak się przypuszcza — błędu, który zaszedł między Albategniusem i Arzachelem, podczas gdy reszta zdaje się być zgodna. Albowiem z tego, iż także prostafereza Słońca w podobny sposób nie przestaje się jeszcze zmniejszać, wydaje się, że zachodzi tu ta sama zasada krążenia, i że obie nierówności wyrównują się jednocześnie z ową pierwszą, prostą, lub jej podobną anomalią nachylenia zodiaku.

Aby się to stało bardziej jasne, niech w płaszczyźnie zodiaku będzie koło AB ze środkiem C i średnicą ACB, na której niech się mieści jakby w środku świata



kula Słońca *D*, a dookoła środka *C* opiszmy inne małe koło *EF*, które by nie obejmowało Słońca, oraz wyobraźmy sobie, że po tym małym kole porusza się z pewnym powolnym postępem środek rocznego obrotu środka Ziemi. I gdy kółko *EF* wraz z linią *AD* będzie się posuwać w kierunku sekwencji, a środek obrotu rocznego po kole *EF* w kierunku precedencji, i to oba ruchem bardzo powolnym, to sam środek rocznego obiegu znajdzie się raz w największej odległości, jaką jest *DE*, innym razem w najmniejszej, którą jest *DF*, i tam w ruchu powolniejszym, tu w szybszym, a na pośrednich krzywiznach kółko spowoduje to, że owa odległość między środkami z czasem wzrasta i zmniejsza się, a najwyższa absyda to się znajduje w precedencji, to znów jest w sekwencji za tą absydą, czyli apogeum, które przypada jakby w środku na linii *ACD*. I tak na przykład, jeżeli się weźmie łuk *EG* i przyjąwszy *G* za środek nakreśli się koło równe kołu *AB*, to najwyższa wówczas absyda znajdzie się na linii *DGK*, a odległość *DG* będzie mniejsza od *DE* zgodnie z 8 twierdzeniem trzeciej księgi Euklidesa.

I tak to się tłumaczy właśnie przez ekscentryczne koło na kole ekscentrycznym, × przez epicykl zaś również na epicyklu w sposób następujący. Niech mianowicie homocentrycznym kołem dla świata i Słońca będzie *AB*, a *ACB* średnicą, na której niech przypada najwyższa absyda. Wziąwszy zaś *A* za środek opiszmy epicykl *DE*, a ze środka *D* znowu epicykl *FG*, po którym niech krąży Ziemia, a wszystko to w tej samej płaszczyźnie zodiaku. I niech ruch pierwszego epicykla będzie w kierunku sekwencji i prawie roczny, drugiego, to jest dookoła *D*, również w podobny sposób roczny, lecz w kierunku precedencji, a obroty obu niech będą zgodne względem linii *AC*. A znowu środek Ziemi, idący od *F* w kierunku precedencji,



niech będzie nieco szybszy od środka *D*. Z tego wyraźnie widać, że gdy Ziemia znajdzie się w *F*, to spowoduje największe apogeum Słońca, w *G* najmniejsze, a na pośrednich łukach epicykla *FG* sprawi, iż to apogeum, mniej czy więcej powiększone lub zmniejszone, będzie się znajdować w precedencji lub sekwencji, i że tak samo ruch pokazuje się zmiennym, jak to poprzednio zostało wykazane na epicyklu i kole ekcentrycznym.

Weźmy teraz łuk *AI* i ze środka *I* nakreślmy znowu epicykl z epicyklem, a połączenie *CI* przedłużmy w linię prostą *CIK*: kąt *KID* będzie równy kątowi *ACI* na skutek równości obrotów. A zatem, jak to wyżej wykazałem, punkt *D* opisze koło ekscentryczne, równe homocentrycznemu *AB*, dookoła środka *L* i w odstępie *CL*, który będzie równy linii *DI*; również *F* opisze swoje koło ekcentryczne w odstępie *CLM*, równym linii *IDF*, i podobnież *G* w równych sobie odstępach *IG* i *CN*. Jeżeli tymczasem środek Ziemi przebędzie już w jakikolwiek sposób łuk *FO* drugiego, czyli swego, epicykla, to punkt *O* nie opisze już koła ekcentrycznego, którego środek wypadłby na linii *AC*, lecz na tej linii, która będzie równoległa do linii *DO* i jaką jest *LP*. Jeżeli zaś poprowadzi się jeszcze linie łączące *OI* i *CP*, to będą one sobie równe, mniejsze jednak od linii *IF* i *CM*, a kąt *DIO*, zgodnie z 8 twierdzeniem pierwszej księgi Euklidesa, równy kątowi *LCP*: i o tyle apogeum Słońca na linii *CP* wyda się być w precedencji przed apogeum *A*. Stąd także jest jasne, że to samo się dzieje za pomocą ekcentrycznego epicykla, gdyż na samym tylko już istniejącym kole ekcentrycznym, które by opisał epicykl *D* dookoła środka *L*, środek Ziemi toczyłby się po łuku *FO* na wyżej podanych warunkach, to jest w czasie krótszym niż obrót roczny. Doda bowiem, jak przedtem, do pierwszego drugie koło ekcentryczne ze środkiem *P*, i wypadnie zgoła to samo. I gdy tyle sposobów sprowadza się do tego samego wyniku liczbowego, niełatwo bym powiedział, który z nich ma miejsce, chyba tylko to, że owa ustawiczna zgodność liczb i zjawisk każe wierzyć, iż któryś z nich jest rzeczywisty.

WIELKOŚĆ DRUGIEJ RÓŻNICY W NIERÓWNOŚCI SŁONECZNEJ — *rozdział XXI*

Skoro więc już się zauważyło, że ta druga nierówność stosuje się do owej pierwszej i prostej anomalii nachylenia zodiaku lub do jej odpowiednika, będziemy mieli określone jej różnice, jeżeli tylko nie stanie na przeszkodzie jakiś błąd w poprzednich obserwacjach. Mamy bowiem tę prostą anomalię dla 1515 roku Chrystusa, równą według obliczeń 165 stopniom i 39 prawie minutom, a jej początek wypada z wyliczenia wstecz na 64 prawie lata przed narodzeniem Chrystusa, od którego to czasu aż do naszych zbiera się w sumie 1580 lat, największy zaś mimośród owego początku ustaliłem na 417 części, jakich promień koła zawiera 10000, obecny natomiast, jak zostało wykazane, na 323.

Niech tedy będzie *AB* linią prostą, na której *B* będzie Słońcem i środkiem świata, *AB* największym mimośrodem, *BD* najmniejszym, a z narysowanego małego koła, którego średnicą będzie *AD*, weźmy łuk *AC* na miarę pierwszej prostej anomalii, która wynosiła 165 stopni i 39 minut. Ponieważ dany jest mimośród *AB*, który miał miejsce na początku prostej anomalii, to jest w *A*, o 417 częściach, teraz zaś *BC* wynosi 323 części, będziemy mieli przeto trójkąt *ABC* o danych bokach *AB* i *BC* oraz jednym kącie *CAD*, wiadomym z uzupełniającego półokrąg łuku *CD*, o 14 stopniach i 21 minucie. Na mocy więc twierdzeń o trójkątach płaskich będzie dany pozostały bok *AC* oraz kąt *ABC*, jako różnica między średnim a zmiennym ruchem apogeum, a ponieważ *AC* jest cięciwą danego łuku, będzie dana również średnica *AD* koła *ACD*. Albowiem za pośrednictwem kąta *CAD*, mającego 14 stopni i 21 minut, otrzymamy *CB* o 2496 częściach, jakich średnica opisującego trójkąt koła będzie miała 100000, a ze stosunku *BC* do *AB* dana jest linia *AB* o 3225 takichże częściach, która spina kąt *ACB* 341 stopni i 26 minut. Stąd będzie dany i pozostały kąt *CBD* równy 4 stopniom i 13 minutom, jakich dwa kąty proste zawierają 360, oraz rozpięty na nim bok *AC* o 735 częściach.

A zatem takich części, jakich *AB* ma 417, znalazło się prawie 95 w linii *AC*, która na mocy tego, że jest cięciwą danego łuku, będzie się miała w takim stosunku do *AD* jak do średnicy. Dana więc jest linia *AD* o 96 częściach, jakich w *ADB* jest 417, oraz jej reszta *DB*, wynosząca 321 części, jako najmniejsza rozpiętość mimośrodu, a nadto kąt *CBD*, który jako obwodowy wypadł na 4 stopnie i 13 minut, lecz jako środkowy na 2 stopnie i 6 i pół minuty, i jest prostaferezą odjemną od równego ruchu linii *AB* dookoła środka *B*. Wystawmy teraz linię prostą *BE*, styczną do koła w punkcie *E*, który połączmy z obranym środkiem *F* linią *EF*. Ponieważ tedy w trójkącie prostokątnym *BEF* dany jest bok *EF* o 48 częściach i *BDF* o 369 częściach, przeto takich części, jakich *FDB* jako promień będzie zawierać 10000, będzie miała linia *EF* 1300, która jest połową cięciwy dwukrotności kąta *EBF*, a ten, jako największa prostafereza między równym ruchem *F* i widomym *E*, wynosi 7 stopni i 28 minut, jakich cztery kąty proste mają 360. Stąd mogą być wiadome i pozostałe poszczególne różnice, jak na przykład jeżeli przyjmiemy kąt *AFE* równy 6 stopniom. Będziemy bowiem mieli trójkąt o danych bokach *EF* i *FB* wraz z kątem *EFB*, z których stanie się wiadoma prostafereza *EBF*, równa 41 minutom. Jeżeli zaś kąt *AFE* będzie miał 12 stopni, otrzymamy jako prostaferezę jeden stopień i 23 minuty, dla 18 stopni dwa stopnie i 3 minuty, i tak dla reszty w ten sposób, jak wyżej była mowa przy prostaferezach rocznych.

SPOSÓB OKREŚLANIA RÓWNEGO RUCHU APOGEUM SŁONECZNEGO WRAZ Z RUCHEM ZMIENNYM *rozdział XXII*

Ponieważ tedy czas, w którym największy mimośród zgadzał się z początkiem pierwszej i pojedynczej anomalii, przypadł na trzeci rok 178 Olimpiady, a na 259 rok Aleksandra Wielkiego podług Egipcjan, dlatego też prawdziwe i jednocześnie średnie miejsce apogeum wypadło na 5 i pół stopniach Bliźniąt, to jest o 65 i pół stopnia od równonocy wiosennej. Prawdziwa zaś precesja samej równonocy, zgodna wówczas także ze średnią, wynosiła 4 stopnie i 38 minut, po odjęciu których od 65 i pół stopnia pozostało jako miejsce apogeum na sferze gwiazd stałych 60 stopni i 52 minuty od głowy Barana. W drugim znowu roku 573 Olimpiady, a w 1515 Chrystusa, miejsce apogeum znalazło się na 6 i dwóch trzecich stopnia Raka, ponieważ jednak precesja równonocy wiosennej wypadła według obliczeń na 27 stopni z ćwiercią i jeżeli się je odejmie od 96 i pół oraz jednej szóstej stopnia, pozostaje 69 stopni i 25 minut, a nadto zostało wykazane, że przy ówczesnej pierwszej anomalii, wynoszącej 165 stopni i 39 minut, prostafereza miała 2 stopnie i 7 minut, o które prawdziwe miejsce wyprzedzało średnie, wiadome więc było samo średnie położenie apogeum słonecznego wynoszące 71 stopni i 32 minuty. W ciągu więc pośrednich 1580 lat egipskich średni i równy ruch apogeum wynosił 10 stopni i 41 minut, co podzieliwszy przez liczbę tych lat, otrzymamy jako roczny wymiar 24 sekundy, 20 tercji i 14 kwart.

POPRAWIANIE ANOMALII SŁOŃCA I USTALANIE JEJ MIEJSC PIERWIASTKOWYCH *rozdział XXIII*

Jeżeli tę wartość odejmiemy od prostego ruchu rocznego, który wynosił 359 stopni, 44 minuty, 49 sekund, 7 tercji i 4 kwarty, to pozostanie roczny równy ruch anomalii równy 359 stopniom, 44 minutom, 24 sekundom, 46 tercjom i 50 kwartom. To znowu podzielone przez 365 da, zgodnie z przedstawionymi już w tablicach danymi, jako dzienny wymiar 59 minut, 8 sekund, 7 tercji i 22 kwarty. Stąd także otrzymamy miejsca ustalonych pierwiastków, poczynając od pierwszej Olimpiady. Zostało bowiem już wykazane, że 14 września drugiego roku 573 Olimpiady, w pół godziny po wschodzie Słońca, średnie apogeum Słońca miało 71 stopni i 32 minuty, skąd średnie oddalenie Słońca wynosiło 83 stopnie i 3 minuty. A od pierwszej Olimpiady upływa 2290 lat egipskich, 281 dni i 46 minut dniowych, w ciągu których ruch anomalii wynosi — po odrzuceniu pełnych kół — 42 stopnie i 49 minut, a po odjęciu ich od 83 stopni i 3 minut pozostaje jako miejsce anomalii dla pierwszej Olimpiady 40 stopni i 14 minut; i w ten sam sposób, jak wyżej, jako miejsce dla lat Aleksandra wypada 166 stopni i 38 minut, Cezara 211 stopni i 11 minut i Chrystusa 211 stopni i 19 minut.

TABELARYCZNY WYKAZ RÓŻNIC MIĘDZY RUCHEM RÓWNYM I WIDOMYM *rozdział XXIV*

Ażeby zaś wyjaśnienia, dotyczące różnic między równymi i widomymi ruchami Słońca, były bardziej przystosowane do użytku, przedłożę także ich tablicę, zawierającą sześćdziesiąt wierszy, rubryk natomiast, czyli kolumn, sześć. Dwie pierwsze mianowicie rubryki będą zawierać liczby obu półokręgów, to jest wznoszącego się i opadającego, wzrastające co trzy stopnie, jak to zrobiłem wyżej przy ruchach równonocy. W trzeciej rubryce odnotuję stopnie różnicy ruchu apogeum słonecznego, czyli anomalii, która to różnica, w miarę jak dostosowuje się do każdego co trzeciego stopnia, dochodzi do sumy około 7 i pół stopnia. Czwarta rubryka przeznaczona będzie dla minut proporcjonalnych, które wynoszą najwyżej 60 i określane są z nadwyżki większych prostaferez rocznej anomalii. Skoro mianowicie największa ich nadwyżka wynosi 32 minuty, sześćdziesiąta część będzie równa 32 sekundom. Odpowiednio więc do wielkości nadwyżki, którą w sposób wyżej wskazany obliczymy z mimośrodu, dodam w linii poziomej do każdego co trzeciego stopnia właściwą mu liczbę sześćdziesiątych części. W piątej rubryce znajdą się poszczególne również prostaferezy roczne, czyli pierwsze różnice, według najmniejszej odległości Słońca od środka. W szóstej i ostatniej będą nadwyżki tych prostaferez, które zachodzą przy największym mimośrodzie. A tablica ta jest następująca.

TABLICA PROSTAFEREZ

Liczby wspólne		Prostaferezy środka		Minuty proporcjonalne	Prostaferezy kręgu		Nadwyżki
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	Minuty
3	357	0	21	60	0	6	1
6	354	0	41	60	0	11	3
9	351	1	2	60	0	17	4
12	348	1	23	60	0	22	6
15	345	1	44	60	0	27	7
18	342	2	5	59	0	33	9
21	339	2	25	59	0	38	11
24	336	2	46	59	0	43	13
27	333	3	5	58	0	48	14
30	330	3	24	57	0	53	16
33	327	3	43	57	0	58	17
36	324	4	2	56	1	3	18
39	321	4	20	55	1	7	20
42	318	4	37	54	1	12	21
45	315	4	53	53	1	16	22
48	312	5	8	51	1	20	23
51	309	5	23	50	1	24	24
54	306	5	36	49	1	28	25
57	303	5	50	47	1	31	27
60	300	6	3	46	1	34	28
63	297	6	15	44	1	37	29
66	294	6	27	42	1	39	29
69	291	6	37	41	1	42	30
72	288	6	46	40	1	44	30
75	285	6	53	39	1	46	30
78	282	7	1	38	1	48	31
81	279	7	8	36	1	49	31
84	276	7	14	35	1	49	31
87	273	7	20	33	1	50	31
90	270	7	25	32	1	50	32

DOKOŃCZENIE TABLICY PROSTAFEREZ

Liczby wspólne		Prostaferezy środka		Minuty proporcjonalne	Prostaferezy kręgu		Nadwyżki
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	Minuty
93	267	7	28	30	1	50	32
96	264	7	28	29	1	50	33
99	261	7	28	27	1	50	32
102	258	7	27	26	1	49	32
105	255	7	25	24	1	48	31
108	252	7	22	23	1	47	31
111	249	7	17	21	1	45	31
114	246	7	10	20	1	43	30
117	243	7	2	18	1	40	30
120	240	6	52	16	1	38	29
123	237	6	42	15	1	35	28
126	234	6	32	14	1	32	27
129	231	6	17	12	1	29	25
132	228	6	5	11	1	25	24
135	225	5	45	10	1	21	23
138	222	5	30	9	1	17	22
141	219	5	13	7	1	12	21
144	216	4	54	6	1	7	20
147	213	4	32	5	1	3	18
150	210	4	12	4	0	58	17
153	207	3	48	3	0	53	14
156	204	3	25	3	0	47	13
159	201	3	2	2	0	42	12
162	198	2	39	1	0	36	10
165	195	2	13	1	0	30	9
168	192	1	48	1	0	24	7
171	189	1	21	0	0	18	5
174	186	0	53	0	0	12	4
177	183	0	27	0	0	6	2
180	180	0	0	0	0	0	0

OBLICZANIE WIDOMEGO RUCHU SŁONECZNEGO *rozdział XXV*

Z powyższych objaśnień wystarczająco już, sądzę, wiadomo, w jaki sposób oblicza się widome położenie Słońca dla każdego dowolnie wyznaczonego czasu. Należy mianowicie wyszukać dla tego czasu prawdziwe miejsce równonocy wiosennej, czyli jej precesję wraz z jej pierwszą, pojedynczą anomalią, jak to wyżej pokazałem, a następnie średni ruch prosty środka Ziemi, czyli, jeżeli się woli tak go nazwać, ruch Słońca, oraz z tablic ruchów równych anomalię roczną, które to wartości dodajmy do ustalonych ich pierwiastków. Wraz więc z pierwszą i pojedynczą anomalią, czyli z jej lub jej najbliższą liczbą, znalezioną w pierwszej lub drugiej rubryce poprzednio podanej tablicy, odnajdziemy odpowiadającą jej w trzeciej rubryce prostaferezę anomalii rocznej oraz następujące po niej minuty proporcjonalne, które zachowajmy na później. Prostaferezę zaś dodajmy do anomalii rocznej, jeżeli anomalia pierwsza będzie mniejsza od półokręgu, czyli jej liczba znajdzie się w pierwszej rubryce, w przeciwnym razie odejmijmy ją. Uzyskana bowiem różnica względnie suma będzie wyrównaną anomalią Słońca, za pośrednictwem której znowu weźmy umieszczoną w piątej rubryce prostaferezę obiegu rocznego wraz z następującą po niej nadwyżką. Tę właśnie nadwyżkę, jeżeli pomnożona przez uprzednio odłożone minuty proporcjonalne będzie coś przedstawiać, dodajmy zawsze do tej prostaferezy, a otrzyma się samą prostaferezę wyrównaną, którą odejmijmy od średniego położenia Słońca, jeżeli liczba anomalii rocznej znajdzie się w pierwszej rubryce, czyli będzie mniejsza od półokręgu, a dodajmy, jeżeli będzie większa, czyli będzie się mieścić w drugiej rubryce liczb. W ten sposób bowiem otrzymana różnica lub suma określi prawdziwe położenie Słońca, liczone od głowy gwiaździstego Barana, a jeżeli do tego doda się wreszcie prawdziwą precesję równonocy wiosennej, to wynik wskaże od razu także położenie Słońca od samej równonocy w znakach dodekatemoriów i w stopniach zodiaku.

Jeżeliby zaś ktoś zechciał przeprowadzić to innym sposobem, to niech zamiast ruchu prostego weźmie równy złożony, a resztę wykona tak, jak podano, z tym, że zamiast precesji równonocy doda lub odejmie podług tego, jak wymagać będzie sytuacja, samą tylko jej prostaferezę. Tak się przedstawia rachunek widomego ruchu słonecznego w konsekwencji ruchliwości Ziemi, zgodny ze starożytnymi i nowszymi spostrzeżeniami, z czego bardziej jeszcze wnosi się, że i przyszłe zostały już przewidziane. Lecz jednak i z tego także dobrze zdaję sobie sprawę, że gdyby środek rocznego obrotu uważało się za nieruchomy jakby środek świata, a Słońce za poruszające się dwoma ruchami podobnymi i równymi tym, jakie wykazałem dla środka koła ekscentrycznego, to właśnie wypadnie wszystko, co wprzódy: te same liczby i ten sam tok dowodzenia, ponieważ nic innego nie uległoby w nich zmianie, zwłaszcza w tym, co się odnosi do Słońca, jak tylko samo położenie. Wtedy bowiem ruch środka Ziemi dookoła środka świata byłby niezależny i prosty, a dwa pozostałe przypadłyby samemu Słońcu. Dlatego pozostanie jeszcze wątpliwość co do środka świata, który nim jest z owych dwóch, jak o tym na początku powiedziałem niezdecydowanie, że środek świata znajduje się na Słońcu lub obok niego. Lecz o tej kwestii powiem więcej przy wyjaśnianiu pięciu gwiazd błędnych i w miarę swych możliwości również ją rozstrzygnę, uważając, że wystarcza, jeżeli dla zjawisk słonecznych uzyskałem już pewne i niezawodne liczby.

× DOBA, CZYLI ZMIENNOŚĆ DNIA NATURALNEGO *rozdział XXVI*

W związku ze Słońcem pozostaje jeszcze powiedzieć coś niecoś o nierówności dnia naturalnego, który to okres czasu obejmuje przeciąg 24 równych godzin i którym dotychczas przynajmniej posługiwałem się jako wspólną i określoną miarą ruchów niebieskich. Taki zaś dzień jedni, jak Chaldejczycy i starożytna Judea, zamykają w granicach czasu, jaki mieści się między dwoma wschodami Słońca, inni, jak Ateńczycy, między dwoma zachodami, albo też, jak Rzymianie, od północy do północy, lub, jak Egipcjanie, od południa do południa. Rzeczą zaś jest oczywistą, że w ciągu tego czasu dokonuje się pełny obrót własny globu ziemskiego wraz z tym, co w tym czasie na skutek biegu rocznego dochodzi z widomego ruchu Słońca. Że ten zaś dodatek jest nierówny, wskazuje na to przede wszystkim nierówny bieg widomy samego Słońca, a oprócz tego i to, że ów dzień naturalny odbywa się wokół biegunów równika, roczny zaś obieg na zodiaku. Wskutek tych okoliczności ów widomy okres czasu nie może być ogólną i niezawodną miarą ruchu, ponieważ dzień za dniem nie pozostają w stosunku do siebie w każdej swej części bez zmiany, i dlatego stosowną było rzeczą wypośrodkować z nich pewien średni i równy dzień, którym można by było bez niepewności mierzyć równość ruchu.

Ponieważ na kole całego roku dokonuje się 365 obrotów dookoła biegunów Ziemi, którym przybywa z codziennego do nich narzutu ze strony widomego biegu Słońca prawie cały obrót nadliczbowy, wynika przeto stąd, że 365 jego część jest tą, która w równej mierze uzupełnia dzień naturalny. Dlatego musimy określić i wyodrębnić dzień równy od zmiennego widomego. Otóż dniem równym nazywam taki, który zawiera cały obrót równika oraz nadto tak wielką jego część, jaką Słońce zdaje się w tym czasie przebywać ruchem równym, nierównym zaś i widomym dniem taki, który obejmuje 360 czasostopni jednego obrotu równika oraz nadto to, co wraz z widomym posuwaniem się Słońca przybywa na horyzoncie lub południku. Różnica między tymi dniami, jakkolwiek jest bardzo mała i nie od razu dostrzegalna, zwielokrotniona jednak w ciągu kilku dni urasta w sposób widoczny.

Dwie są jej przyczyny, zarówno nierówność widomego ruchu słonecznego, jak też nierówne wznoszenie się nachylenia zodiaku. Pierwsza przyczyna, która pochodzi z nierównego i widomego ruchu Słońca, już się uwidoczniła, ponieważ na półokręgu, na którym kulminuje najwyższa absyda, brakowało według Ptolemeusza do stopni zodiaku 4 i trzech czwartych czasostopnia, a na drugim półokręgu, na którym była najniższa absyda, było ich tyleż za dużo. Dlatego cała nadwyżka jednego półokręgu nad drugim wynosiła 9 i pół czasostopnia.

W wyniku zaś drugiej przyczyny, stojącej w związku ze wschodem i zachodem, największa różnica, która jest różnicą między najkrótszym i najdłuższym dniem, zachodzi między półkolami obu przesileń i jest bardzo rozmaita, bo właściwa każdej okolicy. Ta zaś różnica, która przypada na czas od południa lub północy, zamyka się wszędzie w czterech granicach, jako że 88 stopni od 16 stopnia Byka do 14 stopnia Lwa przekracza południk wraz z 93 prawie czasostopniami, a 92 stopnie od 14 stopnia Lwa do 16 stopnia Skorpiona przebywają 87 czasostopni, tak że tu brakuje pięciu czasostopni, a tam tyleż ich zbywa. Tak więc suma dni na pierwszym odcinku przewyższa sumę dni na drugim o dziewięć czasostopni, co stanowi dwie trzecie jednej godziny; i podobnie dzieje się to samo w odmiennej kolejności na drugim półokręgu w pozostałych, diametralnie przeciwnych, granicach. Podobało się jednak astronomom brać początek dnia naturalnego nie od wschodu lub zachodu, lecz od południa lub północy. Różnica bowiem, która się bierze od horyzontu, jest wielokrotnie większa, jako że dochodzi do kilku godzin, a nadto nie wszędzie jest ta sama, lecz odpowiednio do nachylenia sfery wielokroć się zmienia. Różnica natomiast odnosząca się do południka jest wszędzie ta sama i prostsza.

Cała ta zatem różnica, która pochodzi z obu wymienionych już przyczyn, zarówno z widomego nierównego posuwania się Słońca, jak też z nierównego przechodzenia przez południk, wynosiła przed Ptolemeuszem przynajmniej, zaczynając zmniejszać się od połowy Wodnika, a wzrastając od początku Skorpiona, w sumie 8 i jedną trzecią czasostopnia, a teraz, zmniejszając się od lub prawie od dwudziestego stopnia Wodnika aż do dziesiątego stopnia Skorpiona, powiększając się zaś od dziesiątego stopnia Skorpiona do dwudziestego stopnia Wodnika, skurczyła się do siedmiu czasostopni i 48 czasominut. Zmieniają się bowiem z czasem i te różnice na skutek niestałości perigeum i mimośrodu.

Jeżeli do nich wreszcie dołączy się również największa różnica precesji równonocy, to cała różnica dni naturalnych będzie mogła w ciągu pewnej ilości lat przekroczyć dziesięć czasostopni. I w tym ukrywała się aż dotąd trzecia przyczyna nierówności dni, a to dlatego, że obrót równika okazał się równy w stosunku do średniej i jednostajnej równonocy, a nie do równonocy widomych, które, jak to się pokazało dosyć wyraźnie, nie są bynajmniej równomierne. Podwojone zatem dziesięć czasostopni dają jedną i jedną trzecią godziny, o którą niekiedy dni dłuższe mogą przewyższać krótsze. Te różnice w odniesieniu do rocznego posuwania się Słońca oraz do powolniejszego ruchu pozostałych gwiazd można było zapewne bez wyraźnego błędu pominąć, lecz z powodu szybkości Księżyca, przez którą mógłby być popełniony błąd o połowę i jedną trzecią stopnia, w żadnym × razie nie należy ich lekceważyć. Sposób zatem uzgodnienia czasu równego ze zmiennym widomym, w którym zbiegają się wszystkie różnice, jest następujący. Dla dowolnie obranego czasu należy wyszukać na obu jego granicach, to jest na początku i końcu, średnie położenie Słońca od średniej równonocy z równego jego ruchu, który nazwałem złożonym, jak również prawdziwe położenie widome od prawdziwej równonocy, i określić, ile czasostopni przeszło dzięki rektascenzjom w południe lub o północy albo znalazło się między pierwszym prawdziwym położeniem a drugim prawdziwym. Jeżeli bowiem będą równe owym stopniom, które się znajdują pomiędzy obu położeniami średnimi, to wówczas obrany czas widomy równy będzie średniemu. Jeżeli zaś czasostopnie będą przeważać, to tę nadwyżkę dodajmy do danego czasu, a jeżeli będą niedostawać, to niedobór odejmijmy od czasu widomego. Tak bowiem postępując otrzymamy z sumy względnie różnicy czas zmieniony na równy, licząc za każdy czasostopień cztery minuty godzinne lub 10 sześćdziesiątych jednej sześćdziesiątej dnia. Jeżeli natomiast dany będzie czas równy i chciałoby się wiedzieć, ile mu odpowiada czasu widomego, należy postępować na odwrót. Otóż otrzymaliśmy dla pierwszej Olimpiady jako średnie położenie Słońca od średniej równonocy wiosennej w południe pierwszego dnia pierwszego według Ateńczyków miesiąca Hekatombajon 90 stopni i 59 minut, a od równonocy widomej 0 stopni i 36 minut Raka, natomiast dla lat Chrystusa jako średni ruch Słońca 8 stopni i 2 minuty Koziorożca, prawdziwy zaś 8 stopni i 48 minut tegoż znaku. Wzniesienia zatem na sferze prostej od 0 stopni i 36 minut Raka do 8 stopni i 48 minut Koziorożca dokonuje 188 czasostopni i 56 czasominut, przewyższając rozstęp między średnimi położeniami o 1 czasostopień i 53 czasominuty, co stanowi 7 i pół minuty jednej godziny. I tak też z pozostałymi danymi, za pomocą których można by najdokładniej zbadać bieg Księżyca, a o nim będzie mowa w księdze następnej.

MIKOŁAJA KOPERNIKA OBROTÓW *księga czwarta*

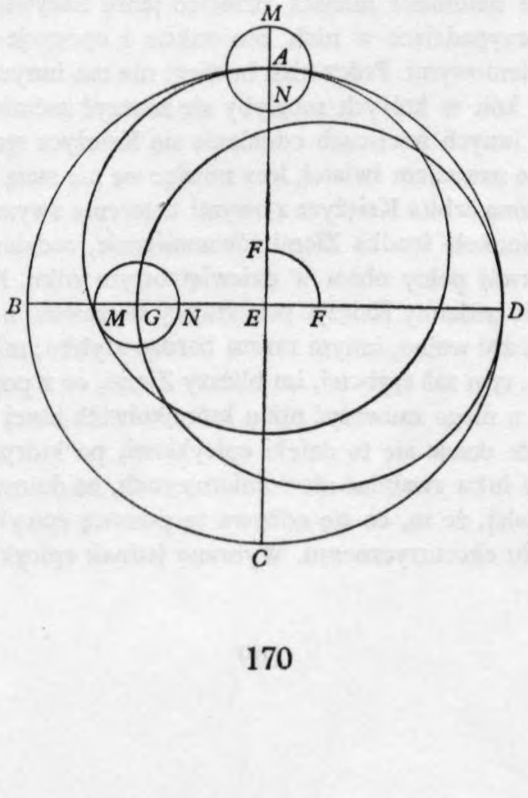
Ponieważ w poprzedniej księdze przedstawiłem, na ile było stać moją skromną osobę, zjawiska wynikające z ruchu Ziemi dookoła Słońca, a moim zamiarem jest przy tejże sposobności wyznaczyć ruchy wszystkich planet, omówienia teraz wymaga bieg Księżyca, i to koniecznie, ponieważ dzięki niemu, który jest towarzyszem dnia i nocy, najlepiej się oznacza i sprawdza każde położenie gwiazd, a po wtóre dlatego, że on jeden ze wszystkich koncentruje ogółem swe obroty, jakkolwiek również zmienne, wokół środka Ziemi i z Ziemią najbardziej jest związany. Dlatego też sam przez się niczym nie wskazuje na ruch Ziemi — chyba tylko może na dzienny — tak że z tego powodu raczej wierzono, iż Ziemia jest środkiem świata, wspólnym dla wszystkich obrotów. Wprawdzie w wyjaśnieniu biegu Księżyca nie różnię się od zapatrywań starożytnych w tym, że odbywa się on dookoła Ziemi, przytoczę jednak także pewne fakty inne niż te, które przejęliśmy od swych poprzedników, i bardziej ze sobą zgodne, aby na ich podstawie z większą, na ile to jest możliwe, dokładnością ustalić także ruch Księżyca.

HIPOTEZY O KOŁACH KSIĘŻYCOWYCH W WYOBRAŻENIU STAROŻYTNYCH *rozdział I*

Bieg więc Księżyca ma tę właściwość, że nie odbywa się środkiem zodiaku, lecz po własnym pochylonym kole, które przecina zodiak na dwie połowy i przez niego nawzajem jest przecinane, skąd bieg przesuwa się w obie szerokości. I tu właśnie północną granicę, od której Księżyc zaczyna schodzić w dół i zdążać na południe, nazwali Grecy katabibazon (punktem opadania), a drugą, najniższą i południową, skąd wznosi się w górę i z powrotem zmierza na północ, anabibazon (punktem wznoszenia się). Są one prawie tym, czym punkty zwrotnikowe w rocznym ruchu Słońca. I istotnie, czym jest dla Słońca rok, tym dla Księżyca miesiąc. Pośrednie natomiast miejsca przecięć jedni nazywają zaćmieniowymi, inni węzłami, a przypadające w nich koniunkcje i opozycje Słońca i Księżyca zowią się też zaćmieniowymi. Prócz nich bowiem nie ma innych punktów wspólnych dla obydwu kół, w których mogłyby się zdarzyć zaćmienia Słońca i Księżyca, ponieważ w innych miejscach oddalenie się Księżyca sprawia, że nie przesłaniają wcale sobie nawzajem świateł, lecz mijając się nie stają sobie na zawadzie.

Ta tedy nachylona orbita Księżyca z owymi czterema swymi głównymi punktami porusza się dookoła środka Ziemi równomiernie, codziennie o trzy prawie minuty, kończąc swój pełny obrót w dziewiętnastym roku. Na tej więc orbicie i w jej płaszczyźnie widzimy Księżyc poruszający się zawsze w kierunku sekwencji, lecz czasem bardzo wolno, innym razem bardzo szybko: mianowicie tym wolniej, im jest wyżej, tym zaś szybciej, im bliższy Ziemi, co z powodu jego sąsiedztwa łatwiej można u niego zauważyć niż u którejkolwiek innej gwiazdy. Wyobrażono więc sobie, że dzieje się to dzięki epicyklowi, po którym krążąc, Księżyc miałby na górnym łuku zwalniać równomierny ruch, na dolnym zaś go przyspieszać. Wykazano dalej, że to, co się odbywa za pomocą epicykla, może się dziać również dzięki kołu ekscentrycznemu. Wybrano jednak epicykl dlatego, że Księżyc zdawał się wykazywać podwójną rozbieżność. Gdy bowiem znajdował się w najwyższej lub najniższej absydzie epicykla, nie pojawiała się żadna w ogóle różnica w równomiernym ruchu, przy przecięciu natomiast epicykla nie była ona jednej miary, lecz o wiele większa podczas kwadry rosnącej i ubywającej niż podczas pełni lub nowiu, i to w stałym i regularnym następstwie. Dlatego sądzono, że krąg, po którym się porusza epicykl, nie jest współśrodkowy z Ziemią, lecz że jest to w ogóle ekcentroepicykl, po którym Księżyc posuwa się podług tej reguły, że we wszystkich średnich opozycjach i koniunkcjach Słońca i Księżyca epicykl znajduje się w apogeum koła ekcentrycznego, w średnich zaś ćwiartkach koła w jego perigeum. Wyobrażono więc sobie dwa nawzajem przeciwne sobie i równe ruchy około środka Ziemi, mianowicie epicykla w kierunku sekwencji oraz środka koła ekcentrycznego i jego absyd w kierunku precedencji, podczas gdy linia średniego miejsca Słońca znajduje się zawsze w środku między nimi oboma. I w ten sposób epicykl dwa razy w miesiącu przebiega koło ekcentryczne.

Aby to unaocznić, niech *ABCD* będzie współśrodkowym z Ziemią pochylonym kołem Księżyca, podzielonym średnicami *AEC* i *BED* na cztery części, a *E* środkiem Ziemi. Na linii znowu *AC* znajdzie się średnia koniunkcja Słońca i Księżyca, a nadto w tym samym miejscu i czasie apogeum ekscentrycznego koła, którego środkiem niech będzie *F*, i jednocześnie środek epicykla *MN*. I niech teraz apogeum koła ekcentrycznego porusza się w kierunku precedencji o tyle, o ile epicykl w kierunku sekwencji, oba zaś równomiernie dookoła *E* w równych i miesięcznych obrotach w stosunku do średnich koniunkcji lub opozycji Słońca, i niech linia średniego położenia Słońca *AEC* będzie zawsze w środku między nimi, a Księżyc znowuż niech się porusza od apogeum epicykla w kierunku precedencji. Uważa się bowiem, że z takim układem tych rzeczy zgodne są zjawiska, jako że gdy epicykl w połowie okresu dokonuje wprawdzie od Słońca tylko półkola, ale od apogeum ekcentrycznego koła całkowitego obrotu, wynika

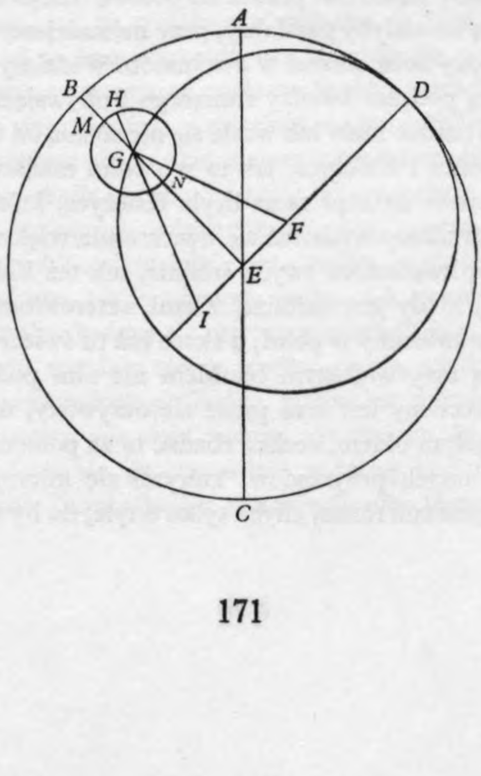


z tego, że w połowie tego czasu, to jest około kwadry Księżyca, stoją one naprzeciw siebie na średnicy *BD* i epicykl znajduje się na kole ekscentrycznym w perigeum, jak w punkcie *G*, a tu znalazłszy się bliżej Ziemi, powoduje większe różnice nierównomierności. Z równych bowiem wielkości w nierównych umieszczonych odległościach ta większa się wydaje, która jest bliższa oka. Kiedy więc epicykl znajdzie się w *A*, będą one najmniejsze, w *G* zaś największe, ponieważ stosunek średnicy epicykla *MN* do linii *AE* będzie najmniejszy, do *GE* natomiast większy niż do wszystkich pozostałych, które się znajdują w innych miejscach, gdyż linia *GE* jest najkrótsza ze wszystkich, a linia *AE* lub równa jej *DE* najdłuższa z tych, które od środka Ziemi można doprowadzić do koła ekscentrycznego.

SŁABOŚĆ POWYŻSZYCH ZAŁOŻEŃ *rozdział II*

Taki właśnie układ kół, jakoby zgodny ze zjawiskami księżycowymi, przyjęli poprzednicy. Jeżeli jednak rozważymy dokładniej tę sprawę, przekonamy się, że ta hipoteza nie jest ani dosyć dopasowana, ani wystarczająca, co możemy potwierdzić rachunkiem i rozumowaniem.

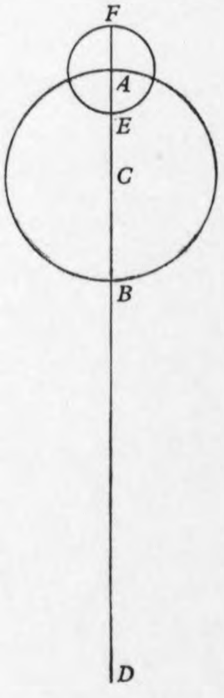
Dopóki bowiem przyznaje się, że ruch środka epicykla jest równomierny wokół środka Ziemi, należy także przyznać, że jest on nierówny na własnym kole ekscentrycznym, które opisuje. Albowiem jeżeli, na przykład, przyjmie się kąt *AEB* równy 45 stopniom, to jest połowie kąta prostego, i równy kątowi *AED*, tak że cały kąt *BED* jest kątem prostym, i obierze się środek epicykla w *G*, a następnie nakreśli się linię łączącą *GF*, to oczywistą jest rzeczą, że zewnętrzny kąt *GFD* większy jest od wewnętrznego i przeciwległego kąta *GEF*. Dlatego też oba w tym samym czasie opisane łuki *DAB* i *DG* będą nierówne, jako że gdy *DAB* będzie ćwiartką, łuk *DG*, nakreślony w tym czasie przez środek epicykla, jest większy od ćwiartki koła. Okazało się zaś, że podczas kwadry Księżyca oba łuki *DAB* i *DG* były półkolami, ruch zatem epicykla na własnym kole ekscentrycznym, które sam opisuje, jest nierówny.



Jeżeliby więc tak było, co odpowiemy na twierdzenie, że ruch ciał niebieskich jest równomierny i tylko jako zjawisko wydaje się nierównomierny, jeżeli widomy ruch równy epicykla będzie w rzeczy samej nierówny i zajdzie kompletne przeciwieństwo do ustalonej i przyjętej zasady? Jeżeliby natomiast ktoś twierdził, że epicykl porusza się równomiernie wokół środka Ziemi i że to wystarczy do utrzymania równomierności, to jakaż tedy będzie owa równomierność na obcym kole, po którym ruch jego nie odbywa się, lecz na własnym kole ekcentrycznym? Tak bardzo dziwi mnie także to, że równomierność Księżyca na jego również epicyklu chce się rozumieć nie w odniesieniu do środka Ziemi, oczywiście pośrednio przez linię *EGM*, do której słusznie należałoby odnieść równomierność związaną z samym środkiem epicykla, lecz do pewnego zgoła innego punktu, przy czym w środku między nim a środkiem ekcentrycznego koła znajduje się Ziemia, a linia *IGH* jest jak gdyby wskazówką równomierności Księżyca na epicyklu, co w rzeczy samej również wystarczająco dowodzi nierówności tego ruchu. To bowiem zmuszają przyznać zjawiska, które stosują się częściowo do tej hipotezy. W ten też sposób można dostrzec, jaka będzie argumentacja, jeżeli już zechcemy wobec nierównego biegu Księżyca po swoim epicyklu z nierównych ruchów przyjąć nierównomierność zjawiska. Czegóż bowiem innego dokażemy, jeżeli nie tego, że damy sposobność tym, którzy tej nauce uwłaczają?

Następnie doświadczenie i sam rozum pouczają nas, że paralaksy Księżyca nie zgadzają się z tymi, jakie zapowiada stosunek samych kół. Paralaksy bowiem, zwane komutacjami, wynikają ze znacznej wielkości Ziemi w stosunku do bliskiej odległości Księżyca. Gdy bowiem poprowadzi się proste linie od powierzchni Ziemi i jej środka do Księżyca, nie okażą się już one równoległe, lecz z wyraźnym nachyleniem przetną się w bryle księżycowej, muszą więc z konieczności powodować zmienność zjawiska księżycowego tak, że z kulistej powierzchni Ziemi patrzący na niego z ukosa widzą go w innym miejscu niż ci, którzy będą obserwować Księżyc ze środka, czyli nad swoją głową. Takie więc paralaksy zmieniają się proporcjonalnie do odległości Księżyca od Ziemi. Największa mianowicie odległość, według zgodnego mniemania wszystkich matematyków, wynosi 64 i jedną szóstą części, jakich promień Ziemi ma jedną, najmniejsza zaś, według ustalonego przez nich stosunku, powinna by była wynosić 33 i tyleż sześćdziesiątych części, tak że Księżyc zbliżałby się do nas prawie na połowę odległości i zgodnie z wynikającą stąd proporcją musiałyby paralaksy, przy najmniejszej i największej odległości, różnić się między sobą niemal w dwójnasób. Widzimy jednak, że te paralaksy, które zachodzą podczas kwadry rosnącego i ubywającego Księżyca, nawet w perigeum epicykla bardzo mało lub wcale się nie różnią od tych, które wypadają przy zaćmieniach Słońca i Księżyca, jak to w swoim miejscu obszernie wykażę. Najbardziej zaś wskazuje na błąd sama bryła Księżyca, która w podobnym stosunku musiałaby w średnicy wydawać się dwukrotnie większa lub mniejsza. Jak zaś koła odpowiadają kwadratom swych średnic, tak też Księżyc wydawałby się zwykle w kwadrach, kiedy jest najbliżej Ziemi, czterokrotnie większy, niż gdy w opozycji do Słońca świeciłby w pełni; a skoro już tu świeci przepołowiony, niemniej świeciłby dwa razy większym blaskiem niż tam podczas pełni. Chociaż fakt wręcz temu przeciwny jest sam przez się oczywisty, to jeżeli jednak ktoś, nie zadowalając się gołym okiem, zechce zbadać to za pomocą dioptry Hipparcha albo jakichkolwiek innych przyrządów, którymi się mierzy średnicę Księżyca, przekona się, że nie jest ona różna, chyba tylko o tyle, ile by wymagał epicykl bez owego koła ekscentrycznego. Z tej też przyczyny Menelaus i Timocharis przy badaniu gwiazd stałych za pomocą położenia Księżyca nie wahali się posługiwać tą samą zawsze średnicą Księżyca, równą połowie jednego stopnia, ile właśnie Księżyc zwykle zdawał się zajmować.

INNY POGLĄD NA RUCH KSIĘŻYCA *rozdział III*



Tak tedy istotnie okazuje się, że nie koło ekscentryczne jest powodem, iż epicykl pokazuje się większy i mniejszy, lecz inny rodzaj kół. Niech oto *AB* będzie epicyklem, który będę nazywał pierwszym i większym, jego środkiem niech będzie *C*, a od środka Ziemi, którym niech będzie *D*, przedłużmy linię prostą *DC* do najwyższej absydy epicykla, około zaś punktu *A* jako środka opiszmy także inny mały epicykl *EF*, a wszystko to w tej samej płaszczyźnie nachylonej orbity Księżyca. Niech dalej *C* porusza się w kierunku sekwencji, *A* natomiast w kierunku precedencji, a Księżyc znowuż w sekwencji od *F* w górnej części koła *EF* z zachowaniem takiego układu, że dopóki linia *DC* schodzi się ze średnim miejscem Słońca, Księżyc zawsze jest najbliżej środka *C*, to jest w punkcie *E*, w kwadrach zaś najdalej, mianowicie w *F*.

Twierdzę, że zjawiska księżycowe zgodne są z takim układem tych rzeczy. Wynika bowiem z niego, że Księżyc dwa razy w miesiącu będzie obiegał epicykl *EF*, w którym to czasie *C* raz jeden powróci do Słońca, i będzie się wydawało, że Księżyc podczas nowiu i pełni opisuje najmniejsze koło, mianowicie to, którego promieniem będzie *CE*, w kwadrach zaś największe odległością od środka *CF*, i w ten sposób na podobnych, lecz nierównych łukach około środka *C* spowoduje znowu tam mniejsze, tu większe różnice między równym i widomym ruchem. Ponieważ zaś środek epicykla *C* zawsze będzie na kole współśrodkowym z Ziemią, nie będzie powodował tak bardzo różnych paralaks, lecz tylko zgodne z samym epicyklem. I widoczną stanie się przyczyna, dlaczego także bryła księżycowa wydaje się poniekąd podobna do siebie, i tak też wypadnie wszystko inne, co się spostrzega w biegu Księżyca.

To właśnie z kolei za pomocą tej mojej hipotezy zamierzam wykazać, jakkolwiek znowu to samo przy zachowaniu należytej proporcji może się dziać dzięki kołom ekscentrycznym, jak to zrobiłem w związku ze Słońcem. Zacznę zaś, jak to wyżej czyniłem, od ruchów równych, bez których nie można wyróżnić ruchu nierównego. Tu jednak występuje niemała trudność z powodu wspomnianych paralaks. I dlatego to ani za pomocą astrolabiów, ani jakichkolwiek innych przyrządów położenie Księżyca nie daje się zaobserwować. Lecz łaskawość natury także w tym względzie zaspokoiła ludzkie życzenie, ażeby jeszcze dokładniej dawał się on uchwycić za pomocą swoich zaćmień aniżeli przy użyciu przyrządów, i to bez obawy przed błędem. Albowiem gdy reszta świata jasna jest i pełna dziennego światła, noc, jak wiadomo, nie jest niczym innym, jak cieniem Ziemi, który przybiera stożkowaty kształt i kończy się ostrym wierzchołkiem, a Księżyc, wchodząc weń, ciemnieje, i gdy znajdzie się w środku cienia, wiadomo, że niewątpliwie doszedł do miejsca przeciwległego Słońcu. Natomiast zaćmienia słoneczne, które sprawia zasłona Księżyca, nie dają pewnej rękojmi co do położenia Księżyca. Wówczas bowiem zdarza się, że wprawdzie widzimy koniunkcję Słońca i Księżyca, dla środka jednak Ziemi albo już ona minęła, albo jeszcze nie nastąpiła z powodu wspomnianej paralaksy. I dlatego to samo zaćmienie Słońca nie we wszystkich krajach widzimy jednakowe co do wielkości i czasu trwania ani też podobne w swych fazach. W księżycowych natomiast zaćmieniach nie zachodzi żadna tego rodzaju przeszkoda, lecz wszędzie są one podobne do siebie, ponieważ Ziemia przepuszcza oś owego cienia powodującego zaćmienie przez swój środek od Słońca, i dlatego właśnie zaćmienia księżycowe najlepiej się nadają do wyznaczania w najpewniejszy sposób biegu Księżyca.

OBROTY KSIĘŻYCA I POSZCZEGÓLNE JEGO RUCHY

rozdział IV

Otóż wśród najstarszych astronomów, którzy starali się przekazać potomności to zjawisko w liczbach, znalazł się Ateńczyk Meton, który najaktywniej działał około osiemdziesiątej siódmej Olimpiady. On to odkrył, że w 19 latach słonecznych upływa pełnych 235 miesięcy, skąd też ów wielki rok nazwano Enneakaidekaeteris, to jest dziewiętnastoletnim okresem Metona. Tę liczbę do tego stopnia uznano za dobrą, że w Atenach i innych znaczniejszych miastach została opublikowana na rynku, a nawet aż do dzisiaj powszechnie się przyjęła, ponieważ sądzi się, że dzięki niej początki i końce miesięcy pozostają niezmiennie w stałym układzie i że także rok słoneczny liczący 365 i jedną czwartą dnia jest współmierny z tymi miesiącami. Stąd też pochodzi ów 76-letni okres Kallippa, podczas którego dziewiętnaście razy dodaje się po jednym dniu, a nazwano go rokiem Kallippowym.

Atoli bystrość Hipparcha wykryła, że w ciągu 304 lat przybywa jeszcze jeden cały dzień i że wówczas tylko daje się on wytłumaczyć, kiedy by rok słoneczny był mniejszy o jedną trzechsetną część dnia. Tak też niektórzy ten wielki okres, w którym upływa pełnych 3760 miesięcy, nazwali rokiem Hipparcha. Twierdzenie to, kiedy się bada również powroty pierwotnych anomalii i szerokości, okazuje się zbyt uproszczone i, jak to się mówi, natchnione przez bardziej tępą Minerwę, i dlatego ten sam Hipparch dokładniej to przebadał. Porównawszy mianowicie zapiski, które poczynił obserwując bardzo uważnie zaćmienia Księżyca, z tymi, które zawdzięczał Chaldejczykom, ustalił, że okres czasu, w którym obroty miesięcy i anomalii równocześnie powracają, wynosi 345 lat egipskich, 82 dni i jedną godzinę i że ten czas obejmuje 4267 miesięcy, ale 4573 okrążenia anomalii. Gdy więc zawartą w tym ilość dni, to jest sto dwadzieścia sześć tysięcy siedem dni i jedną godzinę, podzieli się przez liczbę miesięcy, otrzymuje się dla jednego równego miesiąca 29 dni oraz 31 minut, 50 sekund, 8 tercji, 9 kwart i 20 kwint dniowych. W ten też sposób stał się znany ruch dla każdego dowolnego czasu. Z podziału bowiem 360 stopni jednego miesięcznego obrotu przez okres miesięczny wypada dzienny bieg Księżyca od Słońca na 12 stopni, 11 minut, 26 sekund, 41 tercji, 20 kwart i 18 kwint. Wzięte to 365 razy daje w iloczynie jako roczny ruch oprócz dwunastu pełnych obrotów 129 stopni, 37 minut, 21 sekund, 28 tercji i 29 kwart. A dalej, ponieważ 4267 miesięcy i 4573 okrążenia anomalii wyrażone są w liczbach współmiernych, jako że zawierają wspólny czynnik 17, będą się miały do siebie w najmniejszych liczbach jak 251 do 269, w którym to stosunku według 15 twierdzenia piątej księgi Euklidesa będziemy mieli bieg Księżyca do ruchu anomalii, tak że gdy pomnożymy ruch Księżyca przez 269 i iloczyn podzielimy przez 251, wypadnie ruch anomalii: roczny mianowicie prócz pełnych 13 obrotów na 88 stopni, 43 minuty, 8 sekund, 40 tercji i 20 kwart, a dzienny odpowiednio na 13 stopni, 3 minuty, 53 sekundy, 56 tercji i 29 kwart.

Obrót zaś szerokości inny wykazuje stosunek. Nie zbiega się bowiem z przepisowym czasem, w którym anomalia dokonuje powrotu, lecz wtedy jedynie poznajemy, że Księżyc powrócił do tej samej szerokości, kiedy następne zaćmienie Księżyca było pod każdym względem podobne i równe poprzedniemu, to jest kiedy w obu wypadkach zaciemnienia były od tej samej strony równe, to znaczy pod względem wielkości i czasu trwania. Zachodzi to wówczas, kiedy równe będą odległości Księżyca od najwyższej lub najniższej absydy. Wtedy bowiem się poznaje, że Księżyc w jednakowym czasie przebył jednakowe cienie. Taki zaś powrót odbywa się według Hipparcha w 5458 miesiącach, którym odpowiadają 5923 obroty szerokości. Z tego też stosunku były wiadome, jak wszystkie inne, poszczególne ruchy szerokości dla lat i dni. Gdy bowiem ruch Księżyca od Słońca pomnożymy przez 5923 miesiące i iloczyn podzielimy przez 5458, otrzymamy ruch szerokości Księżyca: roczny mianowicie prócz pełnych 13 obrotów na 148 stopni, 42 minuty, 46 sekund, 19 tercji i 3 kwarty, a dzienny na 13 stopni, 13 minut, 45 sekund, 39 tercji i 40 kwart.

W ten sposób oszacował Hipparch równe ruchy Księżyca, których nikt przed nim bliżej nie doszedł. Następne jednak wieki wykazały, że nie we wszystkich jeszcze liczbach były one bezwzględnie dokładne. Albowiem Ptolemeusz stwierdził, że średni ruch od Słońca jest wprawdzie ten sam, co u Hipparcha, roczny jednak ruch anomalii jest mniejszy niż u niego o 1 sekundę, 11 tercji i 39 kwart, a roczny ruch szerokości większy o 53 tercje i 41 kwart. Ja zaś po upływie tak długiego już czasu stwierdziłem, że także średni ruch roczny u Hipparcha jest mniejszy o jedną sekundę, dwie tercje i 49 kwart, anomalii natomiast brakuje tylko 24 tercji i 49 kwart. Również ruch szerokości większy jest o 1 sekundę, 1 tercję i 42 kwarty. Ruch zatem równy Księżyca, którym się różni od ruchu Ziemi, będzie wynosić rocznie 129 stopni, 37 minut, 22 sekundy, 31 tercji i 18 kwart, anomalii 88 stopni, 43 minuty, 9 sekund, 5 tercji i 9 kwart, a szerokości 148 stopni, 42 minuty, 45 sekund, 17 tercji i 21 kwart.

RUCH KSIĘŻYCA DLA LAT I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Dla pocz. lat Chrystusa: 3, 29, 58

Lata	Ruch: Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje	Lata	Ruch: Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	2	9	37	22	36	31	0	58	18	40	48
2	4	19	14	45	12	32	3	7	56	3	25
3	0	28	52	7	49	33	5	17	33	26	1
4	2	38	29	30	25	34	1	27	10	48	38
5	4	48	6	53	2	35	3	36	48	11	14
6	0	57	44	15	38	36	5	46	25	33	51
7	3	7	21	38	14	37	1	56	2	56	27
8	5	16	59	0	51	38	4	5	40	19	3
9	1	26	36	23	27	39	0	15	17	41	40
10	3	36	13	46	4	40	2	24	55	4	16
11	5	45	51	8	40	41	4	34	32	26	53
12	1	55	28	31	17	42	0	44	9	49	29
13	4	5	5	53	53	43	2	53	47	12	5
14	0	14	43	16	29	44	5	3	24	34	42
15	2	24	20	39	6	45	1	13	1	57	18
16	4	33	58	1	42	46	3	22	39	19	55
17	0	43	35	24	19	47	5	32	16	42	31
18	2	53	12	46	55	48	1	41	54	5	8
19	5	2	50	9	31	49	3	51	31	27	44
20	1	12	27	32	8	50	0	1	8	50	20
21	3	22	4	54	44	51	2	10	46	12	57
22	5	31	42	17	21	52	4	20	23	35	33
23	1	41	19	39	57	53	0	30	0	58	10
24	3	50	57	2	34	54	2	39	38	20	46
25	0	0	34	25	10	55	4	49	15	43	22
26	2	10	11	47	46	56	0	58	53	5	59
27	4	19	49	10	23	57	3	8	30	28	35
28	0	29	26	32	59	58	5	18	7	51	12
29	2	39	3	55	36	59	1	27	45	13	48
30	4	48	41	18	12	60	3	37	22	36	25

RUCH KSIĘŻYCA DLA DNI, SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI I CZĘŚCI DNIA

Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	12	11	26	41	31	6	17	54	47	26
2	0	24	22	53	23	32	6	30	6	14	8
3	0	36	34	20	4	33	6	42	17	40	49
4	0	48	45	46	46	34	6	54	29	7	31
5	1	0	57	13	27	35	7	6	40	34	12
6	1	13	8	40	9	36	7	18	52	0	54
7	1	25	20	6	50	37	7	31	3	27	35
8	1	37	31	33	32	38	7	43	14	54	17
9	1	49	43	0	13	39	7	55	26	20	58
10	2	1	54	26	55	40	8	7	37	47	40
11	2	14	5	53	36	41	8	19	49	14	21
12	2	26	17	20	18	42	8	32	0	41	3
13	2	38	28	47	0	43	8	44	12	7	44
14	2	50	40	13	41	44	8	56	23	34	26
15	3	2	51	40	22	45	9	8	35	1	7
16	3	15	3	7	4	46	9	20	46	27	49
17	3	27	14	33	45	47	9	32	57	54	30
18	3	39	26	0	27	48	9	45	9	21	12
19	3	51	37	27	8	49	9	57	20	47	53
20	4	3	48	53	50	50	10	9	32	14	35
21	4	16	0	20	31	51	10	21	43	41	16
22	4	28	11	47	13	52	10	33	55	7	58
23	4	40	23	13	54	53	10	46	6	34	40
24	4	52	34	40	36	54	10	58	18	1	21
25	5	4	46	7	17	55	11	10	29	28	2
26	5	16	57	33	59	56	11	22	40	54	43
27	5	29	9	0	40	57	11	34	52	21	25
28	5	41	20	27	22	58	11	47	3	48	7
29	5	53	31	54	3	59	11	59	15	14	48
30	6	5	43	20	45	60	12	11	26	41	31

RUCH ANOMALII KSIĘŻYCOWEJ DLA LAT I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Dla pocz. lat Chrystusa: 3, 27, 7

Lata	Ruch					Lata	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	1	28	43	9	7	31	3	50	17	42	44
2	2	57	26	18	14	32	5	19	0	51	52
3	4	26	9	27	21	33	0	47	44	0	59
4	5	54	52	36	29	34	2	16	27	10	6
5	1	23	35	45	36	35	3	45	10	19	13
6	2	52	18	54	43	36	5	13	53	28	21
7	4	21	2	3	50	37	0	42	36	37	28
8	5	49	45	12	58	38	2	11	19	46	35
9	1	18	28	22	5	39	3	40	2	55	42
10	2	47	11	31	12	40	5	8	46	4	50
11	4	15	54	40	19	41	0	37	29	13	57
12	5	44	37	49	27	42	2	6	12	23	4
13	1	13	20	58	34	43	3	34	55	32	11
14	2	42	4	7	41	44	5	3	38	41	19
15	4	10	47	16	48	45	0	32	21	50	26
16	5	39	30	25	56	46	2	1	4	59	33
17	1	8	13	35	3	47	3	29	48	8	40
18	2	36	56	44	10	48	4	58	31	17	48
19	4	5	39	53	17	49	0	27	14	26	55
20	5	34	23	2	25	50	1	55	57	36	2
21	1	3	6	11	32	51	3	24	40	45	9
22	2	31	49	20	39	52	4	53	23	54	17
23	4	0	32	29	46	53	0	22	7	3	24
24	5	29	15	38	54	54	1	50	50	12	31
25	0	57	58	48	1	55	3	19	33	21	38
26	2	26	41	57	8	56	4	48	16	30	46
27	3	55	25	6	15	57	0	16	59	39	53
28	5	24	8	15	23	58	1	45	42	49	0
29	0	52	51	24	30	59	3	14	25	58	7
30	2	21	34	33	37	60	4	43	9	7	15

RUCH ANOMALII KSIĘŻYCOWEJ DLA DNI, SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI I CZĘŚCI DNIA

Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześć-dzie-siątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześć-dzie-siątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	13	3	53	56	31	6	45	0	52	11
2	0	26	7	47	53	32	6	58	4	46	8
3	0	39	11	41	49	33	7	11	8	20	4
4	0	52	15	35	46	34	7	24	12	34	1
5	1	5	19	29	42	35	7	37	16	27	57
6	1	18	23	23	39	36	7	50	20	21	54
7	1	31	27	17	35	37	8	3	24	15	50
8	1	44	31	11	32	38	8	16	28	9	47
9	1	57	35	5	28	39	8	29	32	3	43
10	2	10	38	59	25	40	8	42	35	57	40
11	2	23	42	53	21	41	8	55	39	51	36
12	2	36	46	47	18	42	9	8	43	45	33
13	2	49	50	41	14	43	9	21	47	39	29
14	3	2	54	35	11	44	9	34	51	33	26
15	3	15	58	29	7	45	9	47	55	27	22
16	3	29	2	23	4	46	10	0	59	21	19
17	3	42	6	17	0	47	10	14	3	15	15
18	3	55	10	10	57	48	10	27	7	9	12
19	4	8	14	4	53	49	10	40	11	3	8
20	4	21	17	58	50	50	10	53	14	57	5
21	4	34	21	52	46	51	11	6	18	51	1
22	4	47	25	46	43	52	11	19	22	44	58
23	5	0	29	40	39	53	11	32	26	38	54
24	5	13	33	34	36	54	11	45	30	32	51
25	5	26	37	28	32	55	11	58	34	26	47
26	5	39	41	22	29	56	12	11	38	20	44
27	5	52	45	16	25	57	12	24	42	14	40
28	6	5	49	10	22	58	12	37	46	8	37
29	6	18	53	4	18	59	12	50	50	2	33
30	6	31	56	58	15	60	13	3	53	56	30

RUCH SZEROKOŚCI KSIĘŻYCA DLA LAT I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Dla pocz. lat Chrystusa: 120, 9, 45

Lata	Ruch					Lata	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	2	28	42	45	17	31	4	50	5	23	57
2	4	57	25	30	34	32	1	18	48	9	14
3	1	26	8	15	52	33	3	47	30	54	32
4	3	54	51	1	9	34	0	16	13	39	48
5	0	23	33	46	26	35	2	44	56	25	6
6	2	52	16	31	44	36	5	13	39	10	24
7	5	20	59	17	1	37	1	42	21	55	41
8	1	49	42	2	18	38	4	11	4	40	58
9	4	18	24	47	36	39	0	39	47	26	16
10	0	47	7	32	53	40	3	8	30	11	33
11	3	15	50	18	10	41	5	37	12	56	50
12	5	44	33	3	28	42	2	5	55	42	8
13	2	13	15	48	45	43	4	34	38	27	25
14	4	41	58	34	2	44	1	3	21	12	42
15	1	10	41	19	20	45	3	32	3	58	0
16	3	39	24	4	37	46	0	0	46	43	17
17	0	8	6	49	54	47	2	29	29	28	34
18	2	36	49	35	12	48	4	58	12	13	52
19	5	5	32	20	29	49	1	26	54	59	8
20	1	34	15	5	46	50	3	55	37	44	26
21	4	2	57	51	4	51	0	24	20	29	44
22	0	31	40	36	21	52	2	53	3	15	1
23	3	0	23	21	38	53	5	21	46	0	18
24	5	29	6	6	56	54	1	50	28	45	36
25	1	57	48	52	13	55	4	19	11	30	53
26	4	26	31	37	30	56	0	47	54	16	10
27	0	55	14	22	48	57	3	16	37	1	28
28	3	23	57	8	5	58	5	45	19	46	45
29	5	52	39	53	22	59	2	14	2	32	2
30	2	21	22	38	40	60	4	42	45	17	21

RUCH SZEROKOŚCI KSIĘŻYCA DLA DNI, SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI I CZĘŚCI DNIA

Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	13	13	45	39	31	6	50	6	35	20
2	0	26	27	31	18	32	7	3	20	20	59
3	0	39	41	16	58	33	7	16	34	6	39
4	0	52	55	2	37	34	7	29	47	52	18
5	1	6	8	48	16	35	7	43	1	37	58
6	1	19	22	33	56	36	7	56	15	23	37
7	1	32	36	19	35	37	8	9	29	9	16
8	1	45	50	5	14	38	8	22	42	54	56
9	1	59	3	50	54	39	8	35	56	40	35
10	2	12	17	36	33	40	8	49	10	26	14
11	2	25	31	22	13	41	9	2	24	11	54
12	2	38	45	7	52	42	9	15	37	57	33
13	2	51	58	53	31	43	9	28	51	43	13
14	3	5	12	39	11	44	9	42	5	28	52
15	3	18	26	24	50	45	9	55	19	14	31
16	3	31	40	10	29	46	10	8	33	0	11
17	3	44	53	56	9	47	10	21	46	45	50
18	3	58	7	41	48	48	10	35	0	31	29
19	4	11	21	27	28	49	10	48	14	17	9
20	4	24	35	13	7	50	11	1	28	2	48
21	4	37	48	58	46	51	11	14	41	48	28
22	4	51	2	44	26	52	11	27	55	34	7
23	5	4	16	30	5	53	11	41	9	19	46
24	5	17	30	15	44	54	11	54	23	5	26
25	5	30	44	1	24	55	12	7	36	51	5
26	5	43	57	47	3	56	12	20	50	36	44
27	5	57	11	32	43	57	12	34	4	22	24
28	6	10	25	18	22	58	12	47	18	8	3
29	6	23	39	4	1	59	13	0	31	53	43
30	6	36	52	49	41	60	13	13	45	39	22

rozdział V

WYJAŚNIENIE PIERWSZEJ NIERÓWNOŚCI KSIĘŻYCA, ZACHODZĄCEJ W CZASIE NOWIU I PEŁNI

Przedstawiłem równomierne ruchy Księżyca tak, jak mogły one dotychczas dać się nam poznać. Teraz należy zabrać się do zasady nierównomierności, którą wyjaśnię za pomocą systemu epicykla, i to najpierw tę, która zachodzi przy koniunkcjach i opozycjach ze Słońcem i co do której starożytni matematycy z godną podziwu pomysłowością posłużyli się triadami zaćmień księżycowych. Pójdę też tą tak przez nich utorowaną nam drogą i wezmę trzy starannie przez Ptolemeusza zaobserwowane zaćmienia, z którymi porównam trzy także inne z niemniejszą dokładnością zanotowane, aby zbadać, czy przedstawione już równe ruchy tak się rzeczywiście mają. Za przykładem zaś starożytnych posługiwać się będę przy ich wyjaśnianiu średnimi ruchami Słońca i Księżyca od punktu równonocy wiosennej jako równomiernymi, ponieważ zmienności, która zachodzi w nich wskutek nierównomiernej precesji równonocy, w tak krótkim czasie, choćby nawet dziesięciu lat, nie dostrzega się.

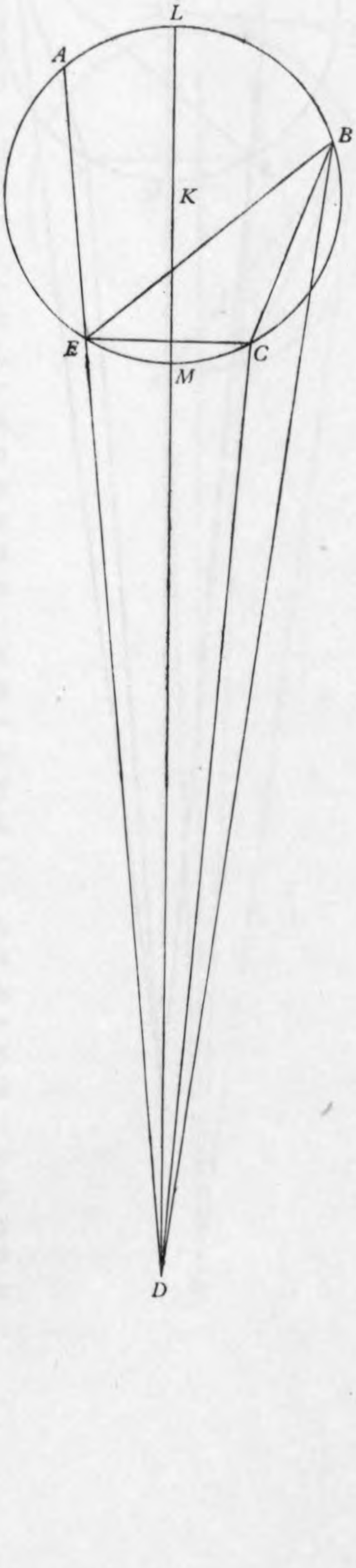
Otóż za pierwsze zaćmienie przyjmuje Ptolemeusz to, które nastąpiło w 17 roku pryncypatu Hadriana po upływie dwudziestego dnia egipskiego miesiąca Pauni, a w sto trzydziestym trzecim roku Chrystusa, szóstego dnia miesiąca maja, czyli w przededniu Non. Było to zaćmienie całkowite, którego środkowy czas przypadał w Aleksandrii na trzy czwarte równej godziny przed północą, we Fromborku zaś lub Krakowie byłoby to na jedną godzinę i trzy kwadranse przed północą, po której następował siódmy dzień, podczas gdy Słońce stało na 13 stopniach i jednej czwartej stopnia znaku Byka, według zaś średniego ruchu na 12 stopniach i 21 minucie Byka.

Drugie zaćmienie, jak twierdzi, miało miejsce w 19 roku Hadriana, po upływie dwóch dni czwartego miesiąca Egipcjan Chiach. Było to zaś w 134 roku Chrystusa 20 października, przy czym Księżyc zaciemnił się od północy na długości pięciu szóstych swojej średnicy, a środek tego przypadł w Aleksandrii na jedną godzinę równikową, w Krakowie natomiast na dwie godziny przed północą, podczas gdy Słońce stało na 25 i jednej szóstej stopnia znaku Wagi, według zaś średniego ruchu na 26 stopniach i 43 minutach tegoż znaku.

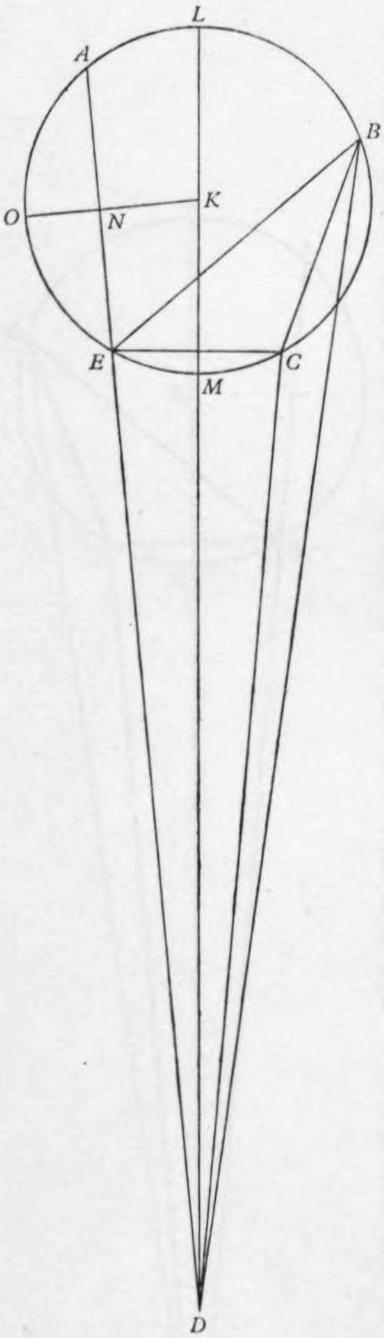
Trzecie również zaćmienie wypadło w dwudziestym roku Hadriana po upływie 19 dni ósmego miesiąca Egipcjan Pharmuti, a w 135 roku Chrystusa, gdy minął 6 dzień marca, przy czym Księżyc znowu zaciemnił się od północy do połowy średnicy. Środek zaś tego przypadł w Aleksandrii w cztery godziny równikowe, w Krakowie natomiast w trzy godziny po północy, po której następował ranek siódmego marca. Słońce też znajdowało się wtedy na 14 i jednej dwunastej stopnia Ryb, według zaś średniego ruchu na 11 stopniach i 44 minutach Ryb.

Pokazuje się tedy, że Księżyc w pośrednim okresie czasu, który upłynął między pierwszym i drugim zaćmieniem, przebył tyle drogi, ile Słońce w ruchu widomym, to znaczy, po odrzuceniu pełnych kół, 161 stopni i 55 minut, a od drugiego do trzeciego 138 stopni i 55 minut. W pierwszej znowu przerwie upłynął jeden rok, 166 dni oraz 23 i trzy czwarte równej godziny podług czasu naturalnego, a dokładnie 23 i pięć ósmych godziny, w drugim natomiast odstępie jeden rok, 137 dni i 5 godzin czasu naturalnego, ściśle zaś 5 i pół godziny. Równomierny zatem ruch Słońca i Księżyca wynosił łącznie w pierwszej przerwie, po odrzuceniu pełnych kół, 169 stopni i 37 minut, a anomalii 110 stopni i 21 minut, w drugiej zaś przerwie podobnie równomierny ruch Słońca i Księżyca 137 stopni i 33 minuty, a anomalii 81 stopni i 36 minut. Pokazuje się więc, że w pierwszym odstępie czasu 110 stopni i 21 minut epicykla odciąga od średniego ruchu Księżyca 7 stopni i 42 minuty, w drugim zaś 81 stopni i 36 minut epicykla dodaje doń jeden stopień i 21 minut.

Tak to sobie przedstawiwszy, nakreślmy epicykl księżycowy *ABC*, na którym pierwsze zaćmienie wypadnie w *A*, drugie w *B*, a pozostałe w *C*, i w tejże też kolejności wyobraźmy sobie wyższy bieg Księżyca w kierunku precedencji. I niech łuk *AB* wynoszący 110 stopni i 21 minut odejmuje, jak powiedziałem, 7 stopni i 42 minuty, a łuk *BC* mający 81 stopni i 36 minut dodaje jeden stopień i 21 minut, reszta zaś koła *CA* o 168 stopniach i 3 minutach dodawać będzie pozostałe 6 stopni i 21 minut. Ponieważ zaś najwyższa absyda epicykla nie leży na łukach *BC* i *CA*, bo są one dodatnie i mniejsze od półkola, musi się ona znajdować na *AB*.

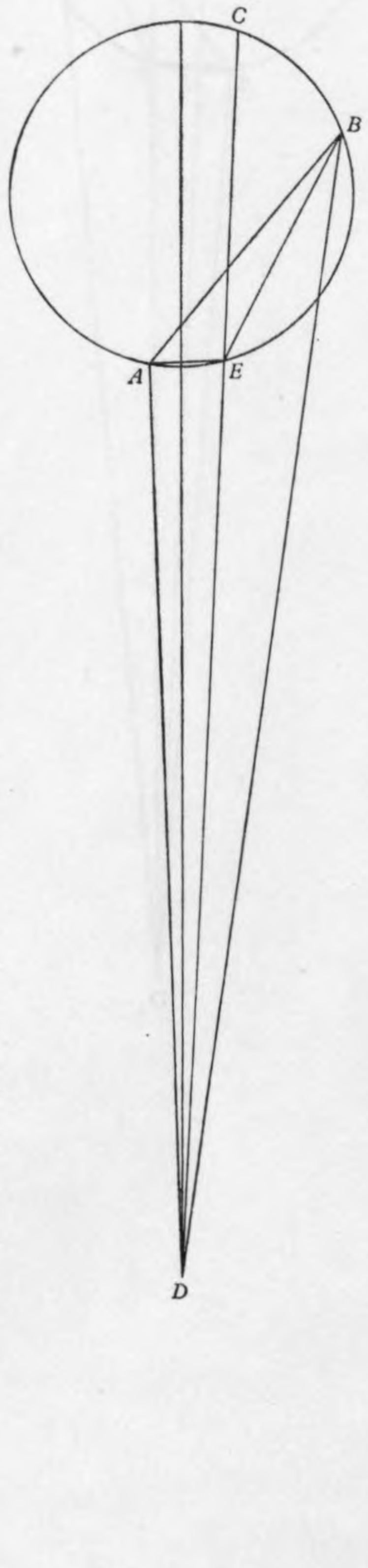


Przyjmijmy zatem *D* za środek Ziemi, dookoła którego epicykl porusza się równomiernie i od którego poprowadźmy do punktów zaćmień linie *DA*, *DB* i *DC*, oraz nakreślmy połączenia *BC*, *BE* i *CE*. Ponieważ tedy łuk *AB* obejmuje 7 stopni i 42 minuty zodiaku, kąt *ABD* będzie miał 7 stopni i 42 minuty, jakich dwa kąty proste zawierają 180. Ale takich stopni, jakich dwa kąty proste będą mieć 360, będzie miał ten kąt 15 i 24 minuty, a kąt wpisany *AEB* jako zewnętrzny trójkąta *BDE* wynosi podobnych stopni 110 i 21 minut. Dany więc jest kąt *EBD* równy 94 stopniom i 57 minutom. Ale boki trójkąta o danych kątach są też dane, mianowicie *DE* ma 147396, a *BE* 26798 części, jakich średnica koła opisującego trójkąt będzie zawierać dwieście tysięcy. I znowuż, ponieważ łuk *AEC* obejmuje na zodiaku 6 stopni i 21 minut, będzie miał kąt *EDC* 6 stopni i 21 minut, jakich dwa kąty proste liczą 180. Takich natomiast stopni, jakich dwa kąty proste zawierają 360, będzie miał on 12 i 42 minuty, i takich też 191 stopni i 57 minut ma kąt *AEC*, który też jako zewnętrzny trójkąta *CDE* daje po odjęciu kąta *D* trzeci kąt *ECD* o takichże 179 stopniach i 15 minutach. Dane są więc boki *DE* o 199996 i *CE* o 22120 częściach, jakich średnica koła opisującego zawiera 200000. Takich jednak części, jakich bok *DE* miał 147396, *CE* liczy 16302, i takich też *BE* mieści 26798. Skoro więc znowu w trójkącie *BEC* dane są dwa boki *BE* i *CE* oraz kąt *E* równy, jak łuk *BC*, 81 stopniom i 36 minutom, otrzymamy na mocy twierdzeń o trójkątach płaskich także trzeci bok *BC* równy 17960 takimże jak tamte częściom. Lecz gdy średnica epicykla będzie miała dwieście tysięcy części, to linia *BC* jako cięciwa łuku 81 stopni i 36 minut będzie zawierać 130684 części, a pozostałe linie odpowiednio do danego stosunku będą miały takich części *ED* 1072684 i *CE* 118637, jej zaś łuk *CE* 72 stopnie, 46 minut i 10 sekund. Ale łuk *CEA* według wstępnego założenia mierzył 168 stopni i 3 minuty, pozostały zatem łuk *EA* wynosi 95 stopni, 16 minut i 50 sekund, a jego cięciwa 147786 części. Stąd cała linia *AED* ma 1220470 takich samych części. Ponieważ zaś odcinek *EA* jest mniejszy od półkola, środek epicykla nie będzie leżał na nim, lecz na pozostałym *ABCE*. Niech więc nim będzie *K*, a przez obie absydy poprowadźmy *DMKL*, i niech *L* będzie najwyższą, a *M* najniższą absydą. Nadto z trzydziestego twierdzenia trzeciej księgi Euklidesa jasno wynika, że prostokąt zawarty w liniach *AD* i *DE* równy jest temu, który się zamyka w liniach *LD* i *DM*. A ponieważ średnica koła *LM*, którą przedłuża w prostej linii *DM*, przepołowiona jest w *K*, prostokąt z *LD* i *DM* wraz z kwadratem z *KM* będzie równy kwadratowi z *DK*. Dana więc jest długość *DK* równa 1148556 częściom, jakich *LK* zawiera sto tysięcy, i dlatego takich części, jakich w *DK* będzie sto tysięcy, promień epicykla *LK* będzie miał 8706.



Tak to ustaliwszy, poprowadźmy do linii *AD* prostopadłą *KNO*. Ponieważ tedy wzajemny stosunek *KD*, *DE* i *EA* dany jest w częściach, jakich *LK* ma sto tysięcy, a *NE*, połowa linii *AE*, liczy takich samych części 73893, cała więc linia *DEN* zawiera 1146577 części. A tymczasem w trójkącie *DKN* dane są dwa boki *DK* i *ND*, a kąt *N* jest prosty. Kąt *NKD* będzie miał wobec tego przy środku 86 stopni i 38 i pół minuty i tyleż na łuku *MEO*, a reszta półkola *LAO* 93 stopnie i 21 i pół minuty, z czego po odjęciu *OA*, połowy łuku *AOE* liczącej 47 stopni i 38 i pół minuty, pozostaje ostatecznie łuk *LA* 45 stopni i 43 minut, który jest odległością Księżyca od najwyższej absydy epicykla podczas pierwszego zaćmienia, czyli anomalią. Ale cały łuk *AB* miał 110 stopni i 21 minut, reszta więc *LB*, anomalia w czasie drugiego zaćmienia, wynosi 64 stopnie i 38 minut, a cały łuk *LBC*, przy którym nastąpiło trzecie zaćmienie, 146 stopni i 14 minut. Teraz będzie także rzeczą oczywistą, że skoro kąt *DKN* liczy 86 stopni i 38 i pół minuty, jakich 360 mają cztery kąty proste, resztą do kąta prostego pozostaje kąt *KDN* 3 stopni i 21 i pół minuty, co jest prostaferezą, którą dodaje anomalia podczas pierwszego zaćmienia. Cały zaś kąt *ADB* zawierał 7 stopni i 42 minuty, pozostały więc z niego kąt *LDB* ma 4 stopnie i 20 i pół minuty, które się odejmują od równego ruchu Księżyca podczas drugiego zaćmienia na łuku *LB*. A ponieważ kąt *BDC* wynosił 1 stopień i 21 minut, stąd i uzupełniający go kąt *CDM* ma pozostałe 2 stopnie i 59 i pół minuty, jako właśnie prostafereza odjemna łuku *LBC* podczas trzeciego zaćmienia. Średnie więc miejsce Księżyca, to jest środka *K*, znajdowało się podczas pierwszego zaćmienia na 9 stopniach i 53 minutach Skorpiona, a to dlatego, że widome jego miejsce przypadało na 13 stopni i 15 minut Skorpiona, to znaczy na tyle, ile Słońce zajmowało w Byku w diametralnie przeciwległej stronie. I tym samym sposobem średni ruch Księżyca podczas drugiego zaćmienia zajmował 29 i pół stopnia Barana, a w czasie trzeciego 17 stopni i 4 minuty Panny. Średnie także odległości Księżyca od Słońca wynosiły przy pierwszym zaćmieniu 177 stopni i 33 minuty, przy drugim 182 stopnie i 47 minut, a przy ostatnim 185 stopni i 20 minut. Tak Ptolemeusz.

Idąc za tym przykładem, przystąpmy teraz do innej trójki księżycowych zaćmień, które także bardzo uważnie zostały przeze mnie zaobserwowane. Pierwsze wypadło w 1511 roku Chrystusa po upływie sześciu dni miesiąca października, a zaczął się Księżyc zaciemniać — licząc podług godzin równych — na jedną godzinę i jedną ósmą godziny przed północą, odsłonił się zaś zupełnie w dwie i jedną trzecią godziny po północy, tak że środek zaćmienia wypadł w pół godziny z dwunastą częścią godziny po północy, której ranek był siódmym dniem października: a zaciemnił się Księżyc cały, podczas gdy Słońce znajdowało się na 22 stopniach i 25 minutach Wagi, według zaś ruchu równego na 24 stopniach i 13 minutach Wagi. Drugie zaćmienie zanotowałem w 1522 roku Chrystusa po upływie pięciu dni w miesiącu wrześniu, i to również zaćmienie całkowite, którego początek przypadł na dwie piąte godziny równej przed północą, a środek jego w jedną i jedną trzecią godziny po północy, po której następował szósty dzień września, czyli ósmy przed Idami. Słońce zaś znajdowało się na 22 i jednej piątej stopnia Panny, a według równomiernego ruchu na 23 stopniach i 59 minutach Panny. W 1523 roku Chrystusa po upływie 25 dni miesiąca sierpnia obserwowałem również trzecie zaćmienie, które rozpoczęło się w trzy godziny bez jednej piątej części godziny po północy, a środkowy okres tego także całkowitego zaćmienia przypadł na cztery i pół godziny bez jednej dwunastej godziny po północy, gdy nadchodził już dwudziesty szósty dzień sierpnia i gdy Słońce znajdowało się na 11 stopniach i 21 minucie Panny, a podług ruchu średniego na 13 stopniach i 2 minutach Panny. I tu także jest rzeczą widoczną, że odległość prawdziwych miejsc Słońca i Księżyca wynosiła między pierwszym i drugim zaćmieniem 329 stopni i 47 minut, a między drugim i trzecim 349 stopni i 9 minut. Czas natomiast między pierwszym i drugim zaćmieniem obejmuje 10 lat równych, 337 dni i trzy czwarte jednej godziny według czasu naturalnego, podług zaś dokładnie równego była jedna godzina bez jednej piątej części. Od drugiego do trzeciego zaćmienia upłynęły 354 dni, 3 godziny i 5 minut, a podług równego czasu 3 godziny i 9 minut. W czasie pierwszej przerwy średni ruch Słońca i Księżyca, po odrzuceniu pełnych kół, wynosi łącznie 334 stopnie i 47 minut, a anomalii, odejmującej od ruchu równego prawie 5 stopni, 250 stopni i 36 minut, podczas zaś drugiej przerwy średni ruch Słońca i Księżyca 346 stopni i 10 minut, a anomalii, dodającej do średniego ruchu 2 stopnie i 59 minut, 306 stopni i 43 minuty.



Niech teraz *ABC* będzie epicyklem, *A* miejscem Księżyca w środku pierwszego zaćmienia, *B* podczas drugiego, a *C* podczas trzeciego, i wyobraźmy sobie ruch epicykla od *C* do *B* i od *B* do *A*, to jest u góry w kierunku precedencji, u dołu zaś w kierunku sekwencji, a łuk *ACB*, który by ujmował, jak powiedziałem, średniemu ruchowi Księżyca w pierwszym odstępie czasu 5 stopni, niech ma 250 stopni i 36 minut. Natomiast łuk *BAC*, dorzucający do średniego ruchu Księżyca 2 stopnie i 59 minut, niech liczy 306 stopni i 43 minuty, a zatem pozostały łuk *AC*, równy 197 stopniom i 19 minutom, będzie zabierał pozostałe 2 stopnie i 1 minutę. Ponieważ zaś ten łuk *AC* większy jest od półkola i jest odjemny, musi się na nim znajdować największa absyda, nie może bowiem ona leżeć ani na łuku *BA*, ani na łuku *CBA*, które są dodatnie i oba mniejsze od półkola, a przy apogeum przyjmuje się ruch zmniejszony. Weźmy zatem po przeciwnej stronie środek Ziemi *D* i nakreślmy linie łączące *AD*, *DB DEC*, *AB*, *AE* i *EB*. Ponieważ tedy kąt zewnętrzny *CEB* trójkąta *DBE* dany jest na 53 stopnie i 17 minut zgodnie z łukiem *CB*, który jest różnicą koła i łuku *BAC*, a kąt *BDE* wprawdzie jako środkowy liczy 2 stopnie i 59 minut, ale jako wpisany 5 stopni i 58 minut, i pozostały więc kąt *EBD* wynosi 47 stopni i 19 minut. Stąd bok *BE* będzie miał 1042 części, a bok *DE* 8024 takichże części, jakich promień koła opisującego trójkąt będzie zawierał 10000.

Takimże sposobem kąt *AEC* oparty na łuku *AC* liczy 197 stopni i 19 minut, a kąt *ADC* jako środkowy ma 2 stopnie i 1 minutę, lecz jako wpisany 4 stopnie i 2 minuty: pozostały zatem w trójkącie kąt *DAE* wynosi 193 stopnie i 17 minut, jakich dwa kąty proste mają 360. Dane są więc także boki w częściach, jakich promień koła opisującego trójkąt *ADE* zawiera 10000: *AE* 702 części i *DE* 19865 części, takich jednak części, jakich *DE* liczy 8024 i jakich też bok *BE* zawierał 1042, *AE* ma 283. Mamy zatem znowu trójkąt *ABE*, w którym dane są dwa boki *AE* i *EB* oraz cały kąt *AEB* zawierający 250 stopni i 36 minut, jakich dwa kąty proste mają 360. Dlatego na mocy twierdzeń o trójkątach płaskich także *AB* będzie mieć 1227 takich samych części, jakich *EB* ma 1042. Tak więc uzyskaliśmy stosunek tych trzech linii *AB*, *EB* i *ED*, z którego będą wiadome one również w częściach, jakich promień epicykla zawiera dziesięć tysięcy, a jakich mianowicie

AB, cięciwa danego łuku, ma 16323, *ED* 106751, a *EB* 13853. Stąd też dany jest łuk *EB* 87 stopni i 41 minut, który wraz z łukiem *BC* daje cały łuk *EBC* na 140 stopni i 58 minut, a jego cięciwa *CE* wynosi 18851 części, cała zaś linia *CED* 125602 części.

Wyznaczmy teraz środek epicykla, który nieuchronnie wypadnie w odcinku *EAC* jako większym od półkola, i niech nim będzie *F*. Przeciągnijmy też *DIFG* w linii prostej przez obie absydy — najniższą *I* i najwyższą *G*. Oczywistą jest znowu rzeczą, że prostokąt, który obejmują linie *CD* i *DE*, równy jest prostokątowi z linii *GD* i *DI*, a ten zaś z *GD* i *DI* razem z kwadratem utworzonym z *FI* równy jest kwadratowi, który powstaje z *DF*. Dana jest zatem długość linii *DIF* równa 116226 częściom, jakich *FG* zawiera 10000. Takich zatem części, jakich *DF* ma sto tysięcy, w *FG* będzie 8604, zgodnie z tym, co znalazłem przekazane przez większość innych, począwszy od Ptolemeusza, moich poprzedników. Wystawmy teraz ze środka *F* pod kątem prostym do linii *EC* linię *FL* i przedłużmy ją w linię prostą *FLM*, która przetnie *CE* na dwie połowy w punkcie *L*. Ponieważ tedy linia prosta *ED* ma 106751 części, a połowa linii *CE*, to jest *LE*, 9426 części, cała linia *DEL* będzie miała 116177 części, jakich *FG* zawiera 10000 i jakich również w *DF* jest 116226. W trójkącie zatem *DFL* dane są dwa boki *DF* i *DL*, dany jest także kąt *DFL* 88 stopni i 21 minut i pozostały kąt *FDL* mający 1 stopień i 39 minut oraz łuk *IEM* zawierający podobnie 88 stopni i 21 minut i łuk *MC* liczący jako połowa łuku *EBC* 70 stopni i 29 minut: cały więc łuk *IMC* będzie miał 158 stopni i 50 minut, a pozostały łuk półkola *GC* 21 stopni i 10 minut.

I to była odległość Księżyca od apogeum epicykla, czyli miejsce anomalii podczas trzeciego zaćmienia, podczas drugiego natomiast łuk *GCB* wynosił 74 stopnie i 27 minut, a podczas pierwszego cały łuk *GBA* obejmuje łącznie 183 stopnie i 51 minut. W czasie znowu trzeciego zaćmienia kąt środkowy *IDE*, który jest prostaferezą odjemną, wynosi 1 stopień i 39 minut, a cały kąt *IDB*, będący w czasie drugiego zaćmienia również prostaferezą odjemną, 4 stopnie i 38 minut, składa się bowiem z kąta *GDC* mającego 1 stopień i 39 minut oraz kąta *CDB* równego 2 stopniom i 59 minutom: a zatem kąt pozostały z całego, liczącego 5 stopni, kąta *ADB*, a jest to kąt *ADI*, który właśnie pozostanie, wynosi 22 minuty, które się dodaje do równomierności w czasie pierwszego zaćmienia. Dlatego średnie miejsce Księżyca podczas pierwszego zaćmienia znajdowało się na 22 stopniach i 3 minutach Barana, widome zaś na 22 stopniach i 25 minutach, czyli na tylu stopniach, ile zajmowało Słońce po przeciwnej stronie w Wadze. Tak też w czasie drugiego zaćmienia średnie miejsce Księżyca było na 26 stopniach i 50 minutach Ryb, podczas zaś trzeciego na 13 stopniach Ryb, a przy tym średni ruch Księżyca, o który oddala się on od rocznego ruchu Ziemi, wynosi podczas pierwszego zaćmienia 177 stopni i 50 minut, w czasie drugiego 182 stopnie i 51 minut, a w czasie trzeciego 179 stopni i 58 minut.

POTWIERDZENIE POPRZEDNICH WYWODÓW O RÓWNYCH RUCHACH DŁUGOŚCI I ANOMALII KSIĘŻYCA *rozdział VI*

Na podstawie tego, co się powiedziało o zaćmieniach Księżyca, będzie można także sprawdzić, czy równe ruchy Księżyca, które właśnie przedstawiłem, odpowiadają rzeczywistości. Wykazałem bowiem, że podczas drugiego z pierwszych zaćmień odległość Księżyca od Słońca wynosiła 182 stopnie i 47 minut, a anomalii 64 stopnie i 38 minut. Podczas drugiego zaś z następnych zaćmień, za naszych już czasów, ruch Księżyca od Słońca wynosił 182 stopnie i 51 minut, a anomalii 74 stopnie i 27 minut. Jest rzeczą widoczną, że w pośrednim czasie upłynęło pełnych 17166 miesięcy, a nadto około 4 minut jednego stopnia. Także ruch anomalii, po odrzuceniu pełnych kół, przebył dziewięć stopni i czterdzieści dziewięć minut.

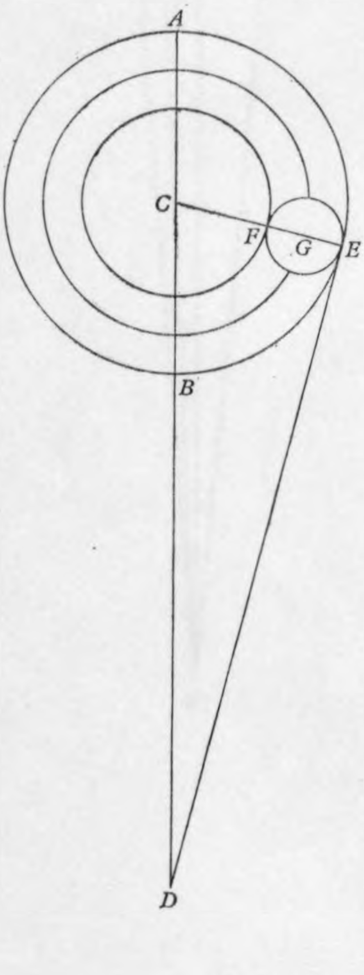
Czas zaś, który upłynął od dziewiętnastego roku Hadriana, drugiego dnia egipskiego miesiąca Chiach i dwóch godzin przed północą, po której nastąpił trzeci dzień miesiąca, aż do tysiąc pięćset dwudziestego drugiego roku Chrystusa, do piątego dnia września włącznie z jedną i jedną trzecią godziny po północy, wynosi 1388 lat egipskich, 302 dni oraz trzy i jedną trzecią godziny według czasu naturalnego, po wyrównaniu którego wypadają trzy godziny i 34 minuty. W tym to czasie po dokonaniu się pełnych obrotów siedemnastu tysięcy stu i 65 równych miesięcy wypadłoby podług Hipparcha i Ptolemeusza 359 stopni i 38 minut, dla anomalii zaś według Hipparcha 9 stopni i 39 minut, lecz podług Ptolemeusza 9 stopni i 11 minut. Brakuje więc u nich obu dla ruchu Księżyca 26 minut, a dla anomalii u Ptolemeusza 38 minut, u Hipparcha zaś 10, które dochodzą do moich liczb i zgadzają się z poprzednio przeze mnie podanymi.

MIEJSCA PIERWIASTKOWE DŁUGOŚCI I ANOMALII KSIĘŻYCOWEJ *rozdział VII*

Teraz także i tu, jak przedtem, należy ustalić ich miejsca dla przyjętych początków lat: Olimpiad, Aleksandra, Cezara, Chrystusa, i jeżeli jakieś jeszcze komuś by odpowiadały. Otóż jeżeli weźmiemy pod uwagę owo drugie z trzech dawnych zaćmień, które nastąpiło w Aleksandrii w dziewiętnastym roku Hadriana, po dwóch dniach egipskiego miesiąca Chiach, na jedną godzinę równikową przed północą, u nas zaś pod południkiem krakowskim na dwie godziny przed północą, to otrzymamy od początku lat Chrystusa aż do tej chwili 133 lata egipskie, 325 dni i 22 godziny, dokładnie zaś 21 godzin i 37 minut. W tym to czasie ruch Księżyca według mego obliczenia wynosi 332 stopnie i 49 minut, a anomalii 217 stopni i 32 minuty. Gdy te dwie liczby odejmie się, każdą w swoim rodzaju, od tamtych, które ustalono podczas zaćmienia, otrzymuje się jako resztę średnie położenie Księżyca od Słońca na 209 stopni i 58 minut, anomalii zaś na 207 stopni i 7 minut dla początku lat Chrystusa o północy przed dniem 1 stycznia. Ten znów początek lat Chrystusa wyprzedzają sto dziewięćdziesiąt trzy Olimpiady, 2 lata i 184 i pół dnia, które odpowiadają 775 latom egipskim i 12 i pół dniom, dokładnie zaś 12 godzinom i 11 minutom. Podobnie od śmierci Aleksandra do narodzenia Chrystusa liczy się 323 lata egipskie i 130 i pół dnia czasu naturalnego, dokładnie zaś 12 godzin i 16 minut. Od Cezara zaś do Chrystusa upływa 45 lat egipskich i 12 dni, w czym zgodny jest rachunek obu czasów: równego i naturalnego. Kiedy zatem ruchy, które odpowiadają tym różnym okresom czasowym, odliczymy od miejsc pierwiastkowych w roku Chrystusa, odejmując odpowiednio od siebie poszczególne liczby, otrzymamy w południe pierwszego dnia miesiąca Hekatombajon pierwszej Olimpiady średnią odległość Księżyca od Słońca na 39 stopni i 43 minuty, a anomalii na 46 stopni i 20 minut; dla lat Aleksandra w południe pierwszego dnia miesiąca Thoth będziemy mieć Księżyc na 310 stopni i 44 minuty od Słońca, anomalię zaś na 85 stopni i 41 minut, a dla Juliusza Cezara o północy przed dniem 1 stycznia Księżyc na 350 stopni i 39 minut od Słońca, anomalię zaś na 17 stopni i 58 minut. Wszystkie te dane odnoszą się do południka krakowskiego, ponieważ Gynopolis, zwane powszechnie Fromborkiem, gdzie przeważnie wykonywałem swoje obserwacje, położone przy ujściu rzeki Wisły, leży właśnie, jak wskazują mi na to zaćmienia Księżyca i Słońca obserwowane jednocześnie w obu tych miejscowościach, pod tym południkiem, pod którym też znajduje się w Macedonii Dyrrhachium, zwane w starożytności Epidamnum.

DRUGA RÓŻNICA KSIĘŻYCA I STOSUNEK PIERWSZEGO EPICYKLA DO DRUGIEGO *rozdział VIII*

Tak więc przedstawiają się równe ruchy Księżyca wraz z pierwszą jego różnicą. Teraz musimy zbadać, w jakim stosunku pozostaje pierwszy epicykl do drugiego, a każdy z nich do odległości od środka Ziemi. Otóż największa, jak powiedziałem, różnica, która dochodzi do siedmiu i dwóch trzecich stopnia, jak to notują także zapiski starożytnych, ma miejsce przy średnich kwadrach, kiedy przepołowiony Księżyc przybywa lub ubywa.

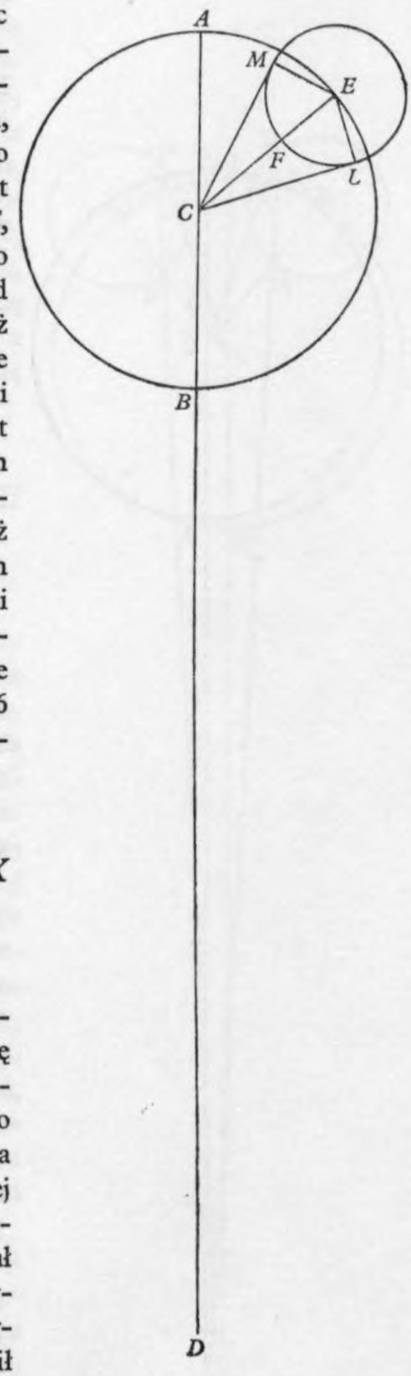


Obserwowali oni mianowicie czas, w którym przepołowiony Księżyc najbardziej się zbliżał do średniej odległości epicykla, a to na styku z linią wychodzącą ze środka Ziemi, i który łatwo można było określić za pomocą przedstawionego wyżej rachunku. A ponieważ Księżyc znajduje się wtedy właśnie około dziewięćdziesiątego stopnia zodiaku, licząc od wschodu lub zachodu, unikali błędu, który mogłaby wprowadzić paralaksa do ruchu długości. Wtedy bowiem koło, które przechodzi przez zenit horyzontu, przecina zodiak pod kątami prostymi i nie dopuszcza żadnej paralaksy długości, lecz w całości przypada ona na szerokość. Ustalili więc za pomocą astrolabium położenie Księżyca względem Słońca. Po przeprowadzeniu porównania okazało się, że Księżyc zamiast pięciu stopni odchyla się od równomierności, jak to podałem, o siedem i dwie trzecie stopnia.

Nakreślmy teraz epicykl *AB*, a środkiem jego niech będzie *C*, i ze środka Ziemi, którym niech będzie *D*, poprowadźmy linię prostą *DBCA*; apogeum epicykla niech będzie *A*, a perigeum *B*. Poprowadźmy jeszcze styczną do epicykla *DE* oraz linię łączącą *CE*. Ponieważ tedy na stycznej zachodzi największa prostafereza, która w założeniu niech wynosi 7 stopni i 40 minut, jak to ma też kąt *BDE*, a kąt *CED*, mianowicie na styku z kołem *AB*, jest prosty, przeto linia *CE* będzie zawierać 1334 części, jakich promień *CD* liczy 10000. Atoli w czasie pełni i nowiu Księżyca była ona daleko mniejsza, jako że miała takich samych części około 860. Przetnijmy *CE* i niech *CF* ma 860 części: *F* będzie krążyć dookoła tego samego środka, jak to robił Księżyc w czasie nowiu i pełni, reszta zatem *FE*, mająca 474 części, będzie średnicą drugiego epicykla, a po przepołowieniu środek jej znajdzie się w *G*, cała zaś linia *CFG*, licząca 1097 części, będzie promieniem koła, które opisał środek drugiego epicykla. Wiadomy jest przeto stosunek linii *CG* do *GE* jak 1097 do 237 takich części, jakich linia *CD* zawierała dziesięć tysięcy.

OSTATNIA RÓŻNICA, Z JAKĄ KSIĘŻYC ZDAJE SIĘ PORUSZAĆ NIERÓWNOMIERNIE OD NAJWYŻSZEJ ABSYDY EPICYKLA *rozdział IX*

Powyższe wprowadzenie pozwala także zrozumieć, w jaki sposób Księżyc porusza się nierównomiernie po tym swoim pierwszym epicyklu, przy czym największa różnica zachodzi wówczas, gdy ma on zakrzywione rogi lub jest garbatą i półpełną tarczą. Niech znowu *AB* będzie owym pierwszym epicyklem, który by opisywał średnim ruchem środek drugiego epicykla, środkiem jego *C*, najwyższą absydą *A*, najniższą zaś *B*. Obierzmy gdziekolwiek na okręgu punkt *E* i połączmy *C* i *E*; niech dalej *CE* tak się ma do *EF* jak 1097 do 237, a ze środka *E*, odległością zaś *EF*, nakreślmy drugi mały epicykl i poprowadźmy styczne do niego z obu stron linie proste *CL* i *CM*. I niech ruch małego epicykla odbywa się od *A* do *E*, to jest u góry w kierunku precedencji, Księżyca zaś od *F* do *L*, również w precedencji. Jest zatem rzeczą oczywistą, że podczas gdy ruch *AE* będzie równy, to jednak drugi epicykl przez swój bieg po *FL* dodaje do tej równomierności łuk *EL*, a po *MF* ją zmniejsza. Ponieważ zaś w trójkącie *CEL* kąt przy *L* jest prosty, a *EL* ma 237 części, jakich linia *CE* miała 1097, takich więc części, jakich w *CE* będzie dziesięć tysięcy, *EL* będzie liczyć 2160, napinając wynoszący podług tabeli 12 stopni i 28 minut kąt *ECL*, który równy jest kątowi *MCE*, ponieważ trójkąty są podobne i równe. I tak wielka jest największa różnica, o jaką ruch Księżyca zmienia się od najwyższej absydy pierwszego epicykla. To zaś zachodzi wtedy, gdy Księżyc średnim ruchem oddali się z przodu lub z tyłu od linii średniego ruchu Ziemi o 38 stopni i 46 minut. Jest zatem rzeczą zgoła oczywistą, że przy średniej odległości między Słońcem i Księżycem wynoszącej 38 stopni i 46 minut, i tyleż liczącej odległości z obu stron od średniej opozycji zachodzą te największe prostaferezy.



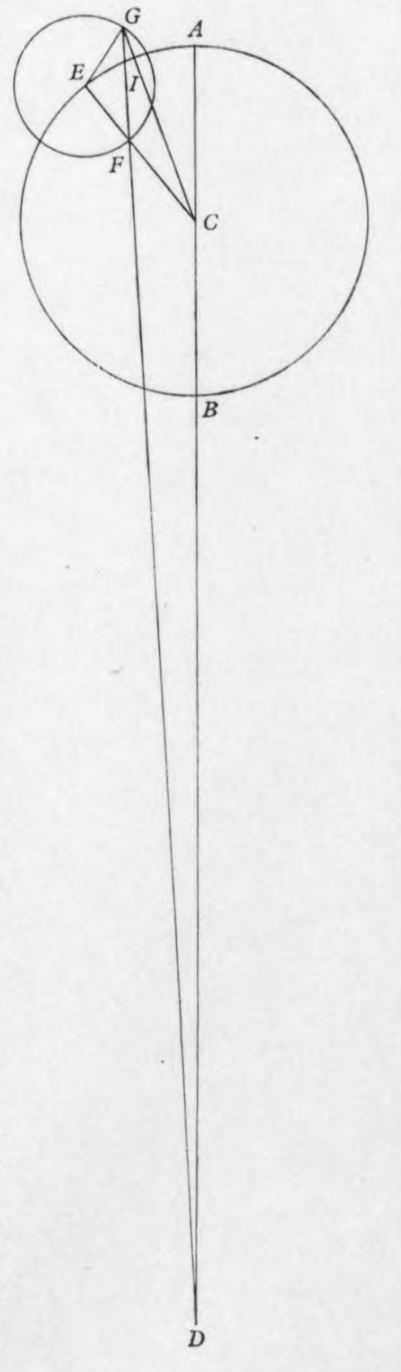
SPOSÓB OKREŚLANIA WIDOMEGO RUCHU KSIĘŻYCA Z DANYCH RUCHÓW RÓWNOMIERNYCH *rozdział X*

Tak to wszystko wziąwszy naprzód pod uwagę, chcę teraz pokazać, w jaki sposób z owych wyżej przedstawionych ruchów równych Księżyca wyprowadza się metodą graficzną ruch widomy i równomierny, biorąc przykład z obserwacji Hipparcha, aby jednocześnie potwierdzić doświadczalnie teorię. Otóż w roku sto dziewięćdziesiątym siódmym od śmierci Aleksandra, dnia siedemnastego miesiąca Pauni, który u Egipcjan jest dziesiąty, po upływie dziewięciu i jednej trzeciej godziny tego dnia, Hipparch przy obserwacji Słońca i Księżyca na Rodos za pomocą astrolabium odkrył, że wzajemna ich odległość, w jakiej Księżyc pozostawał w sekwencji za Słońcem, wynosi 48 i jedną dziesiątą stopnia. Ponieważ zaś stwierdził, że miejsce Słońca znajduje się na 11 bez jednej dziesiątej stopnia Raka, wynikało stąd, że Księżyc zajmuje 29 stopień Lwa. W tym także czasie wschodził dwudziesty dziewiąty stopień Skorpiona, podczas gdy dziesiąty stopień Panny kulminował na Rodos, nad którym biegun północny wznosi się na 36 stopni.

Na tej podstawie było wiadomo, że Księżyc, znajdując się około dziewięćdziesiątego stopnia zodiaku od horyzontu, nie dopuszczał wówczas żadnej, a przynajmniej dającej się zauważyć paralaksy zjawiska w długości. Ponieważ zaś ta obserwacja odbyła się owego siedemnastego dnia w trzy i jedną trzecią godziny po południu, które na Rodos odpowiadają czterem godzinom równikowym, w Krakowie byłyby to 3 godziny i jedna szósta część godziny równikowej odpowiednio do odległości, w jakiej o jedną szóstą godziny Rodos leży bliżej nas niż Aleksandria. Upłynęło tedy od śmierci Aleksandra sto dziewięćdziesiąt sześć lat, 286 dni oraz trzy i jedna szósta część godziny czasu naturalnego, dokładnie zaś 3 i około jednej trzeciej godziny. W tym to czasie Słońce doszło średnim ruchem do 12 stopni i 3 minut Raka, widomym zaś do 10 stopni i 40 minut Raka. Stąd pokazuje się, że Księżyc w rzeczywistości znajdował się na 28 stopniach i 37 minutach Lwa. Równomierny zaś ruch Księżyca w obiegu miesięcznym był na 45 stopniach i 5 minutach, a anomalii podług mego obliczenia na 333 stopniach od najwyższej absydy.

Wziąwszy pod uwagę ten przykład, nakreślmy pierwszy epicykl *AB* z jego środkiem *C* i średnicą *ACB*, którą przedłużmy w linię prostą aż do środka Ziemi, i niech nią będzie *ABD*; weźmy jeszcze na epicyklu łuk *ABE* 333 stopni i połączmy linią *C* i *E*, która niech się przecina w *F* tak, aby linia *EF* miała 237 części, jakich w *EC* jest 1097, a z punktu *E* jako środka nakreślmy odległością *EF* epicykl epicykla *FG*. I niech Księżyc znajduje się w punkcie *G*, łuk zaś *FG* niech ma 90 stopni i 10 minut, odpowiadając podwojonemu ruchowi równemu od Słońca, który wynosił 45 stopni i 5 minut, i poprowadźmy linie łączące *CG*, *EG* i *DG*. Ponieważ tedy w trójkącie *CEG* dane są dwa boki *CE* o 1097 i *EG*, równy *EF*, o 237 częściach wraz z kątem *GEC* 90 stopni i 10 minut, dane są więc według twierdzeń o trójkątach płaskich pozostały bok *CG* o 1123 takichże częściach i kąt *ECG* 12 stopni i 11 minut, jakie zawiera także łuk *EI*, czyli dodatnia prostafereza anomalii, cały zaś łuk *ABEI* wynosi 345 stopni i 11 minut, pozostały kąt *GCA* prawdziwej odległości Księżyca od najwyższej absydy epicykla *AB* 14 stopni i 49 minut, a kąt *BCG* 165 stopni i 11 minut. Stąd też w trójkącie *GDC* dane są także dwa boki, *GC* o 1123 częściach, jakich w *CD* jest dziesięć tysięcy, oraz kąt *GCD* 165 stopni i 11 minut. Z tych danych otrzymamy także kąt *CDG*, mający jeden stopień i 29 minut, czyli prostaferezę, którą dodawało się do średniego ruchu Księżyca, tak że prawdziwa odległość Księżyca od średniego ruchu Słońca wynosiła 46 stopni i 34 minuty, a widome jego miejsce na 28 stopniach i 37 minutach Lwa znajdowało się w odległości 47 stopni i 57 minut od prawdziwego miejsca Słońca, w czym do rachunku Hipparcha brakuje dziewięciu minut.

Aby wszakże nikt z tego powodu nie podejrzewał, że albo jego badanie, albo moje obliczenie było mylne, to chociaż ta różnica jest nieznaczna, wykażę jednak, że ani on, ani ja nie popełniliśmy błędu, lecz że w ten właśnie sposób rzecz się istotnie ma. Jeżeli bowiem będziemy pamiętali, że koło Księżyca, po którym on się posuwa, jest nachylone, przyznamy również, że na zodiaku powoduje to pewną zmianę w długości, zwłaszcza w miejscach pośrednich, które leżą między obiema granicami, północną i południową, a obu przecięciami zaćmieniowymi, w ten prawie sposób, jak między nachyleniem zodiaku a równikiem, i jak to przedstawiłem w związku z nierównością dnia naturalnego. Jeżeli te stosunki przeniesiemy na orbitę Księżyca, o której Ptolemeusz wypowiedział się, że jest nachylona do zodiaku, to również stwierdzimy, że w owych miejscach przy zodiaku daje ona w długości różnicę 7 minut, która podwojona wyniesie 14, i to zachodzi zarówno przy powiększaniu się, jak też przy zmniejszaniu się, ponieważ, gdy Słońce i Księżyc oddalone są od siebie o ćwiartkę koła, a północna lub południowa granica szerokości znajdzie się w środku między nimi, wtedy odcięty łuk zodiaku jest większy od ćwiartki koła księżycowego o 14 minut; i na odwrót, we wszystkich innych ćwiartkach, na środku których znajdują się przecięcia zaćmieniowe, koła przechodzące przez bieguny zodiaku odcinają o tyleż mniej niż ćwiartkę. I tak jest też w tym tu wypadku. Ponieważ Księżyc znajdował się przy środku, który przypadał między południową granicą a wznoszącym się przecięciem zaćmieniowym, zwanym przez nowatorów głową Smoka, Słońce zaś już minęło drugie, opadające przecięcie, zwane przez nich ogonem, nic dziwnego, jeżeli owa odległość Księżyca, wynosząca 47 stopni i 57 minut na jego nachylonej orbicie, w odniesieniu do zodiaku powiększyła się przynajmniej o 7 minut, nie licząc tego, że także Słońce, skłaniając się ku zachodowi, spowodowało pewną odjemną paralaksę zjawiska, o czym przy objaśnianiu paralaks wyraźniej będzie mowa. I tak to owa podług Hipparcha odległość świecących ciał niebieskich, którą on za pomocą przyrządu ocenił był na 48 stopni i 6 minut, z zadziwiającą i jak gdyby umówioną zgodnością zbiega się z moim obliczeniem.



TABELARYCZNY WYKAZ PROSTAFEREZ, CZYLI WYRÓWNAŃ KSIĘŻYCOWYCH

rozdział XI

Sądzę zatem, że z powyższego przykładu widoczny jest w ogóle sposób określania księżycowych biegów, ponieważ w trójkącie *CEG* dwa boki *GE* i *CE* pozostają zawsze te same, a z kąta *GEC*, który ustawicznie się zmienia, ale jest dany, poznajemy pozostały bok *GC* wraz z kątem *ECG*, który jest prostaferezą do wyrównania anomalii. Gdy następnie także w trójkącie *CDG* obliczy się dwa boki *DC* i *CG* wraz z kątem *DCE*, staje się w ten sam sposób wiadomy też kąt przy środku Ziemi *D* między równomiernym i prawdziwym ruchem. Aby te dane były jeszcze bardziej dostępne, przedłożę tabelę tych właśnie prostaferez, która będzie obejmować sześć rubryk. Po dwóch mianowicie wspólnych liczbach koła na trzecim miejscu będą prostaferezy, które, powstawszy z małego epicykla, odpowiednio do podwojonego w poszczególnych miesiącach ruchu zmieniają równomierność pierwszej anomalii. Pozostawiwszy dalej następną pozycję na razie wolną dla późniejszych liczb, wypełnię najpierw piątą, zapisując w niej prostaferezy pierwszego i większego epicykla, jakie zachodzą w średnich koniunkcjach i opozycjach Słońca i Księżyca, i z których największa wynosi 4 stopnie i 56 minut. Na przedostatniej pozycji mieszczą się liczby, o które prostaferezy zachodzące przy przepołowionym Księżycu przewyższają tamte pierwsze i z których największa wynosi 2 stopnie i 44 minuty.

Aby zaś można było ocenić także wszystkie inne nadwyżki, wynaleziono minuty proporcjonalne, których zasada jest następująca. Przyjęto mianowicie 2 stopnie i 44 minuty jako 60 dla każdych innych nadwyżek, zachodzących na styku epicykla, jak to jest w tym samym przykładzie, gdzie mieliśmy linię *CG* o 1123 częściach, jakich w *CD* jest dziesięć tysięcy, która na styku z epicyklem tworzy w całości prostaferezę 6 stopni i 29 minut, przewyższającą ową pierwszą o 1 stopień i 33 minuty. Jak zaś 2 stopnie i 44 minuty mają się do 1 stopnia i 33 minut, tak się ma 60 do 34, i w ten sam sposób otrzymujemy stosunek nadwyżki, jaka zachodzi na półkolu małego epicykla, do tej, która przypada na dany łuk 90 stopni i 18 minut. Na linii więc 90 stopni zanotujemy w tablicy 34 minuty. W ten sposób dla poszczególnych na początku tablicy podanych łuków tego samego koła znajdziemy minuty proporcjonalne, które należy umieścić w czwartej pustej pozycji. W ostatniej wreszcie pozycji dodałem stopnie północnej i południowej szerokości, o których powiem niżej. Wygoda bowiem i praktyczna przydatność w pracy skłoniły mnie do umieszczenia ich w tej rubryce.

TABLICA PROSTAFEREZ KSIĘŻYCOWYCH

Liczby wspólne		Prostafereza epicykla B		Minuty proporcjonalne	Prostafereza epicykla A		Nadwyżka		Stopnie szerokości północnej	
Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
3	357	0	51	0	0	14	0	7	4	59
6	354	1	40	0	0	28	0	14	4	58
9	351	2	28	1	0	43	0	21	4	56
12	348	3	15	1	0	57	0	28	4	53
15	345	4	1	2	1	11	0	35	4	50
18	342	4	47	3	1	24	0	43	4	45
21	339	5	31	3	1	38	0	50	4	40
24	336	6	13	4	1	51	0	56	4	34
27	333	6	54	5	2	5	1	4	4	27
30	330	7	34	5	2	17	1	12	4	20
33	327	8	10	6	2	30	1	18	4	12
36	324	8	44	7	2	42	1	25	4	3
39	321	9	16	8	2	54	1	30	3	53
42	318	9	47	10	3	6	1	37	3	43
45	315	10	14	11	3	17	1	42	3	32
48	312	10	30	12	3	27	1	48	3	20
51	309	11	0	13	3	38	1	52	3	8
54	306	11	21	15	3	47	1	57	2	56
57	303	11	38	16	3	56	2	2	2	44
60	300	11	50	18	4	5	2	6	2	30
63	297	12	2	19	4	13	2	10	2	16
66	294	12	12	21	4	20	2	15	2	2
69	291	12	18	22	4	27	2	18	1	47
72	288	12	23	24	4	33	2	21	1	33
75	285	12	27	25	4	39	2	25	1	18
78	282	12	28	27	4	43	2	28	1	2
81	279	12	26	28	4	47	2	30	0	47
84	276	12	23	30	4	51	2	34	0	31
87	273	12	17	32	4	53	2	37	0	16
90	270	12	12	34	4	55	2	40	0	0

TABELA PROSTAFEREZ KSIĘŻYCOWYCH

Liczby wspólne		Prostafereza epicykla B		Minuty proporcjonalne	Prostafereza epicykla A		Nadwyżka		Stopnie szerokości połudn.	
Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty		Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
93	267	12	3	35	4	56	2	42	0	16
96	264	11	53	37	4	56	2	42	0	31
99	261	11	41	38	4	55	2	43	0	47
102	258	11	27	39	4	54	2	43	1	2
105	255	11	10	41	4	51	2	44	1	18
108	252	10	52	42	4	48	2	44	1	33
111	249	10	35	43	4	44	2	43	1	47
114	246	10	17	45	4	39	2	41	2	2
117	243	9	57	46	4	34	2	38	2	16
120	240	9	35	47	4	27	2	35	2	30
123	237	9	13	48	4	20	2	31	2	44
126	234	8	50	49	4	11	2	27	2	56
129	231	8	25	50	4	2	2	22	3	9
132	228	7	59	51	3	53	2	18	3	21
135	225	7	33	52	3	42	2	13	3	32
138	222	7	7	53	3	31	2	8	3	43
141	219	6	38	54	3	19	2	1	3	53
144	216	6	9	55	3	7	1	53	4	3
147	213	5	40	56	2	53	1	46	4	12
150	210	5	11	57	2	40	1	37	4	20
153	207	4	42	57	2	25	1	28	4	27
156	204	4	11	58	2	10	1	20	4	34
159	201	3	41	58	1	55	1	12	4	40
162	198	3	10	59	1	39	1	4	4	45
165	195	2	39	59	1	23	0	53	4	50
168	192	2	7	59	1	7	0	43	4	53
171	189	1	36	60	0	51	0	33	4	56
174	186	1	4	60	0	34	0	22	4	58
177	183	0	32	60	0	17	0	11	4	59
180	180	0	0	60	0	0	0	0	5	0

OBLICZANIE BIEGU KSIĘŻYCOWEGO *rozdział XII*

Sposób więc obliczania widomego ruchu Księżyca wynika z poprzednich wywodów i jest następujący. Dany czas, dla którego szukamy miejsca Księżyca, sprowadzimy do czasu równego i za jego pomocą wyliczymy od znanego początku lat Chrystusa lub innego średnie ruchy długości, anomalii i szerokości, z których ten ostatni określę też niebawem, w ten sposób, jak to uczyniłem dla Słońca, i ustalimy miejsca każdego z nich dla tego danego czasu. Następnie poszukamy w tablicy równej długości Księżyca, czyli podwojonej jego odległości od Słońca, i zanotujemy znajdującą się w trzeciej kolumnie prostaferezę oraz następujące po niej minuty proporcjonalne. Otóż jeżeli owa liczba, od której zaczęliśmy, znajdzie się w pierwszej pozycji, czyli będzie mniejsza od 180 stopni, dodamy prostaferezę do anomalii Księżyca, jeżeli zaś będzie większa niż 180, bo w drugiej pozycji, odejmiemy prostaferezę od anomalii, a otrzymamy wyrównaną anomalię Księżyca i zarazem prawdziwe jego oddalenie od najwyższej absydy, od którego zacząwszy znowu odczyt w tabeli znajdziemy odpowiadającą mu w piątej kolumnie prostaferezę oraz występującą za nią w szóstej kolumnie nadwyżkę, jaką drugi epicykl przybiera nad pierwszym. Jej to część proporcjonalnie obliczoną podług stosunku znalezionych minut do sześćdziesięciu zawsze się dodaje do tej prostaferezy, a powstałą stąd sumę odejmuje się od średniego ruchu długości i szerokości, dopóki tylko wyrównana anomalia będzie mniejsza od 180 stopni, czyli od półkola, a dodaje się, jeżeli ta anomalia będzie większa. I w ten sposób otrzymamy prawdziwą odległość Księżyca od średniego miejsca Słońca i wyrównany ruch szerokości. Dlatego też dobrze będzie znane prawdziwe położenie Księżyca, czy to od pierwszej gwiazdy Barana z prostego ruchu Słońca, czy to od równonocy wiosennej z ruchu złożonego, czyli zsumowanego z jej precesją. Wreszcie z wyrównanego ruchu szerokości otrzymamy w siódmej i ostatniej pozycji tabeli stopnie szerokości, o które Księżyc oddalił się od środka zodiaku. Ta właśnie szerokość będzie północna wówczas, gdy ruch szerokości znajduje się w pierwszej części tablicy, to jest jeżeli będzie mniejszy od 90 lub większy od 270 stopni, w innym wypadku będzie odpowiadać szerokości południowej. I dlatego Księżyc będzie opadał od północy aż do 180 stopni, a stąd od granicy południowej będzie się wznosił, aż przebiegnie do końca pozostałe stopnie koła. I tak to widomy bieg Księżyca tyle ma niejako czynności około środka Ziemi, ile środek Ziemi około Słońca.

SPOSÓB BADANIA I WYZNACZANIA RUCHU SZEROKOŚCI KSIĘŻYCOWEJ *rozdział XIII*

Teraz należy zdać sprawę także z ruchu szerokości księżycowej, który dlatego wydaje się trudniejszy do określenia, ponieważ przeszkadza temu więcej okoliczności. Albowiem, jak przedtem powiedziałem, jeżeli dwa zaćmienia Księżyca będą pod każdym względem podobne i jednakie, to jest jeżeli jego części będą się zaciemniać w tym samym kierunku, północnym lub południowym, i przy tym samym przecięciu zaćmieniowym, wznoszącym się lub opadającym, to i jego odległość od Ziemi, czyli od najwyższej absydy, będzie jednakowa, ponieważ przy tak zgodnych okolicznościach jest zrozumiałe, że Księżyc prawdziwym ruchem obiegł pełne koła swej szerokości. Bo istotnie, ponieważ cień Ziemi jest stożkowaty i jeżeli stożek prosty przecina płaszczyzna równoległa do podstawy, przecięcie jest kołem mniejszym w większej odległości od podstawy, większym zaś w mniejszej, a więc też jednakowym w jednakowej, tak właśnie Księżyc w równych odległościach od Ziemi równe koła cienia przebiega i równe płaszczyzny swojej tarczy oczom naszym pokazuje. Stąd pochodzi to, że wyłaniając się w równych częściach po tej samej stronie w równej odległości od środka cienia, upewnia nas o równych szerokościach, z których musi wynikać, że powróciwszy do poprzedniego miejsca szerokości, jest wtedy oddalony w równych także odległościach od tego samego węzła zaćmieniowego, a zwłaszcza jeżeli też miejsce w obu wypadkach jest zgodne. Jego bowiem lub Ziemi zbliżanie się i oddalanie zmienia całą wielkość cienia, w stopniu wszakże nieznacznym, bo zaledwie można to uchwycić.

Im więc dłuższy czas upłynie między dwoma zaćmieniami, tym dokładniejszy będziemy mogli mieć ruch szerokości Księżyca, jak o tym była mowa w związku ze Słońcem. Ponieważ jednak rzadko się zdarza trafić na dwa zaćmienia zgodnie odpowiadające tym właśnie warunkom (mnie przynajmniej dotychczas nie nadarzyły się), zwracam przeto uwagę, że istnieje inny także sposób, za pomocą którego można to osiągnąć. Bo jeżeli nawet Księżyc, przy zachowaniu pozostałych warunków, ulegnie zaćmieniu w przeciwne strony i przy przeciwległych przecięciach, będzie to oznaczać właśnie, że Księżyc podczas drugiego zaćmienia doszedł wtedy do miejsca diametralnie przeciwległego pierwszemu i że oprócz pełnych kół opisał półkole, co okaże się wystarczające do zbadania tej sprawy. Otóż znalazłem dwa zaćmienia zbliżone na ogół do tych właściwości.

Pierwsze wykryłem w siódmym roku Ptolemeusza Filometora, który był sto pięćdziesiątym rokiem Aleksandra, po upływie, jak twierdzi Klaudiusz, 27 dni siódmego miesiąca Egipcjan Phamenoth, w nocy, po której następował dzień 28. Księżyc był zaćmiony od początku godziny ósmej aż do końca godziny dziesiątej w nocnych godzinach sezonowych Aleksandrii, w szczytowym momencie na siedem cali średnicy Księżyca od północy przy przecięciu opadającym. Środek więc czasu zaćmienia wypadł, jak twierdzi, w dwie godziny sezonowe po północy, co równa się dwóm i jednej trzeciej godziny równikowej, gdyż Słońce znajdowało się na szóstym stopniu Byka. W Krakowie natomiast byłaby to jedna i jedna trzecia godziny.

Drugie zaćmienie uchwyciłem pod tym samym południkiem krakowskim w 1509 roku Chrystusa dnia drugiego czerwca, gdy Słońce znajdowało się na 21 stopniach Bliźniąt, przy czym środek przypadł w 11 godzin równikowych i trzy piąte jednej godziny po południu tego dnia, a zaćmiło się bez mała osiem cali średnicy Księżyca od strony południowej przy przecięciu wznoszącym się. Upłynęło zatem od początku lat Aleksandra sto czterdzieści dziewięć lat egipskich, 206 dni oraz 14 i jedna trzecia godziny w Aleksandrii, w Krakowie zaś 13 i jedna trzecia godziny podług czasu naturalnego, a dokładnie 13 i pół godziny. W tym to czasie równe miejsce anomalii wynosiło podług mego obliczenia, zgodnego niemal z Ptolemeuszowym, 163 stopnie i 33 minuty, a prostafereza 1 stopień i 23 minuty, o które prawdziwe miejsce Księżyca było mniejsze od równego. Do drugiego natomiast zaćmienia od tego samego ustalonego początku lat Aleksandra upłynęły tysiąc osiemset trzydzieści dwa lata egipskie, 295 dni, 11 godzin i 45 minut czasu naturalnego, równego zaś 11 godzin i 55 minut. Stąd równy ruch Księżyca wynosił 182 stopnie i 18 minut, miejsce anomalii 159 stopni i 55 minut, a wyrównane

161 stopni i 13 minut, prostafereza zaś, o którą równy ruch był mniejszy od widomego, jeden stopień i 44 minuty. Pokazuje się więc, że podczas obu zaćmień odległość Księżyca od Ziemi była równa, a Słońce w obu wypadkach stanowiło niemal apogeum, różnica zaś w zaćmieniach wynosiła jeden cal.

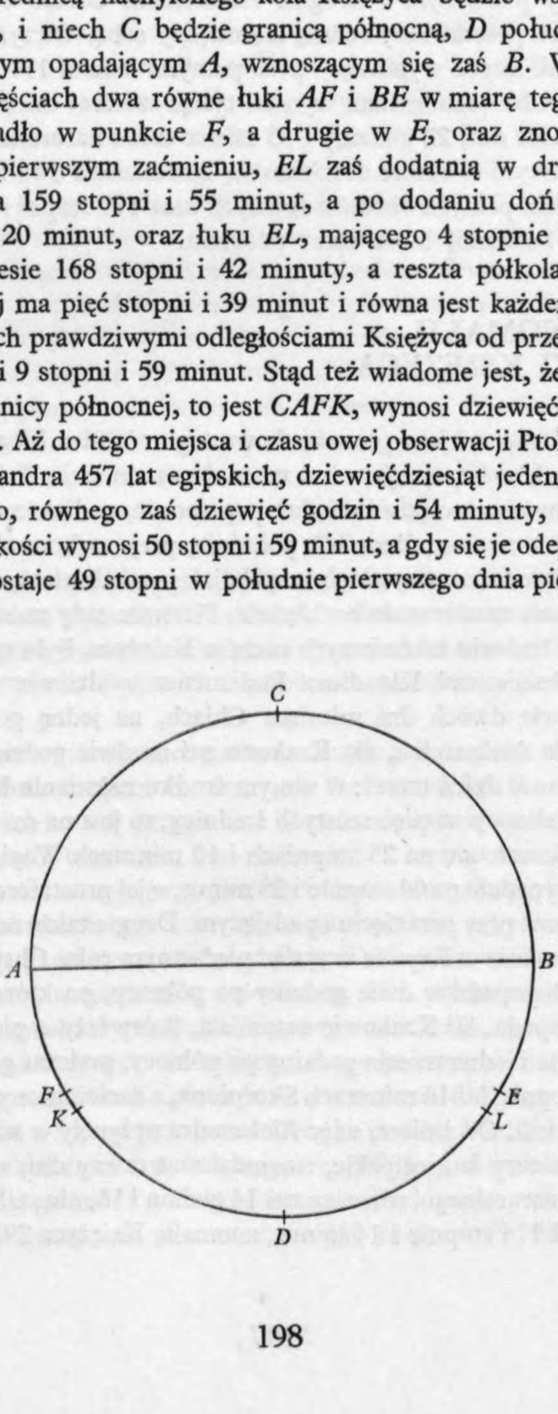
Ponieważ zaś średnica Księżyca zajmuje zwykle prawie pół stopnia, jak to później wykażę, jej dwunasta część na jeden cal będzie wynosić 2 i pół minuty, którym na nachylonej orbicie Księżyca przy przecięciach zaćmieniowych odpowiada prawie pół stopnia, o jakie Księżyc w czasie drugiego zaćmienia był bardziej oddalony od przecięcia wznoszącego się niż podczas pierwszego zaćmienia od przecięcia opadającego: stąd jest rzeczą najoczywistszą, że prawdziwy ruch szerokości Księżyca po dokonaniu pełnych obrotów wynosił 179 i pół stopnia. Atoli anomalia Księżyca między pierwszym i drugim zaćmieniem dodaje do równego ruchu 21 minut, o które prostaferezy różnią się między sobą. Otrzymamy więc równy ruch szerokości Księżyca wynoszący poza pełnymi kołami 179 stopni i 51 minut. Czas zaś między obu zaćmieniami wynosił tysiąc sześćset osiemdziesiąt trzy lata, osiemdziesiąt osiem dni, 22 godziny i 35 minut czasu naturalnego, który zgadzał się z równym. W tym to czasie dokonało się dwadzieścia dwa tysiące pięćset siedemdziesiąt siedem pełnych obrotów równych oraz 179 stopni i 51 minut. Zgadza się to z moimi liczbami, które teraz podałem.

MIEJSCA ANOMALII SZEROKOŚCI KSIĘŻYCA *rozdział XIV*

Ażeby zaś ustalić miejsca pierwiastkowe tego również biegu dla poprzednio przyjętych początków lat, wziąłem i tu także dwa zaćmienia Księżyca, zachodzące nie przy tym samym przecięciu i nie, jak poprzednie, w diametralnie przeciwległe strony, lecz w te same, na północ lub południe, przy zachowaniu jednak zgodnie z zaleceniem Ptolemeusza wszystkich innych, jak powiedziałem, warunków, dzięki którym osiągnę swe zamierzenie bezbłędnie. Pierwsze tedy zaćmienie, którym się posłużyłem przy badaniu także innych ruchów Księżyca, było tym, które, jak powiedziałem, zaobserwował Klaudiusz Ptolemeusz w dziewiętnastym roku Hadriana, po upływie dwóch dni miesiąca Chiach, na jedną godzinę równikową przed północą dla Aleksandrii, dla Krakowa zaś na dwie godziny przed północą, po której następował dzień trzeci: w samym środku zaćmienia Księżyc pogrążony był w cieniu od północy na pięć szóstych średnicy, to jest na dziesięć cali, podczas gdy Słońce znajdowało się na 25 stopniach i 10 minutach Wagi, miejsce zaś anomalii Księżyca wypadało na 64 stopnie i 38 minut, a jej prostafereza odjemna miała 4 stopnie i 20 minut przy przecięciu opadającym. Drugie także zaćmienie obserwowałem bardzo uważnie w Rzymie w tysiąc pięćsetnym roku Chrystusa następnego dnia po piątym listopada w dwie godziny po północy, po której zaczynał świtać dzień szósty listopada. W Krakowie natomiast, który leży o pięć stopni dalej na wschód, były dwie i jedna trzecia godziny po północy, podczas gdy Słońce znajdowało się na 23 stopniach i 16 minutach Skorpiona, a zaciemnionych było znowu od północy dziesięć cali. Od śmierci więc Aleksandra upłynęły w sumie tysiąc osiemset dwadzieścia cztery lata egipskie, osiemdziesiąt cztery dni, czternaście godzin i 20 minut czasu naturalnego, równego zaś 14 godzin i 16 minut. Średni zatem ruch Księżyca wynosił 174 stopnie i 14 minut, anomalia Księżyca 294 stopnie i 44 minuty, wyrównana zaś 291 stopni i 35 minut, a prostafereza dodatnia 4 stopnie i 27 minut.

Oczywistą jest więc rzeczą, że Księżyc także w czasie obu tych zaćmień miał prawie równą odległość od najwyższej swojej absydy, a Słońce w obu wypadkach znajdowało się koło średniej swej absydy, i równa też była wielkość cieni, które wskazują, że szerokość Księżyca była południowa i jednakowa i że przez to sam Księżyc miał równe odległości od przecięć, lecz w drugim wypadku wznoszącą się, a w pierwszym opadającą. Między oboma zaćmieniami upływa zatem tysiąc trzysta sześćdziesiąt sześć lat egipskich, 358 dni, 4 godziny i 20 minut czasu naturalnego, równego zaś 4 godziny i 27 minut, w ciągu których ruch szerokości wynosi 159 stopni i 55 minut.

Niech tedy średnicą nachylonego koła Księżyca będzie wspólne przecięcie z zodiakiem *AB*, i niech *C* będzie granicą północną, *D* południową, przecięciem zaćmieniowym opadającym *A*, wznoszącym się zaś *B*. Weźmy dalej na południowych częściach dwa równe łuki *AF* i *BE* w miarę tego, jak pierwsze zaćmienie przypadło w punkcie *F*, a drugie w *E*, oraz znowu prostaferezę odjemną *FK* w pierwszym zaćmieniu, *EL* zaś dodatnią w drugim. Ponieważ tedy łuk *KL* ma 159 stopni i 55 minut, a po dodaniu doń łuku *FK*, który miał 4 stopnie i 20 minut, oraz łuku *EL*, mającego 4 stopnie i 27 minut, cały łuk *FKLE* wyniesie 168 stopni i 42 minuty, a reszta półkola 11 stopni i 18 minut. Połowa jej ma pięć stopni i 39 minut i równa jest każdemu z obu łuków *AF* i *BE*, będących prawdziwymi odległościami Księżyca od przecięć *A* i *B*, i dlatego *AFK* wynosi 9 stopni i 59 minut. Stąd też wiadome jest, że średnie miejsce szerokości od granicy północnej, to jest *CAFK*, wynosi dziewięćdziesiąt dziewięć stopni i 59 minut. Aż do tego miejsca i czasu owej obserwacji Ptolemeusza upływa od śmierci Aleksandra 457 lat egipskich, dziewięćdziesiąt jeden dni i 10 godzin czasu naturalnego, równego zaś dziewięć godzin i 54 minuty, w ciągu których średni ruch szerokości wynosi 50 stopni i 59 minut, a gdy się je odejmie od 99 stopni i 59 minut, pozostaje 49 stopni w południe pierwszego dnia pierwszego według



Egipcjan miesiąca Thoth dla początku lat Aleksandra, ale to w odniesieniu do południka krakowskiego.

Stąd dane są odpowiednio do różnic czasowych liczone od katabibazon (punktu opadania) miejsca pierwiastkowe biegu szerokości Księżyca dla wszystkich innych początków lat, skąd też wyprowadzamy sam ruch. Od pierwszej bowiem Olimpiady do śmierci Aleksandra upływa 451 lat egipskich i 247 dni, od których dla wyrównania czasu odejmuje się 7 minut jednej godziny, i w tym czasie bieg szerokości wynosi 136 stopni i 57 minut. Od pierwszej znowu Olimpiady do Cezara przemija 730 lat egipskich i 12 godzin, lecz dla wyrównania czasu dodaje się 10 minut, w którym to czasie ruch wynosi 206 stopni i 53 minuty. Następnie do Chrystusa upływa 45 lat i 12 dni. Jeżeli więc od 49 stopni odejmie się, po dodaniu 360 stopni koła, 136 stopni i 57 minut, pozostają 272 stopnie i 3 minuty w południe pierwszego dnia miesiąca Hekatombajon pierwszej Olimpiady. Jeżeli znowu doda się do nich 206 stopni i 53 minuty, w sumie wypada 118 stopni i 56 minut o północy przed pierwszym dniem stycznia lat juliańskich. Dodawszy wreszcie 10 stopni i 49 minut, otrzymuje się w sumie miejsce dla roku Chrystusa, również o północy przed pierwszym dniem stycznia, na 129 stopni i 45 minut.

BUDOWA PRZYRZĄDU PARALAKTYCZNEGO *rozdział XV*

Aby zaś przekonać się o tym, że największa szerokość Księżyca, zgodnie z kątem przecięcia się jego orbity z zodiakiem, wynosi 5 stopni, jakich koło ma 360, takiej sposobności, jak Klaudiuszowi Ptolemeuszowi, los mi nie nastręczył wskutek przeszkody ze strony paralaks księżycowych. On mianowicie w Aleksandrii, dla której biegun północny wznosi się na 30 stopni i 58 minut, śledził z uwagą, aż Księżyc najbardziej się zbliży do zenitu horyzontu, to jest aż się znajdzie na początku Raka i w punkcie opadania, co już z obliczeń mógł naprzód wiedzieć. Stwierdził więc wtedy za pomocą pewnego przyrządu, który nazywa paralaktycznym, zbudowanego dla określania paralaks Księżyca, że najmniejsza jego odległość od zenitu, przy której paralaksa, gdyby jakaś tam zachodziła, musiałaby w tak niewielkim oddaleniu być zgoła nieznaczna, wynosi tylko dwa i jedną ósmą stopnia. Po odjęciu więc dwóch stopni i ósmej części od 30 stopni i 58 minut pozostaje 28 stopni i 50 i pół minuty, przewyższające największe nachylenie zodiaku, które wtedy wynosiło 23 stopnie, 51 minut i 20 sekund, o całe prawie pięć stopni, która to szerokość Księżyca okazuje się aż dotąd być zgodną z pozostałymi również poszczególnymi szerokościami.

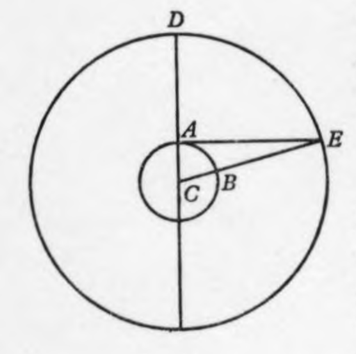
Przyrząd zaś paralaktyczny składa się z trzech linealów, z których dwa są jednako długie, przynajmniej na cztery łokcie, trzeci zaś nieco dłuższy. Ten i jeden z poprzednich złączone są obu końcami trzeciego za pomocą zgrabnych otworów i dostosowanych do nich osi albo czopów tak, aby mogąc się poruszać w jednej płaszczyźnie, jak najmniej się chybotały w owych spojeniach. Niech zaś na dłuższej łacie od środka jej spojenia wyżłobiona będzie przez całą jej długość linia prosta, na której weźmy odcinek równy jak najdokładniej wymierzonej odległości między spojeniami. Ten znowu podzielmy na tysiąc albo i więcej, jeżeli to jest możliwe, równych cząstek, przy czym ten podział na takie same części przedłużmy na resztę linii, aż osiągnie 1414 części, które określają bok kwadratu, dającego się wpisać w koło o promieniu wynoszącym tysiąc części. Pozostałą resztę łaty można będzie odciąć jako zbyteczną. Także na drugiej łacie nakreślmy od środka spojenia linię równą owemu tysiącu części, czyli tej odległości, która zawiera się między środkami spojeń, i niech ma ona z boku przytwierdzone do niej przezierniki, jak to jest zwykle w dioptrze, przez które przechodziłby wzrok, i tak ustawione, aby linia tych otworów jak najmniej się odchylała od linii nakreślonej poprzednio wzdłuż łaty, lecz jednakowo była od niej oddalona, przy czym ma się również na uwadze, żeby ta linia, sięgnąwszy swym końcem do dłuższego lineału, mogła dotknąć linii podzielonej na części i aby w ten sposób z samych lineałów tworzył się trójkąt równoramienny, którego podstawa będzie wyrażona w częściach podziałki linii. Następnie ustawmy i umocujmy jakiś bardzo starannie w kształt krzyża wytoczony i wygładzony słupek i z nim, od strony lineału mającego oba spojenia, połączmy ten przyrząd jakimiś zawiasami, na których by na kształt drzwi mógł się obracać, tak jednak, aby linia prosta, która przechodzi przez środki spojeń lineału, zgadzała się zawsze z pionem i zwrócona była do zenitu jakby oś horyzontu. Zamierzając więc znaleźć odległość jakiejś gwiazdy od zenitu horyzontu, w momencie, gdy ta gwiazda przez przezierniki łaty będzie dobrze widoczna, przyłożywszy od dołu lineał z podziałką na linii odczyta się, ile części, jakich średnica koła będzie miała 20 tysięcy, odpowiada kątowi zawartemu między linią wzroku i osią horyzontu, a z tabeli otrzyma się szukany łuk wielkiego koła między gwiazdą i zenitem.

SPOSÓB OKREŚLANIA PARALAKS KSIĘŻYCA *rozdział XVI*

Za pomocą tego przyrządu Ptolemeusz, jak powiedziałem, odkrył, że największa szerokość Księżyca wynosi 5 stopni. Następnie zabrał się do określenia jego paralaksy i twierdzi, że znalazł ją w Aleksandrii równą jednemu stopniowi i 7 minutom, podczas gdy Słońce znajdowało się na 5 stopniach i 28 minutach Wagi, średni ruch Księżyca od Słońca wynosił 78 stopni i 13 minut, równa anomalia 262 stopnie i 20 minut, ruch szerokości 354 stopnie i 40 minut, a dodatnia prostafereza 7 stopni i 26 minut. I dlatego miejsce Księżyca było na 3 stopniach i 9 minutach Koziorożca, wyrównany ruch szerokości wynosił 2 stopnie i 6 minut, szerokość północna Księżyca 4 stopnie i 59 minut, a deklinacja jego od równika 23 stopnie i 49 minut. Szerokość zaś geograficzna Aleksandrii ma 30 stopni i 58 minut. Księżyc, powiada, widziany był przez przyrząd prawie na południku o 50 stopni i 55 minut od zenitu horyzontu, to jest o jeden stopień i 7 minut dalej, niż pokazywał rachunek. Z tych danych wykazuje on, zgodnie z mniemaniem starożytnych o kole ekcentrycznym i epicyklu, że odległość Księżyca od środka Ziemi wynosiła wówczas 39 części i 45 sześćdziesiątych; jedna część stanowi promień Ziemi, i jakie z kolei wynikają ze stosunku samych kół: jako że mianowicie największa odległość Księżyca od Ziemi, która, jak utrzymują, zachodzi w apogeum epicykla podczas nowiu i pełni Księżyca, wynosi 64 takie same części i 10 sześćdziesiątych, czyli jedną szóstą, najmniejsza zaś, która wypada w perigeum epicykla przy kwadrach przepołowionego Księżyca, tylko 33 części i 33 sześćdziesiąte. Stąd także oszacował paralaksy, które występują przy dziewięćdziesiątym stopniu od zenitu: najmniejszą na 53 minuty i 34 sekundy, największą zaś na jeden stopień i 43 minuty, jak to obszerniej można poznać z tych danych, jakie o nich zebrał.

Atoli dla chcących dokładnie nad tym się zastanowić jest rzeczą już widoczną, że sprawa ma się daleko inaczej, o czym wielokrotnie się przekonałem. Rozpatrzę jednak dwie obserwacje, z których znowu się pokazuje, że moje hipotezy o Księżycu o tyle są pewniejsze od tamtych, o ile bardziej okazują się zgodne ze zjawiskami, i nie pozostawiają żadnej wątpliwości. Stwierdzam zatem: w 1522 roku od narodzenia Chrystusa, dnia dwudziestego siódmego września, po upływie pięciu godzin równych i dwóch trzecich godziny od południa przy zachodzie Słońca w Gynopolis spostrzegłem przez przyrząd paralaktyczny środek Księżyca na południku w odległości od zenitu horyzontu, którą określiłem na 82 stopnie i 50 minut. Od początku więc lat Chrystusa aż do tej godziny upłynęły tysiąc pięćset dwadzieścia dwa lata egipskie, 284 dni, 17 godzin i dwie trzecie godziny podług czasu naturalnego, podług zaś czasu wyrównanego 17 godzin i 24 minuty. Widome zatem miejsce Słońca wypadało z obliczenia na 13 stopniu i 29 minucie Wagi, równy ruch Księżyca od Słońca wynosił 87 stopni i 6 minut, równa anomalia 357 stopni i 39 minut, prawdziwa zaś, dodająca 7 minut, 358 stopni i 40 minut. Tak więc prawdziwe miejsce Księżyca znajdowało się na 12 stopniach i 33 minutach Koziorożca. Średni ruch szerokości od północnej granicy wynosił sto dziewięćdziesiąt siedem stopni i jedną minutę, a prawdziwy sto dziewięćdziesiąt siedem stopni i 8 minut. Szerokość południowa Księżyca miała 4 stopnie i 47 minut, deklinacja jego od równika 27 stopni i 41 minut, szerokość zaś geograficzna miejsca mojej obserwacji 54 stopnie i 19 minut, które wraz z deklinacją księżycową dają w sumie prawdziwą odległość od bieguna horyzontu na 82 stopnie. Pozostałe więc 50 minut były paralaksą, która według przekazu Ptolemeusza powinna była wynosić jeden stopień i 17 minut.

Drugiej znowu obserwacji dokonałem w tej samej miejscowości w tysiąc pięćset dwudziestym czwartym roku Chrystusa, dnia 7 sierpnia po upływie sześciu godzin od południa, i przez ten sam przyrząd zobaczyłem Księżyc na 82 stopniach od zenitu horyzontu. Od początku więc lat Chrystusa aż do tej godziny upłynęły 1524 lata egipskie, 234 dni i 18 godzin, godzin równych także 18. Ponieważ według obliczenia miejsce Słońca było na 24 stopniach i 14 minutach Lwa, średni ruch Księżyca od Słońca wynosił 97 stopni i 5 minut, równa anomalia 242 stopnie i 10 minut, a wyrównana 239 stopni i 38 minut, dodając do średniego ruchu prawie 7 stopni, prawdziwe przeto miejsce Księżyca było na 9 stopniach i 39 minutach Strzelca, średni ruch szerokości wynosił 193 stopnie i 19 minut, a prawdziwy 200 stopni i 17 minut, szerokość południowa Księżyca 4 stopnie i 41 minut, deklinacja zaś południowa 26 stopni i 36 minut, które wraz z szerokością geograficzną miejsca obserwacji, wynoszącą 54 stopnie i 19 minut, dają w sumie odległość Księżyca od bieguna horyzontu na 80 stopni i 55 minut. Ale zauważone były 82 stopnie. Nadwyżka zatem jednego stopnia i 5 minut przeszła na paralaksę księżycową, która według Ptolemeusza i zdaniem dawniejszych astronomów powinna była wynosić jeden stopień i 38 minut, a do tego wniosku zmuszał zgodny rachunek, jaki wynika z ich hipotezy.



OKREŚLANIE ODLEGŁOŚCI KSIĘŻYCA OD ZIEMI I JEJ STOSUNKU W CZĘŚCIACH, JAKICH PROMIEŃ ZIEMI ZAWIERA JEDNĄ

rozdział XVII

Już z tych danych stanie się widoczne, jak wielka jest odległość Księżyca od Ziemi, bez której nie można dokładnie określić stosunku paralaks, zachodzi bowiem wzajemne między nimi powiązanie, a wykaże się ją w następujący sposób. Niech *AB* będzie wielkim kołem Ziemi, a *C* jego środkiem, z którego także nakreślmy takie drugie koło, aby wobec niego koło Ziemi miało wyraźną wielkość, i niech nim będzie *DE*, *D* zaś biegunem horyzontu, a środek Księżyca w *E*, tak żeby *DE* było znaną jego odległością od zenitu. Ponieważ tedy kąt *DAE* podczas pierwszej obserwacji miał 82 stopnie i 50 minut, kąt *ACE* według obliczenia tylko 82 stopnie, a ich różnica *AEC* 50 minut, które stanowiły paralaksę, mamy trójkąt *ACE* o danych kątach, a więc i danych także bokach. Z kąta bowiem *CAE* będzie dany bok *CE* o 99 219 częściach, jakich średnica koła opisującego trójkąt *AEC* będzie zawierała sto tysięcy, a *AC* takich części 1454, które w *CE* mieszczą się około 68 razy, z czego promień ziemi *AC* będzie stanowił jedną część. I to była odległość Księżyca od środka Ziemi podczas pierwszej obserwacji. Natomiast w czasie drugiej obserwacji widomy kąt *DAE* miał 82 stopnie, wyliczony zaś kąt *ACE* 80 stopni i 55 minut, a pozostały kąt *AEC* 65 minut. Bok zatem *EC* miał 99 027, a *AC* 1891 części, jakich średnica koła opisującego trójkąt będzie zawierać sto tysięcy: i tak odległość Księżyca *CE* wynosiła 56 i 42 sześćdziesiąte części, w jakich promień Ziemi *AC* stanowi jedną część.

Niech teraz *ABC* będzie większym epicyklem Księżyca, którego środkiem niech będzie *D*, i przyjmijmy *E* za środek Ziemi, z którego poprowadźmy linię prostą *EBDA* tak, aż *A* będzie apogeum, a *B* perigeum. Zgodnie zaś z obliczoną równą anomalią Księżyca weźmy łuk *ABC* równy 242 stopniom i 10 minutom, a z *C* jako środka nakreślmy drugi mały epicykl *FGK*, którego łuk *FGK* podwojonej odległości Księżyca od Słońca niech ma 194 stopnie i 10 minut, i przeprowadźmy linię łączącą *DK*, która ujmując anomalii 2 stopnie i 27 minut pozostawia kąt wyrównanej anomalii *KDB* równy 59 stopniom i 43 minutom, ponieważ cały kąt *CDB* miał 62 stopnie i 10 minut, o które anomalia przewyższała półkole, a kąt *BEK* wynosił 7 stopni. Dane są więc w trójkącie *KDE* kąty w stopniach, jakich dwa kąty proste mają 180, i dany jest także stosunek boków: *DE* ma 91 856, a *KE* 86 354 części, jakich średnica koła opisującego trójkąt *KDE* miałaby sto tysięcy, ale takich części, jakich w *DE* będzie sto tysięcy, *KE* będzie mieć 94 010. Wyżej zaś zostało już wykazane, że także *DF* będzie zawierać takich części 8600, a cała linia *DFG* 13 340. Skoro więc, jak zostało wykazane, *EK* będzie mieć 56 i 42 sześćdziesiąte części, jaką promień Ziemi zawiera jedną, z wyżej podanego stosunku wynika, że *DE* ma takich samych części 60 i 18 sześćdziesiątych, *DF* 5 i 11 sześćdziesiątych, a *DFG* 8 i 2 sześćdziesiąte, podobnie jak cała wyciągnięta w jedną prostą linia *EDG*, największe wzniesienie przepołowionego Księżyca, 68 części i jedną trzecią. Po odjęciu również *DG* od *ED* pozostają dla owej najmniejszej odległości 52 i 17 sześćdziesiątych części. Tak też cała największa wysokość *EDF*, która przypada w czasie pełni i nowiu, będzie wynosiła 65 i pół części, a najmniejsza, po odjęciu *DF*, 55 i 8 sześćdziesiątych części. I zgoła nie powinno nas to wzruszać, że inni, zwłaszcza ci, którym paralaksy Księżyca mogły być znane tylko częściowo z powodu położenia ich miejscowości, sądzą, iż największa odległość Księżyca w pełni i nowiu wynosi 64 i 10 sześćdziesiątych części. Mnie natomiast większe zbliżenie Księżyca do horyzontu, przy którym, jak wiadomo, paralaksy osiągają swoją pełnię, pozwoliło dokładniej je poznać, a jednak nie znalazłem, żeby komutacje z powodu tej różnicy położenia różniły się więcej niż o jedną minutę.

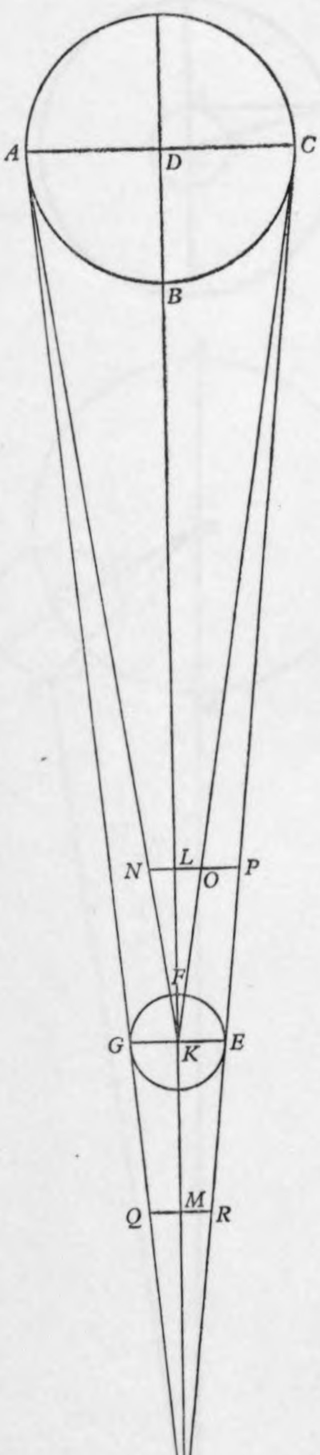
ŚREDNICA KSIĘŻYCA I CIENIA ZIEMSKIEGO W MIEJSCU PRZEJŚCIA KSIĘŻYCA

rozdział XVIII

Razem z odległością Księżyca od Ziemi zmieniają się także widome średnice Księżyca i cienia, dlatego też i o nich należy powiedzieć. A chociaż średnice Słońca i Księżyca dokładnie dają się określić za pomocą dioptry Hipparcha, to jednak sądzi się, że dla Księżyca o wiele pewniej osiąga się to za pośrednictwem niektórych szczególnych zaćmień Księżyca, przy których Księżyc będzie jednakowo oddalony od swojej najwyższej lub najniższej absydy, zwłaszcza jeżeli wtedy także Słońce w ten sam sposób się dostosuje, że koło cienia, przez które Księżyc w obu wypadkach będzie przechodził, okaże się jednakowe, chyba że same zaćmienia odbywają się na nierównych częściach.

Jest bowiem rzeczą oczywistą, że wzajemne porównanie różnic części zaćmionych i szerokości Księżyca wskazuje, jak wielki łuk dookoła środka Ziemi napina średnica Księżyca. Poznawszy to znajduje się wkrótce również połowę średnicy cienia, co bardziej widoczne stanie się na przykładzie. I tak, jeżeli w środku pierwszego zaćmienia pogrążą się w cieniu trzy cale, czyli trzy dwunaste części średnicy Księżyca, mającego szerokość 47 minut i 54 sekund, podczas zaś drugiego 10 cali przy szerokości 29 minut i 37 sekund, to istotnie różnica części zaćmionych wynosi 7 cali, szerokości zaś 18 minut i 17 sekund, którym odpowiada proporcja 12 cali do 31 minut i 20 sekund łuku napinającego średnicę Księżyca.

Jest zatem oczywiste, że środek Księżyca w środku pierwszego zaćmienia przekroczył cień o jedną czwartą swojej średnicy, co wynosi siedem minut i 50 sekund szerokości, i jeżeli się je odejmie od 47 minut i 54 sekund całej szerokości, pozostaje 40 minut i 4 sekundy jako połowa średnicy cienia. I tak też w drugim zaćmieniu, podczas którego cień ogarnął 10 minut i dwadzieścia siedem sekund, to jest jedną trzecią księżycowej średnicy, poza szerokością Księżyca, gdy doda się 29 minut i 37 sekund, w sumie dadzą również 40 minut i 4 sekundy jako połowę średnicy cienia. Takie jest właśnie zdanie Ptolemeusza, że gdy Słońce i Księżyc w czasie koniunkcji lub opozycji znajdują się w największej odległości od Ziemi, średnica Księżyca wynosi 31 i jedną trzecią minuty — i taką też, jak oświadcza, odkrył przy pomocy dioptry Hipparcha średnicę Słońca — cienia zaś jeden stopień i 21 i jedną trzecią minuty. Sądził przeto, że mają się one do siebie jak 13 do 5, to jest w stosunku dwa i trzy piąte razy większym.



rozdział XIX

SPOSÓB RÓWNOCZESNEGO WYZNACZANIA ODLEGŁOŚCI SŁOŃCA I KSIĘŻYCA OD ZIEMI, ICH ŚREDNIC I CIENIA W MIEJSCU PRZEJŚCIA KSIĘŻYCA ORAZ OSI CIENIA

Skoro zaś również Słońce powoduje pewną paralaksę, która, jako że jest mała, niezbyt łatwo daje się zauważyć, chyba że są z sobą nawzajem związane następujące zjawiska, mianowicie odległość Słońca i Księżyca od Ziemi, ich średnice i średnica cienia w przejściu Księżyca oraz oś cienia, które dlatego też nawzajem siebie wyjawiają w zmierzających do rozwiązania dowodzeniach, najpierw tedy rozważę poglądy Ptolemeusza na te sprawy i sposób, w jaki je przedstawił, a z tego wydobędę to, co będzie się wydawało najbardziej prawdopodobne.

Przyjmuje on widomą średnicę Słońca, jaką niezmiennie się posługuje, na 31 i jedną trzecią minuty, a za równą jej średnicę Księżyca w pełni i nowiu, gdy znajdzie się on w apogeum, co, jak utrzymuje, przypada w odległości 64 i 10 sześćdziesiątych części, jakich połowa średnicy Ziemi zawiera jedną. Na podstawie tych danych resztę przedstawił w następujący sposób. Niech *ABC* będzie kołem kuli słonecznej ze swoim środkiem *D*, *EFG* zaś kuli ziemskiej w największej jej odległości od Słońca ze swoim również środkiem, którym niech będzie *K*, a linie proste *AG* i *CE* stycznymi do obu kół, których przedłużenia niech się zbiegają na ostrym końcu cienia, na przykład w punkcie *S*, a przez środki Słońca i Ziemi niech przechodzi *DKS*; poprowadźmy też *AK* i *KC* oraz linie łączące *AC* i *GE*, które nie powinny się wcale różnić od średnic z powodu olbrzymiej ich odległości. Odetnijmy teraz na *DKS* równe linie *LK* i *KM* odpowiednio do odległości, jakie Księżyc w pełni i nowiu ma w apogeum, wynoszące jego zdaniem 64 i 10 sześćdziesiątych części, w jakich *EK* stanowi jedną część, *QMR* zaś niech będzie średnicą cienia przy tym samym przejściu Księżyca, a *NLO* średnicą Księżyca prostopadłą do linii *DK*, i przedłużmy też dalej *LOP*. Pierwszym zadaniem jest znalezienie stosunku *DK* do *KE*. Ponieważ tedy kąt *NKO* będzie miał 31 i jedną trzecią minuty, w jakich cztery kąty proste liczą 360 stopni, to połowa jego *LKO* będzie wynosić 15 i dwie trzecie minuty, a kąt przy *L* jest prosty. W trójkącie więc *LKO* o danych kątach dany jest stosunek boków *KL* do *LO* mającego długość 17 pierwszych i 33 wtórnych sześćdziesiątych części, jakich *LK* ma 64 i 10 sześćdziesiątych, albo *KE* jedną, a zgodnie z tym, że *LO* tak się ma do *MR* jak 5 do 13, *MR* będzie mieć 45 pierwszych i 38 wtórnych takich samych sześćdziesiątych części. Ponieważ zaś *LOP* i *MR* są w równych odległościach równoległe do *KE*, przeto suma *LOP* i *MR* będzie dwukrotnością linii *KE*, a po odjęciu od niej *MR* i *LO* pozostanie linia *OP* równa 56 pierwszym i 49 wtórnym sześćdziesiątym częściom. Podług zaś drugiego twierdzenia szóstej księgi Euklidesa stosunek proporcjonalny *EC* do *PC*, *KC* do *OC* i *KD* do *LD* jest taki sam, co *KE* do *OP*, to jest jak 60 pierwszych sześćdziesiątych części do 56 pierwszych i 49 wtórnych sześćdziesiątych części. Podobnie dana jest linia *LD* wynosząca 56 pierwszych i 49 wtórnych sześćdziesiątych części, w jakich cała linia *DLK* będzie stanowić jedną część, a zatem reszta *KL* będzie miała 3 pierwsze i 11 wtórnych sześćdziesiątych części. Ponieważ zaś *KL* będzie zawierać 64 i 10 sześćdziesiątych części, jakich *FK* zawiera jedną, to i cała linia *KD* będzie miała 1210 części. Również i to już stało się widoczne, że linia *MR* będzie mieć 45 pierwszych i 38 wtórnych sześćdziesiątych takich części, z jakich składa się stosunek *KE* do *MR* i *KMS* do *MS*, i że też linia *KM* będzie zawierać 14 pierwszych i 22 wtórne sześćdziesiąte części całej linii *KMS*, a takich znowu części, jakich *KM* będzie mieć 64 i 10 sześćdziesiątych, cała linia *KMS* jako oś cienia liczyć będzie 268. Tak właśnie Ptolemeusz.

Inni natomiast, już po Ptolemeuszu, ponieważ stwierdzili, że to się nie zgadza w wystarczającym stopniu ze zjawiskami, przekazali pewne inne co do tego dane. Niemniej przyznają, że największa odległość Księżyca od Ziemi w pełni i nowiu wynosi 64 i 10 sześćdziesiątych części, a widoma średnica Słońca w apogeum 31 i jedną trzecią minuty. Przyznają również, jak sam Ptolemeusz, że średnica cienia w miejscu przejścia Księżyca ma się jak 13 do 5. Twierdzą jednak, że widoma średnica Księżyca nie jest wtedy większa od 29 i pół stopnia, i dlatego średnicę cienia określają na jeden stopień oraz 16 i prawie trzy czwarte minuty, z czego ich zdaniem wynika, że odległość Słońca w apogeum od Ziemi wynosi 1146, a oś cienia 254 części, w jakich jedną stanowi promień Ziemi, przypisują zaś te dane, które jednak w żaden sposób nie dają się powiązać, odkryciu owego sławnego filozofa Arateńskiego.

Uważałem, że te dane powinno się uzgodnić i sprostować w ten sposób, iż przyjmiemy widomą średnicę Słońca w apogeum na 31 minut i 40 sekund, musi ona bowiem teraz być w jakiejś mierze większa niż przed Ptolemeuszem, Księżyca zaś w pełni lub nowiu, czyli w najwyższej absydzie, na 30 minut, a także średnicę cienia w samym jego przejściu na 80 i trzy piąte minuty, wiadomo bowiem, że ich stosunek jest nieco większy niż 5 do 13, raczej jak 150 do 403, Księżyc zaś nie przykrywa całego Słońca, jeżeli jego odległość od Ziemi nie będzie mniejsza niż 62 części, w jakich promień Ziemi będzie stanowić jedną część. Tak bowiem ustalone te dane zdają się być powiązane pewnym stosunkiem zarówno ze sobą, jak i ze wszystkimi innymi oraz zgodne ze zjawiskami zaćmień Słońca i Księżyca. Jako że właśnie zgodnie z poprzednim wywodem będziemy mieli w takich częściach i ich sześćdziesiątych ułamkach, w jakich promień Ziemi, którym jest *KE*, stanowi jedną część, linię *LO* równą 17 pierwszym i 8 wtórnym sześćdziesiątym częściom, a stąd *MR* 46 pierwszym i 1 wtórnej sześćdziesiątej części i stąd znowu *OP* 56 pierwszym i 51 wtórnym sześćdziesiątym częściom. Cała zaś linia odległości apogeum Słońca od Ziemi *DLK* będzie wynosić 1179, a oś cienia *KMS* 265 części.

WIELKOŚĆ POWYŻSZYCH TRZECH CIAŁ NIEBIESKICH: SŁOŃCA, KSIĘŻYCA I ZIEMI, ORAZ PORÓWNANIE ICH ZE SOBĄ — *rozdział XX*

Oczywistą zatem jest także rzeczą, że *KL* mieści się osiemnaście razy w *KD* i że w takim stosunku ma się *LO* do *DC*. Osiemnastokrotna zaś linia *LO* daje w sumie 5 i prawie 27 sześćdziesiątych części, jakich *KE* zawiera jedną, czyli że *SK* tak się ma do *KE*, to jest 265 części do jednej, jak 1444 części całej linii *SKD* również do 5 i 27 sześćdziesiątych części linii *DC*, są one bowiem też proporcjonalne do siebie: taki właśnie będzie stosunek średnic Słońca i Ziemi.

Ponieważ zaś kule mają się do siebie w stosunku sześcianów swoich średnic, przeto gdy podniesiemy do sześcianu pięć i 27 sześćdziesiątych, wypadają 162 części bez jednej ósmej, tyle więc razy Słońce jest większe od kuli ziemskiej. Ponieważ znowu połowa średnicy Księżyca wynosi 17 pierwszych i 9 wtórnych sześćdziesiątych części, w jakich *KE* stanowi jedną część, przeto średnica Ziemi tak się ma do średnicy Księżyca, jak siedem do dwóch, to jest w stosunku trzy i półkrotnym, co gdy się podniesie do sześcianu, pokazuje, że Ziemia jest większa od Księżyca czterdzieści trzy razy bez jednej ósmej części Księżyca. I podobnie też Słońce będzie większe od Księżyca siedem tysięcy razy bez 63.

WIDOMA ŚREDNICA SŁOŃCA I JEGO PARALAKSY *rozdział XXI*

Ponieważ zaś te same wielkości w większym oddaleniu wydają się mniejsze, niż gdy się znajdują bliżej, dlatego zdarza się, że Słońce, Księżyc i cień Ziemi zmieniają się odpowiednio do swych niejednakowych odległości od Ziemi i nie mniej niż paralaksy. Wszystko to na podstawie poprzednich wypowiedzi daje się łatwo określić dla różnej dowolnej odległości. Przede wszystkim wyraźne to jest właśnie dla Słońca. Skoro bowiem wykazałem, że najdalsza odległość Ziemi od niego wynosi 10322 części, jakich promień koła rocznego obrotu zawiera 10000, a najbliższa znajduje się na pozostałym odcinku średnicy liczącym 9678 części, to takich samych zatem części, jakich najwyższa absyda zawiera 1179, a w jakich promień Ziemi stanowi jedną, najniższa absyda będzie miała 1105, i tak samo średnia 1142 części. Gdy więc podzielimy 1000000 przez 1179, otrzymamy 848 części dla boku napinającego w trójkącie prostokątnym najmniejszy kąt 2 minut i 55 sekund największej paralaksy, jaka występuje na horyzoncie. Podobnie z podzielenia miliona przez 1105 części najmniejszej odległości wypada 905 części dla boku napinającego kąt 3 minut i 7 sekund największej paralaksy najniższej absydy.

Zostało zaś wykazane, że średnica Słońca ma 5 i 27 sześćdziesiątych części, w jakich średnica Ziemi stanowi jedną część, i że w najwyższej absydzie widoczna jest pod kątem 31 minut i 48 sekund. Albowiem 1179 części w takiej jest proporcji do 5 i 27 sześćdziesiątych części, jak 2000000 części średnicy koła do 9245, które napinają kąt 31 minut i 48 sekund. Wynika z tego, że w najmniejszej odległości wynoszącej 1105 części kąt ten ma 33 minuty i 54 sekundy. Różnica więc między nimi wynosi 2 minuty i 6 sekund, między zaś paralaksami tylko 12 sekund. Ptolemeusz uważał obie różnice za godne zlekceważenia ze względu na małą wartość, zważywszy, że niełatwo dostrzec okiem jedną lub drugą minutę, o ileż więc mniej jest to możliwe przy sekundach. Dlatego, jeżeli utrzymamy wszędzie największą paralaksę Słońca 3 minut, nie będzie się wydawać, że popełniliśmy jakiś błąd. Średnie zaś widome średnice Słońca otrzymamy ze średnich jego odległości albo, jak niektórzy sądzą, z widomego godzinnego ruchu Słońca, który ich zdaniem tak się ma do jego średnicy, jak jeden do 14 i jednej piątej. Sam × bowiem ruch godzinny jest prawie proporcjonalny do swojej odległości.

NIERÓWNOŚĆ WIDOMEJ ŚREDNICY KSIĘŻYCA ORAZ JEGO PARALAKSY *rozdział XXII*

Zmienność obu tych zjawisk pokazuje się większa u Księżyca, jako najbliższego ciała niebieskiego. Gdy bowiem największa jego odległość od Ziemi w czasie nowiu i pełni będzie wynosić 65 i pół części, to według poprzednich wywodów najmniejsza będzie zawierać 55 i 8 sześćdziesiątych części, w czasie zaś kwadr największe oddalenie osiągnie 68 i 21 sześćdziesiątych części, a najmniejsze 52 i 17 sześćdziesiątych części. W tych czterech więc granicach będziemy mieli paralaksy wschodzącego i zachodzącego Księżyca, gdy połowę średnicy koła podzielimy przez odległości Księżyca od Ziemi, a mianowicie przy największym oddaleniu w kwadrach 50 minut i 18 sekund, w pełni i nowiu 52 minuty i 24 sekundy, przy najmniejszym zaś 62 minuty i 21 sekund, a przy najmniejszym w kwadrach 65 minut i 45 sekund.

Z nich również poznaje się widome średnice Księżyca. Wykazane już bowiem zostało, że średnica Ziemi ma się do średnicy Księżyca jak 7 do dwóch, promień więc Ziemi będzie się miał do średnicy Księżyca jak siedem do 4, w którym to stosunku pozostają także paralaksy do widzianych średnic Księżyca. Ponieważ linie proste, które obejmują kąty największych paralaks oraz kąty widomych średnic, wcale się nie różnią między sobą przy tym samym przejściu Księżyca, przeto i same kąty są prawie proporcjonalne do napinających je linii prostych i zachodząca w nich różnica nie daje się zauważyć. Dzięki temu uproszczeniu jest rzeczą jasną, że przy pierwszej granicy podanych właśnie paralaks widoma średnica Księżyca będzie miała 28 i trzy czwarte minuty, przy drugiej prawie 30 minut, przy trzeciej 35 minut i 38 sekund, a przy ostatniej 37 minut i 34 sekundy. Ta ostatnia, według hipotezy Ptolemeusza i innych, wynosiłaby prawie jeden stopień i powinno byłoby się wówczas zdarzyć, że Księżyc świecąc połówką zsyłałby na Ziemię tyle światła, ile w czasie pełni.

ZASADA ZMIENNOŚCI CIENIA ZIEMSKIEGO *rozdział XXIII*

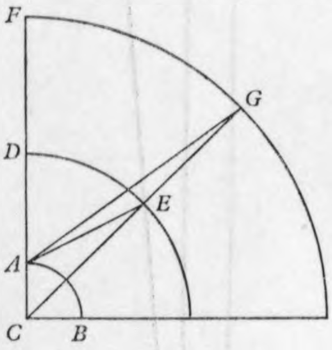
Wykazałem już także, że średnica cienia ma się do średnicy Księżyca jak 403 do 150, i dlatego w pełni i nowiu Księżyca, gdy Słońce znajdzie się w apogeum, najmniejsza liczy 80 minut i 36 sekund, największa natomiast 95 minut i 44 sekundy, a zatem największa różnica wynosi 15 minut i 8 sekund. Zmienia się także cień Ziemi, nawet przy tym samym przejściu Księżyca, z powodu niejednakowej jej odległości od Słońca w następujący sposób. Nakreślmy mianowicie ponownie, jak na poprzedniej figurze, przez środek Słońca i Ziemi linię prostą *DKS* oraz linię stycznej *CES* i połączmy je liniami *DC* i *KE*. Otóż, jak to zostało wykazane, gdy odległość *DK* wynosiła 1179 części, w jakich *KE* stanowi jedną część, a *KM* 62 takie same części, to połowa średnicy cienia *MR* miała takiej samej co *KE* części 46 pierwszych i 1 wtórną sześćdziesiątą część, a kąt widomy *MKR*, po połączeniu *K* i *R*, 42 minuty i 32 sekundy, oś zaś cienia *KMS* 265 części.

Gdy zaś Ziemia znajdzie się najbliżej Słońca, tak że *DK* będzie mieć 1105 części, to cień Ziemi podczas tego samego przejścia Księżyca określimy w następujący sposób. Poprowadźmy mianowicie *EZ* równolegle do *DK*, i będą wówczas proporcjonalne *CZ* do *ZE* i *EK* do *KS*, lecz *CZ* wynosi 4 i 27 sześćdziesiątych części, a *ZE* 1105 części. W prostokącie bowiem *KZ* linia *ZE* i pozostały odcinek *DZ* równe są liniom *DK* i *KE*. A zatem *KS* liczyć będzie 248 i 19 sześćdziesiątych takich samych części, jakich *KE* zawiera jedną. Linia zaś *KM* wynosiła 62 takie same części, reszta więc *MS* będzie mieć takich samych części 186 i 19 sześćdziesiątych. Ponieważ zaś proporcjonalne są także *SM* do *MR* i *SK* do *KE*, przeto dana jest linia *MR* równa 45 pierwszym i 1 wtórnej sześćdziesiątej części, w jakich

KE stanowi jedną, oraz z kolei kąt widomy *MKR* 41 minut i 35 sekund. Dlatego to na skutek zbliżania się i oddalania Słońca i Ziemi przy tym samym przejściu Księżyca zachodzi największa różnica w średnicy cienia, wynosząca 1 sześćdziesiątą części, w jakich *EK* stanowi jedną część, a widziana pod kątem 57 sekund takich stopni, jakich 360 mieści się w czterech kątach prostych. A nadto średnica cienia miała się tam do średnicy Księżyca w stosunku większym niż 13 do 5, tu zaś w mniejszym, będąc sama niejako pośrednia. Dlatego niewielki popełnię błąd, jeżeli dla oszczędzenia pracy i idąc za zdaniem starożytnych wszędzie będę się posługiwał tą samą średnicą.

TABELARYCZNY WYKAZ POSZCZEGÓLNYCH PARALAKS SŁOŃCA I KSIĘŻYCA NA KOLE PRZECHODZĄCYM PRZEZ BIEGUNY HORYZONTU

rozdział XXIV

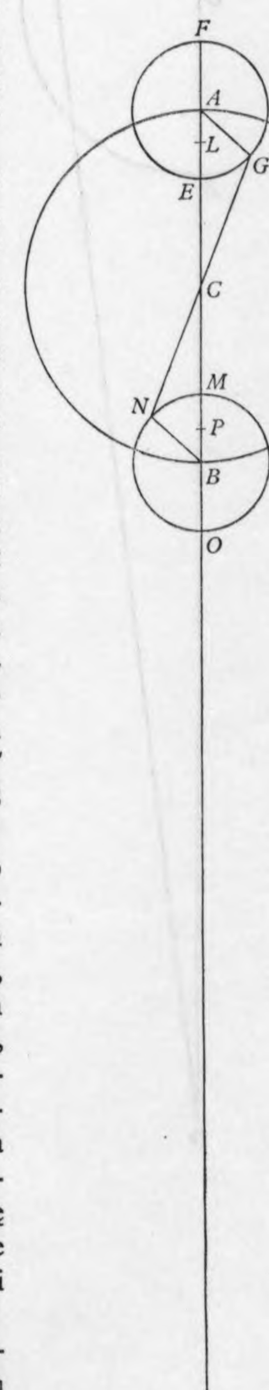


Nie będzie też zatem niepewności w oznaczaniu każdej poszczególnej paralaksy Słońca i Księżyca. Nakreślmy mianowicie znowu ze środka *C* i przez zenit horyzontu koło Ziemi *AB* oraz w tej samej płaszczyźnie koło Księżyca *DE* i Słońca *FG*, przechodzącą przez zenit horyzontu linię *CDF* i linię *CEG*, na której wyobraźmy sobie prawdziwe miejsca Słońca i Księżyca, a z tymi też miejscami niech się łączą linie wzroku *AG* i *AE*. Paralaksy zatem Słońca określa właśnie kąt *AGC*, Księżyca zaś *AEC*, jak również paralaksę między Słońcem i Księżycem kąt *GAE*, który pozostaje jako różnica kątów *AGC* i *AEC*.

Weźmy teraz kąt *ACG*, do którego chcielibyśmy dostosować tamte dane. I niech on ma, na przykład, 30 stopni: na mocy twierdzeń o trójkątach płaskich jest rzeczą jasną, że gdy przyjmiemy linię *CG* równą 1142 częściom, jakich *AC* będzie mieć jedną, to kąt *AGC*, o który prawdziwa wysokość Słońca różni się od widzianej, będzie wynosił jedną i pół minuty. Gdy zaś kąt *ACG* będzie liczył 60 stopni, to kąt *AGC* będzie miał 2 minuty i 36 sekund. Podobnie wiadome się staną wszystkie inne przypadki, a w odniesieniu do Księżyca w jego czterech granicach. Jeżeli bowiem przy największej jego odległości od Ziemi, kiedy *CE* będzie mieć, jak powiedziałem, 68 i 21 sześćdziesiątych części, w jakich linia *CA* stanowiła jedną część, przyjmiemy kąt *DCE* albo łuk *DE* równy 30 stopniom, jakich cztery kąty proste mają 360, otrzymamy trójkąt *ACE*, w którym dane są dwa boki *AC* i *CE* wraz z kątem *ACE*, a z nich znajdziemy kąt paralaksy *AEC* równy 25 minutom i 28 sekundom. Gdy zaś *CE* będzie mieć 65 i pół owych części, to kąt *AEC* będzie liczył 26 minut i 36 sekund. Podobnie przy trzeciej pozycji, gdy *CE* będzie mieć 55 i 8 sześćdziesiątych części, kąt paralaksy *AEC* będzie wynosił 31 minut i 42 sekundy. Przy najmniejszej wreszcie odległości, gdy linia *CE* będzie mieć 52 i 17 sześćdziesiątych części, utworzy ona kąt *AEC* 33 minut i 27 sekund. Gdy znowu przyjmie się łuk *DE* równy 60 stopniom koła, to paralaksy w tej samej kolejności będą wynosiły: pierwsza 43 minuty i 55 sekund, druga 45 minut i 51 sekund, trzecia 54 i pół minuty, czwarta 57 i pół minuty. Wszystko to zestawię w kolejności w niżej podanej tabeli, którą na wzór innych dla wygodniejszego korzystania wydłużę w szereg 30 wierszy, lecz co 6 stopni, tak aby zawierały dwukrotną liczbę stopni, jakie idą od zenitu horyzontu aż do dziewięćdziesięciu najwyżej.

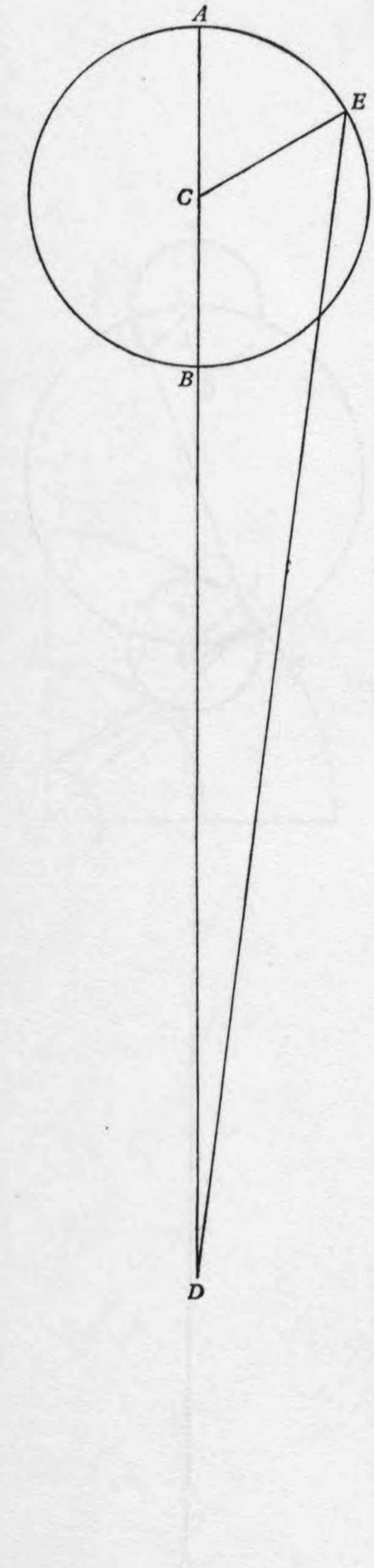
Samą zaś tabelę podzieliłem na dziewięć kolejnych rubryk. W pierwszej mianowicie i drugiej znajdą się wspólne liczby koła, w trzeciej podam paralaksy Słońca, następnie paralaksy Księżyca, a mianowicie na czwartym miejscu różnice, o które najmniejsze paralaksy, przypadające w kwadrach i w apogeum Księżyca, są mniejsze od następujących po nich w pełni i nowiu. Szósta pozycja będzie zawierała te paralaksy, które w perigeum Księżyc wykazuje w pełni i nowiu, a następujące po nich części stopni są różnicami, o które paralaksy przypadające w kwadrach, gdy Księżyc znajduje się najbliżej nas, przewyższają tamte z nimi sąsiadujące. Dwie wreszcie ostatnie rubryki, które pozostają, zarezerwowane są dla minut proporcjonalnych, z których pomocą będzie można wyliczać paralaksy zachodzące między tymi czterema granicami.

Przedstawię je również, i to najpierw te, które przypadają przy apogeum oraz między dwiema pierwszymi granicami, w następujący sposób. Niech, powiadam, koło *AB* będzie pierwszym epicyklem Księżyca, a jego środkiem *C*, i przyjąwszy *D* za środek Ziemi poprowadźmy linię prostą *DBCA*, a z apogeum *A* jako środka nakreślmy drugi mały epicykl *EFG*; weźmy dalej łuk *EG* równy 60 stopniom i wykreślmy linie łączące *AG* i *CG*. Ponieważ tedy w poprzednich wywodach zostało wykazane, że linia prosta *CE* wynosi 5 i 11 sześćdziesiątych części, w jakich połowa średnicy Ziemi stanowi jedną i jakich też części *DC* zawiera 60 i 18 sześćdziesiątych, a takie same części *EF* ma dwie i 51 sześćdziesiątych, przeto w trójkącie *ACG* dane są boki *GA* o jednej i 25 sześćdziesiątych częściach i *AC* o 6 i 36 sześćdziesiątych częściach wraz z zawartym między nimi kątem *CAG*. Na mocy więc twierdzeń o trójkątach płaskich trzeci bok *CG* będzie miał takich samych części 6 i 7 sześćdziesiątych. Cała zatem linia *DCG* wyciągnięta w linię prostą lub równa jej linia *DCL* będzie wynosić 66 i 25 sześćdziesiątych części. Atoli linia *DCE* liczyła 65 i pół części, pozostaje więc nadwyżka *EL* mająca prawie 55 i pół sześćdziesiątych części. A nadto według wyżej podanego stosunku, gdy *DCE* będzie mieć 60 części, to *EF* będzie takich samych części zawierać 2 i 37 sześćdziesiątych, a *EL* 46 sześćdziesiątych. O ile więc *EF* będzie liczyć 60 sześćdziesiątych części, nadwyżka *EL* będzie wynosiła około 18 sześćdziesiątych. Odnotuję to w ósmej rubryce tabeli na linii 60 stopni.



Podobnie przedstawię to w odniesieniu do perigeum *B*, dookoła którego nakreślmy znowu drugi mały epicykl *MNO* z kątem *MBN* 60 stopni. Powstanie mianowicie trójkąt *BCN* o danych, jak poprzednio, bokach i kątach oraz w podobny sposób nadwyżka *MP* około 55 i pół sześćdziesiątych części, w jakich połowa średnicy Ziemi stanowi jedną. Ponieważ jednak takich samych części linia *DBM* ma 55 i 8 sześćdziesiątych, to jeżeli się określi ją na 60 części, *MBO* będzie mieć takich części 3 i 7 sześćdziesiątych, a nadwyżka *MP* 55 sześćdziesiątych. Jak zaś trzy i siedem sześćdziesiątych części ma się do 55 sześćdziesiątych części, tak też ma się 60 do 18 prawie, czyli to samo co poprzednio; różnica wynosi jednak jakieś kilka wtórnych sześćdziesiątych części. W ten sposób postąpię i we wszystkich innych przypadkach, którymi wypełnię ósmą kolumnę tabeli. Jeżeli zaś zamiast nich będziemy korzystać z tych, które zostały podane w tabeli prostaferez, nie popełnimy wcale błędu, są bowiem prawie te same i chodzi tylko o minimalne różnice.

Pozostają jeszcze minuty proporcjonalne, które wypadają w średnich granicach, mianowicie między drugą i trzecią. Niech *AB* będzie teraz epicyklem pierwszym, opisanym przez Księżyc w pełni i nowiu, środkiem jego niech będzie *C*,



a *D* przyjmijmy za środek Ziemi i przeciągnijmy linię prostą *DBCA*. Odetnijmy także, poczynając od apogeum *A*, jakikolwiek łuk, mianowicie *AE*, równy 60 stopniom i wykreślmy linie łączące *DE* i *CE*. Otrzymamy tedy trójkąt *DCE*, w którym dane są dwa boki *CD* o 60 i 19 sześćdziesiątych częściach i *CE* o 5 i 11 sześćdziesiątych częściach, jak również wewnętrzny kąt *DCE*, pozostały z odcięcia od dwóch kątów prostych kąta *ACE*. Na mocy więc twierdzeń o trójkątach *DE* będzie wynosić takich samych części 63 i 4 sześćdziesiątych. Ale cała linia *DBA* miała 65 i pół części, przewyższając linię *ED* o 2 i 26 sześćdziesiątych części. Jak zaś *AB*, to jest 10 i 22 sześćdziesiąte części, ma się do 2 i 26 sześćdziesiątych części, tak się ma 60 do 14, co też zapiszmy w tabeli przy 60 stopniach. Podług tego przykładu wykonałem resztę i wypełniłem tablicę, jaka tu następuje, a nadto dodałem drugą — półśrednic Słońca, Księżyca i cienia Ziemi, aby, na ile to jest możliwe, mieć je podane.

TABLICA PARALAKS SŁOŃCA I KSIĘŻYCA

Liczby wspólne		Paralaksy Słońca		Odjemna różnica Księżyca dla pierwszej i drugiej granicy		Paralaksa Księżyca drugiej granicy		Paralaksa Księżyca trzeciej granicy		Dodatnia różnica Księżyca dla trzeciej i czwartej granicy		Minuty proporcjonalne epicykla B	Minuty proporcjonalne epicykla A
Stopnie	Stopnie	Minuty	Sekundy	Minuty	Sekundy	Minuty	Sekundy	Minuty	Sekundy	Minuty	Sekundy	Minuty	Minuty
6	354	0	10	0	7	2	46	3	18	0	12	0	0
12	348	0	19	0	14	5	33	6	36	0	23	1	0
18	342	0	29	0	21	8	19	9	53	0	34	3	1
24	336	0	38	0	28	11	4	13	10	0	45	4	2
30	330	0	47	0	35	13	49	16	26	0	56	5	3
36	324	0	56	0	42	16	32	19	40	1	6	7	5
42	318	1	5	0	48	19	5	22	47	1	16	10	7
48	312	1	13	0	55	21	39	25	47	1	26	12	9
54	306	1	22	1	1	24	9	28	49	1	35	15	12
60	300	1	31	1	8	26	36	31	42	1	45	18	14
66	294	1	39	1	14	28	57	34	31	1	54	21	17
72	288	1	46	1	19	31	14	37	14	2	3	24	20
78	282	1	53	1	24	33	25	39	50	2	11	27	23
84	276	2	0	1	29	35	31	42	19	2	19	30	26
90	270	2	7	1	34	37	31	44	40	2	26	34	29
96	264	2	13	1	39	39	24	46	54	2	33	37	32
102	258	2	20	1	44	41	10	49	0	2	40	39	35
108	252	2	26	1	48	42	50	50	59	2	46	42	38
114	246	2	31	1	52	44	24	52	49	2	53	45	41
120	240	2	36	1	56	45	51	54	30	3	0	47	44
126	234	2	40	2	0	47	8	56	2	3	6	49	47
132	228	2	44	2	2	48	15	57	23	3	11	51	49
138	222	2	49	2	3	49	15	58	36	3	14	53	52
144	216	2	52	2	4	50	10	59	39	3	17	55	54
150	210	2	54	2	4	50	55	60	31	3	20	57	56
156	204	2	56	2	5	51	29	61	12	3	22	58	57
162	198	2	58	2	5	51	56	61	47	3	23	59	58
168	192	2	59	2	6	52	13	62	9	3	23	59	59
174	186	3	0	2	6	52	22	62	19	3	24	60	60
180	180	3	0	2	6	52	24	62	21	3	24	60	60

TABLICA PROMIENI SŁOŃCA, KSIĘŻYCA I CIENIA

Liczby wspólne		Promień Słońca		Promień Księżyca		Promień cienia		Zmiana cienia
Stopnie	Stopnie	Minuty	Sekundy	Minuty	Sekundy	Minuty	Sekundy	Minuty
6	354	15	50	15	0	40	18	0
12	348	15	50	15	1	40	21	0
18	342	15	51	15	3	40	26	1
24	336	15	52	15	6	40	34	2
30	330	15	53	15	9	40	42	3
36	324	15	55	15	14	40	56	4
42	318	15	57	15	19	41	10	6
48	312	16	0	15	25	41	26	9
54	306	16	3	15	32	41	44	11
60	300	16	6	15	39	42	2	14
66	294	16	9	15	47	42	24	16
72	288	16	12	15	56	42	40	19
78	282	16	15	16	5	43	13	22
84	276	16	19	16	13	43	34	25
90	270	16	22	16	22	43	58	27
96	264	16	26	16	30	44	20	31
102	258	16	29	16	39	44	44	33
108	252	16	32	16	47	45	6	36
114	246	16	36	16	55	45	20	39
120	240	16	39	17	4	45	52	42
126	234	16	42	17	12	46	13	45
132	228	16	45	17	19	46	32	47
138	222	16	48	17	26	46	51	49
144	216	16	50	17	32	47	7	51
150	210	16	53	17	38	47	23	53
156	204	16	54	17	41	47	31	54
162	198	16	55	17	44	47	39	55
168	192	16	56	17	46	47	44	56
174	186	16	57	17	48	47	49	56
180	180	16	57	17	49	47	52	57

OBLICZANIE PARALAKSY SŁOŃCA I KSIĘŻYCA *rozdział XXV*

Przedstawię też pokrótce sposób obliczania paralaks Słońca i Księżyca za pomocą tabeli. Jeżeli mianowicie dla podwojonej odległości Słońca lub Księżyca od zenitu horyzontu weźmiemy występujące obok w tablicy paralaksy, dla Słońca wprawdzie jednorazowo, dla Księżyca natomiast w czterech jego granicach, oraz dla ruchu Księżyca, czyli podwojonej jego odległości od Słońca, pierwsze minuty proporcjonalne, wraz z którymi otrzymamy części proporcjonalne do 60 obu nadwyżek pierwszej i ostatniej granicy, a pierwsze z nich będziemy zawsze odejmować od najbliższej następnej paralaksy, drugie zaś zawsze dodawać do tej paralaksy, która zachodzi na przedostatniej granicy, to otrzymamy dwie poprawione paralaksy Księżyca w apogeum i perigeum, które epicykl mniejszy powiększa lub zmniejsza. Następnie przez anomalię Księżyca znajdziemy ostatnie minuty proporcjonalne, dla których z różnicy ostatnio znalezionych paralaks weźmiemy także część proporcjonalną i zawsze będziemy ją dodawać do pierwszej skorygowanej paralaksy, która występuje w apogeum, i wypadnie znowu szukana dla danego miejsca i czasu paralaksa Księżyca, jak w następującym przykładzie.

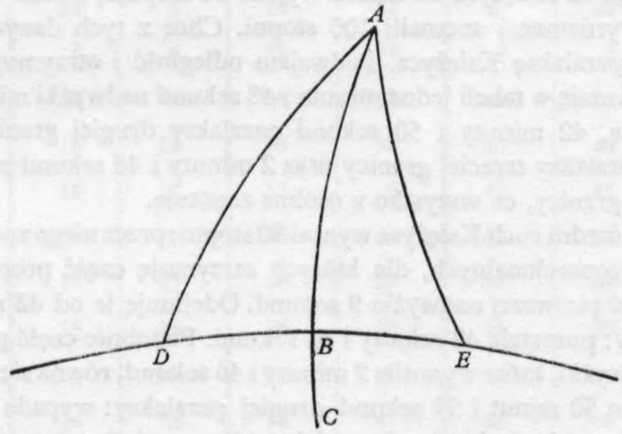
Niech odległość Księżyca od zenitu wynosi 54 stopnie, średni ruch Księżyca 15 stopni, a wyrównanej anomalii 100 stopni. Chcę z tych danych za pomocą tabeli znaleźć paralaksę Księżyca. Podwajam odległość i otrzymuję 108 stopni, którym odpowiadają w tabeli jedna minuta i 48 sekund nadwyżki między pierwszą i drugą granicą, 42 minuty i 50 sekund paralaksy drugiej granicy, 50 minut i 59 sekund paralaksy trzeciej granicy oraz 2 minuty i 46 sekund nadwyżki trzeciej i czwartej granicy, co wszystko z osobna zanotuję.

Podwojony średni ruch Księżyca wynosi 30 stopni: przez niego znajduję 5 pierwszych minut proporcjonalnych, dla których otrzymuję część proporcjonalną do 60, i jest nią od pierwszej nadwyżki 9 sekund. Odejmuję je od 42 minut i 50 sekund paralaksy: pozostają 42 minuty i 41 sekund. Podobnie część proporcjonalna od drugiej nadwyżki, która wynosiła 2 minuty i 46 sekund, równa się 14 sekundom, które dodaję do 50 minut i 59 sekund drugiej paralaksy: wypada 51 minut i 13 sekund. Różnica zaś między tymi paralaksami wynosi 8 minut i 32 sekundy. Następnie przez stopnie wyrównanej anomalii biorę ostatnie minuty proporcjonalne, których jest 34, i przez nie otrzymuję od różnicy 8 minut i 32 sekund część proporcjonalną wynoszącą 4 minuty i 50 sekund, którą dodaję do pierwszej wyrównanej paralaksy, co w sumie daje 47 minut i 31 sekund.

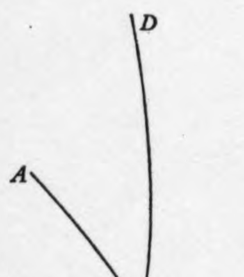
I to będzie szukana paralaksa Księżyca na kole wysokości. A jednak, skoro wszelkie inne paralaksy Księżyca tak mało się różnią od tych, które przypadają w pełni i nowiu, wydaje się, że byłoby rzeczą wystarczającą, jeżeli wszędzie utrzymamy się w średnich granicach, których najbardziej potrzebujemy dla wyznaczania zaćmień. Co do pozostałych, nie zależy na tak wielkiej dokładności, która będzie może uważana za przynoszącą mniej pożytku niż ciekawości.

SPOSÓB ROZPOZNAWANIA PARALAKS DŁUGOŚCI I SZEROKOŚCI *rozdział XXVI*

Rozróżnia się mianowicie paralaksę w długości i szerokości samą w sobie, czyli jako taką, która jest między Słońcem i Księżycem, podług łuków i kątów przecinających się kół, zodiaku i tego koła, które przechodzi przez bieguny horyzontu. Jest bowiem rzeczą oczywistą, że gdy to koło przetnie zodiak pod kątami prostymi, nie tworzy żadnej paralaksy długości, lecz przechodzi ona w całości na szerokość, ponieważ koło szerokości jest zarazem kołem wysokości. A kiedy zachodzi odwrotny wypadek, że zodiak stoi prostopadle do horyzontu i staje się identyczny z kołem wysokości, wtedy Księżyc, jeżeli nie będzie miał wcale szerokości, nie dopuszcza innej paralaksy, jak tylko długości, przesunąwszy się zaś w szerokość, nie uniknie jakiejś paralaksy długości. Jeżeli, na przykład, *ABC* byłoby zodiakiem, który by stał prostopadle do horyzontu, *A* zaś byłoby biegunem horyzontu, to koło *ABC* będzie zarazem kołem wysokości Księżyca pozbawionego szerokości, którego miejscem będzie *B*, a cała jego paralaksa *BC* będzie w długości.

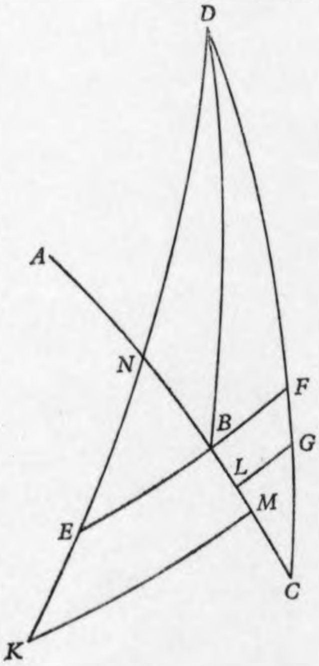


Gdy natomiast będzie posiadał także szerokość, to po nakreśleniu przechodzącego przez bieguny zodiaku koła *DBE* i po przyjęciu *DB* lub *BE* za szerokość Księżyca jasne się staje, że bok *AD* lub *AE* nie będzie równy bokowi *AB*, ani też kąt przy *D* lub *E* nie będzie prosty, ponieważ koła *DA* i *AE* nie przechodzą przez bieguny koła *DBE*, i że paralaksa będzie miała coś z szerokości, i to tym więcej, im bliżej zenitu będzie Księżyc. Gdy bowiem *DE*, podstawa trójkąta *ADE*, pozostaje ta sama, a boki *AD* i *AE* będą krótsze, to utworzą one przy podstawie ostrzejsze kąty. A im bardziej Księżyc będzie się oddalać od zenitu, będą się stawać te kąty coraz podobniejsze do prostych.



Niech teraz do zodiaku *ABC* będzie nachylone koło wysokości Księżyca *DBE*, nie mającego szerokości, jak to na przecięciu zaćmieniowym, którym niech będzie *B*, paralaksą zaś na kole wysokości niech będzie *BE*, i nakreślmy łuk *EF* koła przechodzącego przez bieguny koła *ABC*. Ponieważ tedy kąt *EBF* trójkąta *BEF*, jak to wyżej zostało wykazane, jest dany, a kąt przy *F* jest prosty, i dany jest także bok *BE*, na podstawie przeto twierdzeń o trójkątach sferycznych dane są pozostałe boki *BF* i *FE*, odpowiadające — drugi w szerokości, pierwszy w długości — paralaksie *BE*. Ponieważ jednak *BE*, *EF* i *FB* z powodu swej krótkości bardzo niewiele i niedostrzegalnie różnią się od linii prostych, nie popełnimy błędu, jeżeli będziemy się posługiwać trójkątem prostokątnym też jako prostoliniowym, a przez to się stanie rachunek łatwiejszy.

Trudniejszy jest rachunek dla Księżyca mającego szerokość. Nakreślmy więc znowu zodiak *ABC*, w który niech się wcina ukośnie koło *DB*, przechodzące przez bieguny horyzontu, *B* niech będzie miejscem długości Księżyca, a szerokością północną *FB* lub południową *BE*. Od zenitu horyzontu, którym niech będzie *D*, poprowadźmy przez sam Księżyc koła wysokości *DEK* i *DFC*, na których niech będą paralaksy *EK* i *FG*. Prawdziwe więc miejsca Księżyca w długości i szerokości będą w punktach *E* i *F*, widziane zaś w *K* i *G*, z których poprowadźmy pod kątami prostymi do zodiaku *ABC* łuki *KM* i *LG*. Gdy więc będzie wiadoma długość i szerokość Księżyca oraz szerokość miejscowości, będą znane w trójkącie *DEB* dwa boki *DB* i *BE* oraz kąt przecięcia *ABD* i wraz z kątem prostym cały kąt *DBE*, a stąd będzie także dany pozostały bok *DE* wraz z kątem *DEB*. Podobnie gdy w trójkącie *DBF* będą dane dwa boki *DB* i *BF* wraz z kątem *DBF*, który jest różnicą kąta prostego i kąta *ABD*, dany też będzie bok *DF* wraz z kątem *DFB*. Dla obu więc łuków *DE* i *DF* dane są z tabeli paralaksy *EK* i *FG*, a nadto prawdziwa odległość Księżyca od zenitu *DE* lub *DF*, podobnie jak też widziana *DEK* lub *DFG*. Ale w trójkącie *EBN*, powstałym z przecięcia się łuku *DE* z zodiakiem w punkcie *N*, dany jest kąt *NEB* i kąt prosty *NBE* wraz z podstawą *BE*: wiadomy też będzie pozostały kąt *BNE* wraz z pozostałymi bokami *BN* i *NE*. Podobnie też w całym trójkącie *NKM* z danych kątów *M* i *N* oraz z całego boku *KEN* wiadoma będzie podstawa *KM*. I to jest właśnie widziana szerokość południowa Księżyca, której nadwyżka nad *EB* jest paralaksą szerokości, i dany jest też pozostały bok *NBM*, po odjęciu od którego *NB* pozostaje paralaksa długości *BM*.



Tak też, gdy w północnym trójkącie *BFC* dany będzie bok *BF* z kątem *BFC* i kątem prostym *B*, dane są pozostałe boki *BLC* i *FGC* wraz z pozostałym kątem *C*, a po odjęciu *FG* od *FGC* pozostaje *GC* jako dany bok w trójkącie *GLC* z dwoma kątami *LCG* i prostym *CLG*, wobec czego dane są pozostałe boki *GL* i *LC*, a stąd reszta z *BC*, to jest *BL*, jest paralaksą długości, *GL* zaś widzianą szerokością, której paralaksą jest nadwyżka prawdziwej szerokości *BF*. Atoli, jak to widać, powyższe obliczenie, w którym operuje się bardzo małymi wielkościami, więcej przysparza roboty niż korzyści. Wystarczy więc, jeżeli zamiast kąta *DCB* będziemy się posługiwać kątem *ABD*, a zamiast kąta *DEB* kątem *DBF*, i po prostu, jak przedtem, nie uwzględniając szerokości Księżyca, zamiast łuków *DE* i *EF* zawsze średnim łukiem *DB*: z tego bowiem powodu nie pojawi się żaden błąd, zwłaszcza w okolicach północnej strony, natomiast w częściach dalekiego południa, gdzie *B* przy największej szerokości pięciu stopni i podczas największego zbliżenia się Księżyca do Ziemi dotknie zenitu horyzontu, różnica wynosi prawie 6 minut. W czasie zaś zaćmieniowych koniunkcji Słońca, przy których szerokość Księżyca nie może przekroczyć półtora stopnia, różnica ta może wynosić tylko jedną i trzy czwarte minuty.

Z tego więc jasno widać, że do prawdziwego miejsca Księżyca we wschodniej ćwiartce zodiaku zawsze dodaje się paralaksę długości, w innej zaś ćwiartce zawsze się ją odejmuje, aby otrzymać widzianą długość Księżyca, a z paralaksy szerokości widzianą szerokość. Jeżeli bowiem obie będą w tej samej stronie, razem się zsumowują, jeżeli zaś w przeciwnych, odejmuje się mniejszą od większej, a to, co pozostaje, jest widzianą szerokością tej samej strony, na którą większa się przechyla.

POTWIERDZENIE WYWODÓW O PARALAKSACH KSIĘŻYCA *rozdział XXVII*

Otóż to, że tak przedstawione paralaksy Księżyca zgodne są ze zjawiskami, mogę poprzeć wielu innymi obserwacjami, jaką jest też ta, której dokonałem w Bolonii dziewiątego marca 1497 roku Chrystusa po zachodzie Słońca. Przypatrywałem się mianowicie temu, jak Księżyc miał zasłonić błyszczącą gwiazdę spośród Hyad, zwaną przez Rzymian Palilicium, i doczekawszy się tego, zobaczyłem gwiazdę dotykającą ciemnej części globu Księżyca i pod koniec piątej godziny w nocy już ukrywającą się między rogami Księżyca, bliżej jednak południowego rogu o jedną trzecią prawie szerokości, czyli średnicy Księżyca. A ponieważ gwiazda według obliczenia była na dwóch stopniach i 52 minutach Bliźniąt przy szerokości południowej pięciu i jednej szóstej stopnia, oczywistą było rzeczą, że środek Księżyca widomie wyprzedzał gwiazdę o połowę średnicy i dlatego widziane jego miejsce wynosiło w długości 2 stopnie i 36 minut, a w szerokości 5 stopni i około 6 minut.

Od początku zatem lat Chrystusa upłynęło 1497 lat egipskich, 76 dni i 23 godziny w Bolonii, a w Krakowie, który leży o około 9 stopni bardziej na wschód, 23 godziny i 36 minut, do których czas równy dodaje 4 minuty. Słońce zaś znajdowało się na 28 i pół stopniach Ryb, równomierny więc ruch Księżyca od Słońca wynosił 74 stopnie, wyrównana anomalia 111 stopni i 10 minut, prawdziwe miejsce Księżyca 3 stopnie i 24 minuty Bliźniąt, a szerokość południowa 4 stopnie i 35 minut. Prawdziwy bowiem ruch szerokości miał 203 stopnie i 41 minut. W Bolonii wschodził wtedy także pod kątem 59 i pół stopnia 26 stopień Skorpiona, Księżyc znajdował się od zenitu horyzontu o 84 stopnie, a kąt przecięcia koła wysokości i zodiaku wynosił około 29 stopni, paralaksa Księżyca w długości jeden stopień i 51 minut, w szerokości zaś 30 minut, co zupełnie zgadza się z obserwacją, tak że tym mniej mógłby ktokolwiek powątpiewać, że moje hipotezy i wynikające z nich wnioski są słuszne.

ŚREDNIE KONIUNKCJE I OPOZYCJE SŁOŃCA I KSIĘŻYCA *rozdział XXVIII*

Z tego, co dotychczas zostało powiedziane o ruchu Słońca i Księżyca, wyłania się sposób badania ich koniunkcji i opozycji. Dla czasu mianowicie już bliskiego, w którym, jak oceniłem, nastąpi jedno lub drugie, będziemy szukać równego ruchu Księżyca i jeżeli stwierdzimy, że obiegł on już pełne koło, wiemy, że na półkolu jest całkowita koniunkcja. Lecz ponieważ zbyt rzadko to się przytrafia, należy wziąć pod uwagę odległość między nimi i gdy ją podzielimy przez dzienny ruch Księżyca, dowiemy się w miarę tego, jak otrzymamy dla ruchu liczbę większą lub mniejszą, na ile czasu jedno z dwóch zjawisk nastąpiło już przedtem albo nastąpi potem. Dla tego więc czasu będziemy szukali ruchów i miejsc, z których wyliczymy prawdziwe momenty nowiu i pełni księżycowych i odróżnimy zaćmieniowe ich koniunkcje od innych, jak to niżej pokażę. Gdy te dane raz ustalimy, można będzie za pomocą tabeli dwunastu miesięcy, zawierającej czasy i równe ruchy anomalii Słońca i Księżyca oraz szerokości Księżyca, rozciągnąć ich zastosowanie do dowolnych innych miesięcy i na kilka dalszych lat, dodając poszczególne pozycje do odpowiednich, też równych, ruchów przedtem znalezionych. Słusznie jednak dodam anomalię Słońca, aby od razu mieć ją wyrównaną, w okresie bowiem jednego lub kilku lat nie da się zauważyć jej zróżnicowania z powodu powolności jej początku, to jest najwyższej absydy.

TABLICA KONIUNKCJI I OPOZYCJI SŁOŃCA I KSIĘŻYCA

Miesiące	Jednostki czasu				Ruch anomalii Księżyca				Ruch szerokości Księżyca			
	Dni	Minuty	Sekundy	Tercje	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy
1	29	31	50	9	0	25	49	0	0	30	40	14
2	59	3	40	18	0	51	38	0	1	1	20	28
3	88	35	30	27	1	17	27	1	1	32	0	42
4	118	7	20	36	1	43	16	1	2	2	40	56
5	147	39	10	45	2	9	5	2	2	33	21	10
6	177	11	0	54	2	34	54	2	3	4	1	24
7	206	42	51	3	3	0	43	2	3	34	41	38
8	236	14	41	12	3	26	32	3	4	5	21	52
9	265	46	31	21	3	52	21	3	4	36	2	6
10	295	18	21	30	4	18	10	3	5	6	42	20
11	324	50	11	39	4	43	59	4	5	37	22	34
12	354	22	1	48	5	9	48	4	0	8	2	48

DLA POŁOWY MIESIĄCA MIĘDZY PEŁNIĄ I NOWIEM KSIĘŻYCA

	14	45	55	4½	3	12	54	30	3	15	20	7

RUCH ANOMALII SŁOŃCA

Miesiące	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Miesiące	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy
1	0	29	6	18	7	3	23	44	7
2	0	58	12	36	8	3	52	50	25
3	1	27	18	54	9	4	21	56	43
4	1	56	25	12	10	4	51	3	1
5	2	25	31	31	11	5	20	9	20
6	2	54	37	49	12	5	49	15	38

DLA POŁOWY MIESIĄCA

					½	0	14	33	9

BADANIE PRAWDZIWYCH KONIUNKCJI I OPOZYCJI SŁOŃCA I KSIĘŻYCA *rozdział XXIX*

Gdy będziemy mieli, jak zostało powiedziane, czas średniej koniunkcji lub opozycji tych ciał niebieskich wraz z ich ruchami, to dla znalezienia prawdziwych niezbędna jest prawdziwa ich odległość, o którą nawzajem się wyprzedzają lub następują po sobie. Jeżeli bowiem Księżyc w koniunkcji lub opozycji będzie przed Słońcem, oczywistą jest rzeczą, że prawdziwa dopiero nastąpi, jeżeli zaś Słońce, to prawdziwa koniunkcja czy opozycja, której szukamy, już przeminęła. Wynika to jasno z prostaferezy obu. Jeżeli bowiem będą one zerowe lub równe i tej samej wartości, mianowicie takie, że obie są dodatnie lub odjemne, wiadomo jest, że w tym samym momencie prawdziwe koniunkcje lub opozycje schodzą się ze średnimi. Jeżeli zaś będą nierówne, sama nadwyżka wskazuje ich odległość oraz to, że to ciało niebieskie wyprzedza lub następuje, którego nadwyżka jest dodatnia lub odjemna. Gdy jednak będą zwrócone w przeciwne strony, to o tyle bardziej będzie wyprzedzać to ciało niebieskie, którego prostafereza będzie odjemna, dodane zaś razem dają w sumie odległość między nimi.

Z niej ocenimy, w ilu całych godzinach może ją Księżyc przebyć, biorąc za każdy stopień odległości dwie godziny: jeżeli, na przykład, w odległości będzie się mieścić około 6 stopni, to przyjmiemy dla nich 12 godzin. Dla tego więc tak ustalonego odstępu czasu będziemy szukać prawdziwego oddalenia Księżyca od Słońca, co łatwo urzeczywistnimy, gdy będziemy wiedzieć, że średni ruch Księżyca w ciągu dwóch godzin pokonuje jeden stopień i jedną minutę, godzinny zaś i prawdziwy ruch samej anomalii przy pełni i nowiu Księżyca wynosi około 50 minut, co w ciągu sześciu godzin da w sumie ruch równomierny 3 stopni i tyluż minut, a prawdziwe przesunięcie się anomalii na 5 stopni, dla których wyszukamy w tabeli prostaferez księżycowych różnicę między samymi prostaferezami, i dodamy ją do średniego ruchu, jeżeli anomalia będzie w dolnej części koła, albo odejmiemy, jeżeli w górnej, otrzymana bowiem suma lub różnica jest prawdziwym ruchem Księżyca w ciągu danych godzin. Wystarcza więc, jeżeli ten ruch będzie równy poprzednio istniejącej odległości. W przeciwnym razie odległość pomnożoną przez oszacowaną liczbę godzin podzielimy przez ten ruch albo pojedynczą odległość podzielimy przez otrzymany prawdziwy ruch godzinny: wypadnie tedy w godzinach i minutach prawdziwa różnica czasu między średnią i prawdziwą koniunkcją lub opozycją. Dodamy ją do czasu średniej koniunkcji lub opozycji, jeżeli Księżyc znajdzie się przed Słońcem lub miejscem diametralnie przeciwległym Słońcu, albo odejmiemy, jeżeli będzie za nim, i otrzymamy czas prawdziwej koniunkcji lub opozycji. Chociaż przyznaję, że także nierównomierność Słońca cośkolwiek go powiększa lub zmniejsza, lecz słusznie nie trzeba brać tego pod uwagę, ponieważ w całym biegu i przy największym nawet oddaleniu, które rozciąga się ponad siedem stopni, nie może to dać nawet jednej pełnej minuty. Powyższy więc sposób określania lunacji jest bardziej pewny. Ci bowiem, którzy opierają się wyłącznie na godzinnym ruchu Księżyca, nazywanym godzinną nadwyżką, niekiedy na tym się zawodzą i dość często muszą obliczenie powtórzyć. Księżyc bowiem jest zmienny również z godziny na godzinę i nie pozostaje sobie równy. Dla czasu więc prawdziwej koniunkcji lub opozycji będziemy obliczać prawdziwy ruch szerokości, aby poznać samą szerokość Księżyca oraz prawdziwe miejsce Słońca od równonocy wiosennej, to jest na znakach zwierzyńcowych, z czego także się wnioskuje o identycznym lub wprost przeciwnym miejscu Księżyca. A ponieważ tego rodzaju czas rozumie się jako średni i równy dla południka krakowskiego, sprowadzimy go w sposób wyżej podany do czasu naturalnego. Jeżeli zaś zechcemy ustalić te dane dla którejkolwiek innej miejscowości poza Krakowem, uwzględnimy jej długość i za każdy stopień tej długości weźmiemy 4 minuty godzinne, za każdą zaś minutę długości 4 sekundy godzinne, które dodamy do czasu krakowskiego, jeżeli ta inna miejscowość będzie położona bardziej na wschód, a odejmiemy, jeżeli bardziej na zachód, otrzymana zaś różnica albo suma będzie czasem koniunkcji lub opozycji Słońca i Księżyca.

SPOSÓB ODRÓŻNIANIA ZAĆMIENIOWYCH KONIUNKCJI I OPOZYCJI SŁOŃCA I KSIĘŻYCA OD INNYCH *rozdział XXX*

Czy zaś te zjawiska były zaćmieniowe, czy nie, to w odniesieniu przynajmniej do Księżyca łatwo rozpoznać. Jeżeli bowiem jego szerokość będzie mniejsza od połowy średnic Księżyca i cienia, Księżyc ulegnie zaćmieniu, jeżeli zaś większa, to nie ulegnie. Ze Słońcem natomiast jest znacznie więcej trudności, ponieważ wtrąca się tu paralaksa obu ciał, z powodu której widziana koniunkcja różni się przeważnie od prawdziwej. Gdy więc obliczymy, jaka jest paralaksa w długości między Słońcem i Księżycem w czasie prawdziwej koniunkcji, w podobny sposób poszukamy dla czasu jednej godziny poprzedzającej prawdziwą koniunkcję we wschodniej ćwiartce zodiaku, lub dla następującej po niej w zachodniej, widomej odległości Księżyca od Słońca, aby się dowiedzieć, o ile Księżyc w ciągu godziny widomie się oddala od Słońca.

Gdy więc przez ten ruch godzinny podzielimy ową paralaksę długości, otrzymamy różnicę czasu między prawdziwą i widzianą koniunkcją. Kiedy się ją odejmie od czasu prawdziwej koniunkcji we wschodniej części zodiaku lub doda w zachodniej (tam bowiem widziana koniunkcja wyprzedza prawdziwą, tu zaś następuje po niej), wypadnie szukany czas prawdziwej koniunkcji. Dla tego więc czasu obliczymy z otrzymanej paralaksy Słońca widzianą szerokość Księżyca od Słońca, czyli odległość między środkami Słońca i Księżyca w widzianej koniunkcji. Jeżeli ta szerokość będzie większa od połowy średnic Słońca i Księżyca, Słońce nie ulegnie zaćmieniu, jeżeli zaś mniejsza, to ulegnie. Z tego też jest widoczne, że jeżeli Księżyc w czasie prawdziwej koniunkcji nie spowoduje żadnej paralaksy długości, widziana właśnie koniunkcja będzie zarazem prawdziwa, co zachodzi przy dziewięćdziesiątym stopniu zodiaku liczonym od wschodu lub zachodu.

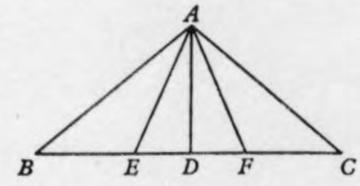
WIELKOŚĆ ZAĆMIENIA SŁOŃCA I KSIĘŻYCA *rozdział XXXI*

Kiedy więc zorientujemy się, że Słońce lub Księżyc ulegnie zaćmieniu, łatwo także dowiemy się, jak wielkie będzie ich zaćmienie, przynajmniej co do Słońca, z różnicy widomej szerokości, która występuje między Słońcem i Księżycem w czasie widzialnej koniunkcji. Jeżeli bowiem odejmiemy ją od połowy średnic Słońca i Księżyca, pozostaje to, co wzdłuż średnicy na Słońcu ulegnie zaćmieniu. Gdy to pomnożymy przez 12, a iloczyn podzielimy przez średnicę Słońca, otrzymamy liczbę zaciemnionych jej cali. Jeżeli zaś między Słońcem i Księżycem nie będzie żadnej różnicy w szerokości, zaćmieniu ulegnie całe Słońce lub tak wielka jego część, jaką Księżyc będzie mógł zasłonić.

W ten sam niemal sposób postępuje się również przy zaćmieniu Księżyca, z tym tylko, że zamiast jego widomej szerokości posługujemy się zwykłą, po odjęciu której od połowy średnic Księżyca i cienia pozostaje zaćmiona część Księżyca, byleby tylko szerokość Księżyca w jego średnicy nie była mniejsza od połowy średnic, wtedy bowiem cały się zaciemni, a nadto mniejsza szerokość przedłuży także nieco pobyt w zaciemnieniu, który będzie najdłuższy wówczas, kiedy szerokość będzie nic nie znacząca, co, jak sądzę, po zastanowieniu się jest zupełnie jasne. Gdy zatem podczas częściowego zaćmienia Księżyca pomnożymy część zaćmioną przez dwanaście, a iloczyn podzielimy przez średnicę Księżyca, otrzymamy liczbę zaciemnionych cali zupełnie tak, jak o tym była mowa w odniesieniu do Słońca.

OKREŚLANIE PRZEWIDYWANEGO CZASU TRWANIA ZAĆMIENIA *rozdział XXXII*

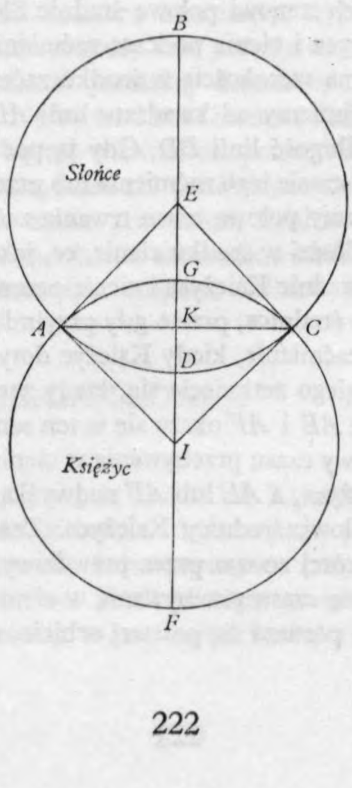
Pozostaje rozpatrzyć, jak długo będzie trwać zaćmienie. Zaznaczyć tu należy, że łukami, które się znajdują między Słońcem, Księżycem i cieniem, posługuję się jakby liniami prostymi z powodu ich małej wielkości, dzięki której wydają się niczym się nie różnić od prostej linii. Przyjąwszy tedy w punkcie *A* środek Słońca lub cienia, a linię *BC* jako trasę tarczy Księżyca, którego środkiem podczas zetknięcia się ze Słońcem lub cieniem na początku wchodzenia w cień niech będzie *B*, a przy końcu wynurzania się *C*, połączmy je liniami *AB* i *AC* i spuśćmy do linii *BC* prostopadłą *AD*. Oczywistą jest rzeczą, że gdy środek Księżyca znajdzie się w *D*, nastąpi środek zaćmienia, linia bowiem *AD* jest najkrótsza z pozostałych wychodzących z *A*, a linia *BD* równa linii *DC*, ponieważ także linie *AB* i *AC* są równe, jako że każda z nich stanowi połowę średnic Słońca i Księżyca w czasie zaćmienia Słońca, a Księżyca i cienia podczas zaćmienia Księżyca, linia zaś *AD* jest prawdziwą lub widzianą szerokością w środku zaćmienia. Gdy więc kwadrat utworzony z linii *AD* odejmiemy od kwadratu linii *AB*, pozostaje kwadrat linii *BD*: dana zatem będzie długość linii *BD*. Gdy ją podzielimy przez prawdziwy ruch godzinny Księżyca w czasie jego zaćmienia lub przez ruch widzialny podczas zaćmienia Słońca, otrzymamy połowę czasu trwania zaćmienia. Ponieważ jednak Księżyc często przebywa dłużej w środku cienia, co, jak powiedziałem, zdarza się wtedy, gdy połowa sumy średnic Księżyca i cienia przewyższy szerokość Księżyca o więcej, niż wyniesie jego średnica, przeto gdy przyjmiemy *E* za środek Księżyca na początku całkowitego zaćmienia, kiedy Księżyc dotyka obwodu cienia od wewnątrz, a *F* w czasie drugiego zetknięcia się, kiedy zaczyna się wynurzać, to po nakreśleniu linii łączących *AE* i *AF* okaże się w ten sam sposób, jak poprzednio, że *ED* i *DF* stanowią połowy czasu przebywania w cieniu, a to dlatego, że *AD* jest wiadomą szerokością Księżyca, a *AE* lub *AF* nadwyżką, o którą połowa średnicy cienia większa jest od połowy średnicy Księżyca. Znana więc będzie linia *ED* lub *DF*, po podzieleniu której znowu przez prawdziwy ruch godzinny Księżyca, otrzymamy szukaną połowę czasu przebywania w cieniu. Należy jednak zwrócić tu uwagę, że gdy Księżyc porusza się po swej orbicie, nie odcina części długości

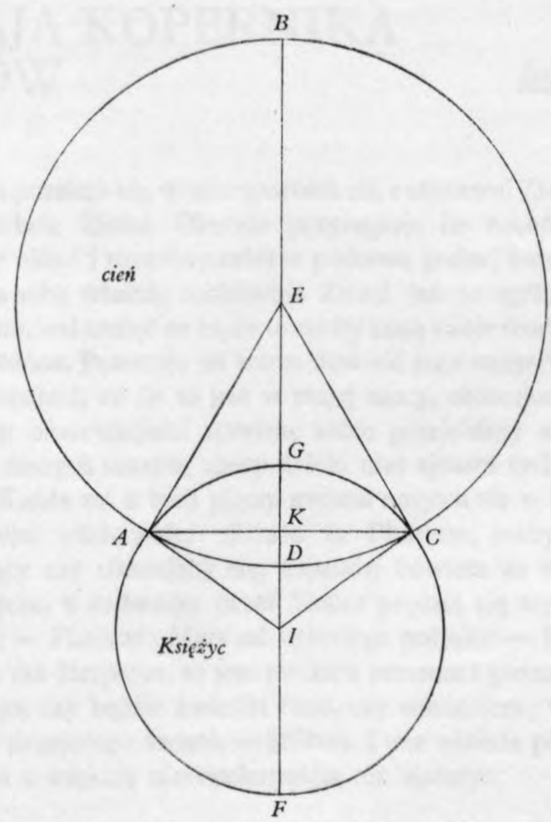


zodiaku zupełnie równych tym, które są na jego własnej orbicie i które przepoławiają koła przechodzące przez bieguny zodiaku. Różnica jednak jest bardzo mała, tak że na całej odległości, wynoszącej od przecięcia zaćmieniowego 12 stopni, które stanowią najdalszą niemal granicę zaćmień Słońca i Księżyca, łuki tych kół nie różnią się między sobą nawet o dwie minuty, co stanowiłoby piętnastą część godziny. Z tego powodu posługuję się często jednym łukiem zamiast drugiego jakby identycznymi. Tak też posługuję się w skrajnych momentach zaćmień tą samą szerokością Księżyca, co w środku zaćmienia, jakkolwiek sama szerokość Księżyca zawsze wzrasta lub maleje i dlatego czasy wchodzenia i wynurzania się z cienia stają się niezupełnie równe, różnica jednak jest tak nieznaczna, że wydaje się, iż daremnie straciłby czas, kto by miał zamiar dokładniej tego dochodzić. W ten właśnie sposób zostały przedstawione pory, czasy trwania i wielkości zaćmień wzdłuż średnic.

Skoro jednak wielu jest zdania, że nie podług średnic, lecz powierzchni należy określać części zaciemnione (nie linie bowiem, lecz powierzchnie zaciemniają się), niech tedy *ABCD* będzie kołem Słońca lub cienia, jego środkiem *E*, nadto *AFCG* kołem Księżyca, a jego środkiem *I*, i niech te koła nawzajem się przecinają w punktach *A* i *C*, a przez oba środki poprowadźmy prostą *BEIF* i nakreślmy linie łączące *AE*, *EC*, *IA* i *IC* oraz *AKC* prostopadłą do linii *BF*. Z tych danych chcemy się dowiedzieć, jak wielka jest zaciemniona powierzchnia *ADCG*, czyli ile zawiera dwunastych części całej tarczy zaciemnionego częściowo Słońca lub Księżyca. Ponieważ tedy z powyższych elementów dane są połowy średnic obu kół *AE* i *AI*, a także odległość między środkami, czyli szerokość Księżyca *EI*, mamy trójkąt *AEI* o danych bokach i stąd też na mocy poprzednich dowodów także o danych kątach, któremu podobny i równy jest trójkąt *EIC*.

Będą więc dane łuki *ADC* i *AGC* w stopniach, jakich okręg koła ma 360. Poza tym Archimedes z Syrakuz w *Wymiarach koła* podał, że stosunek okręgu koła do średnicy jest mniejszy niż trzy i jedna siódma, a większy niż trzy i dziesięć siedemdziesiątych pierwszych. Ptolemeusz przyjmuje pośredni między nimi sto-





sunek jako trzech oraz ośmiu pierwszych i 30 wtórnych sześćdziesiątych części do jednego. Z tego stosunku wiadome też będą łuki *AGC* i *ADC* w tych samych częściach, w jakich były średnice owych kół, lub *AE* i *AI*, a także powierzchnie objęte liniami *EA* i *AD* oraz *IA* i *AG*, odpowiednio równe wycinkom *AEC* i *AIC*. Lecz także w trójkątach równoramiennych *AEC* i *AIC* dana jest wspólna podstawa *AKC* i wysokości *EK* i *KI*. Dany więc jest też iloczyn *AK* i *KE*, to jest powierzchnia trójkąta *AEC*, i podobnie iloczyn *AK* i *KI*, powierzchnia trójkąta *ACI*. Gdy więc oba trójkąty odejmie się od obu ich wycinków, pozostaną odcinki kół *AGC* i *ADC*, z których składa się cała szukana powierzchnia *ADCG*. A nawet dana jest cała powierzchnia koła, którą wyraża iloczyn *BE* i *BAD* przy zaćmieniu Słońca, albo *FI* i *FAG* przy zaćmieniu Księżyca. Ile więc dwunastych części całego koła, czy to Słońca, czy Księżyca, wynosi sama zaćmiona część *ADCG*, jasno stąd się okaże.

Niech wystarczy to tylko o Księżycu, co inni obszerniej opracowali, mnie bowiem spieszno do obrotów pięciu pozostałych ciał niebieskich, o których będzie mowa w następnych księgach.

Koniec czwartej księgi *Obrotów*.

MIKOŁAJA KOPERNIKA OBROTÓW *księga piąta*

Do tej chwili uporałem się, w miarę swoich sił, z obrotami Ziemi dokoła Słońca oraz Księżyca dokoła Ziemi. Obecnie przystępuję do ruchów pięciu planet, u których kolejny układ i rozmiary orbit w podziwu godnej harmonii i określonej proporcji wiąże z sobą właśnie ruchliwość Ziemi, jak to ogólnie przedstawiłem w pierwszej księdze, wskazując na to, że te orbity mają swoje środki nie przy Ziemi, lecz raczej przy Słońcu. Pozostaje mi zatem dowieść tego wszystkiego szczegółowo i wyraźniej oraz spełnić, na ile to jest w mojej mocy, obietnice, posłużywszy się przede wszystkim obserwacjami zjawisk, które przejęliśmy zarówno ze starożytnych, jak też naszych czasów, ażeby dzięki nim system tych ruchów był bardziej określony. Każda zaś z tych pięciu gwiazd nazywa się w Platońskim *Timajosie* według swojej właściwości: Saturn to Phaenon, jakby — powiedzielibyśmy — świecący czy ukazujący się, najmniej bowiem ze wszystkich innych pozostaje w ukryciu, a zasłonięty przez Słońce prędzej się wynurza; Jowisz od świetnego blasku — Phaëton; Mars od ognistego połysku — Pyrios, Wenus raz to Phospohros, a raz Hesperos, to jest gwiazda poranna i gwiazda wieczorna, odpowiednio do tego, czy będzie świeciła rano, czy wieczorem; wreszcie Merkury od migotliwego i drgającego światła — Stilbon. I one właśnie poruszają się w długości i szerokości z większą nieregularnością niż Księżyc.

ICH OBROTY I ŚREDNIE RUCHY *rozdział I*

Dwa są u nich widoczne najbardziej odmienne ruchy w długości. Jeden jest rezultatem ruchu Ziemi, o którym mówiłem, drugi jest właściwy dla każdej z osobna. Pierwszy nie bez słuszności przyjęto nazywać ruchem paralaksy, ponieważ on to właśnie jest tym, który sprawia, że u nich wszystkich występują momenty postoju, posuwania się naprzód i cofania się wstecz, nie dlatego, iżby planeta, która postępuje zawsze naprzód własnym ruchem, takiemu ulegała wahaniu, lecz dlatego, że taką się przedstawia w rytmie paralaksy, którą powoduje ruch Ziemi odpowiednio do różnicy i wielkości ich orbit.

Jest przeto rzeczą oczywistą, że prawdziwe miejsca Saturna, Jowisza i Marsa wtedy tylko stają się dla nas dostrzegalne, gdy wzejdą o zachodzie słońca, co się zdarza prawie w połowie ruchów wstecznych: wówczas bowiem wolne od owej paralaksy schodzą się ze średnim miejscem Słońca na linii prostej. Natomiast przy Wenus i Merkurym zachodzi inny układ. Wówczas bowiem, zupełnie zanurzone w blasku słonecznym, są one niewidoczne i pokazują jedynie swoje odchylenia, jakie robią w obie strony od Słońca, tak że nigdy się nie przytrafiają bez tej paralaksy. Każda zatem planeta posiada swój własny obrót paralaksy, to jest ruchu Ziemi w odniesieniu do planety, który one same między sobą uzgadniają. Twierdzę bowiem, że ruch paralaksy nie jest niczym innym jak tylko tym ruchem, w którym równy ruch Ziemi przewyższa ruch tamtych, jak przy Saturnie, Jowiszu i Marsie, albo jest przezeń przewyższany, jak przy Wenus i Merkurym. Ponieważ zaś takie okresy paralaks okazują się nierówne o wyraźną różnicę, starożytni doszli do przekonania, że również ruchy tych gwiazd są nierówne i że mają absydy kół, do których ich nierówność powraca, i które, jak mniemali, mają niezmienne miejsca na sferze gwiazd stałych. Dzięki temu założeniu stanęła otworem droga do dokładnego poznania ich średnich ruchów i równych okresów. Gdy bowiem mieli przekazane ku pamięci położenie którejś z nich podług określonej odległości od Słońca i gwiazdy stałej i stwierdzili, że po pewnym przeciągu czasu to ciało niebieskie dotarło przy takiejże odległości Słońca do tego samego miejsca, wydawało się im, że planeta przebiegła całą nierówność i przez wszystkie stadia wróciła do poprzedniego względem Ziemi położenia. I tak za pomocą czasu, jaki upłynął, obliczyli ilość pełnych i równych obrotów, a z nich poszczególne ruchy gwiazdy.

Ptolemeusz zaś przeliczył te obroty, jak je, co sam przyznaje, przejął był od Hipparcha, podług ilości lat słonecznych. Chce zaś, by przez lata słoneczne rozumiano takie, które się liczy od równonocy lub przesilenia. Lecz już się okazało, że takie lata nie są zupełnie równe, dlatego posłużę się tymi, które się odnosi do gwiazd stałych i podług których także odtworzyłem poprawniejsze ruchy tych pięciu gwiazd w miarę, jak stwierdziłem, że w obecnym naszym czasie coś z nich ubyło lub przybyło, a to w następujący sposób.

W stosunku mianowicie do Saturna Ziemia obiega w koło pięćdziesiąt siedem razy ruchem, który nazwałem ruchem paralaksy, w ciągu naszych pięćdziesięciu dziewięciu lat słonecznych, jednego dnia, 6 minut i 48 prawie sekund dniowych, w którym to czasie gwiazda dokonuje własnym ruchem dwóch okrążeń dodając nadto jeden stopień, 6 minut i 6 sekund. Jowisza Ziemia wyprzedza sześćdziesiąt pięć razy w 71 latach słonecznych bez pięciu dni, 45 minut i 27 sekund dniowych, w ciągu których gwiazda obiega w koło własnym ruchem 6 razy bez 5 stopni, 41 minut i 2 i pół sekundy. Obrotów paralaks Marsa jest 37 w 79 latach słonecznych, dwóch dniach, 27 minutach i 3 sekundach dniowych, w ciągu których gwiazda, dokonawszy swoim ruchem czterdziestu dwóch pełnych obiegów, dodaje nadto 2 stopnie, 24 minuty i 56 sekund. Wenus w 8 latach słonecznych bez 2 dni, 26 minut i 46 sekund dniowych przewyższa pięciokrotnie ruch Ziemi. Mianowicie w ciągu tego czasu obiega ona Słońce trzynaście razy bez dwóch stopni, 24 minut i 40 sekund. Merkury wreszcie robi 145 okrążeń paralaks w czterdziestu sześciu latach słonecznych oraz 34 minutach i 23 sekundach dniowych, kiedy to, dorzuciwszy jeszcze 31 minut i około 23 sekund dniowych, sam przewyższa ruch Ziemi, z którą się obraca dookoła Słońca, sto dziewięćdziesiąt jeden razy.

Każda zatem planeta ma taki własny obieg paralaksy: Saturn w 378 dniach, 5 minutach, 32 sekundach i 11 tercjach dniowych; Jowisz w 398 dniach, 23 minutach, 2 sekundach i 56 tercjach dniowych; Mars w 779 dniach, 56 minutach, 19 sekundach i 7 tercjach dniowych; Wenus w 583 dniach, 55 minutach, 17 sekundach i 24 tercjach dniowych; Merkury w 115 dniach, 52 minutach, 42 sekundach i 12 tercjach dniowych. Gdy je, przeliczone na stopnie koła i pomnożone przez 365, podzielimy przez liczbę dni i ich części, otrzymamy roczny ruch Saturna na 347 stopni, 32 minuty, 2 sekundy, 54 tercje i 12 kwart; Jowisza na 329 stopni, 25 minut, 8 sekund, 15 tercji i 6 kwart; Marsa na 168 stopni, 28 minut, 29 sekund, 13 tercji i 12 kwart; Wenus na 225 stopni, 1 minutę, 48 sekund, 54 tercje i 30 kwart; Merkurego na trzy pełne obroty, 53 stopnie, 56 minut, 46 sekund, 54 tercje i 40 kwart. Trzysta sześćdziesiąta piąta ich część jest ruchem dziennym: u Saturna 57 minut, 7 sekund i 44 tercje; u Jowisza 54 minuty, 9 sekund, 3 tercje i 49 kwart; u Marsa 27 minut, 41 sekund, 40 tercji i 8 kwart; u Wenus 36 minut, 59 sekund, 28 tercji i 35 kwart; u Merkurego 3 stopnie, 6 minut, 24 sekundy, 7 tercji i 48 kwart, jak to na wzór średnich ruchów Słońca i Księżyca zostało podane w następujących tablicach.

Uznałem zaś za rzecz zbyteczną tak obszernie też przedstawiać ich własne ruchy. Są one bowiem wiadome z odjęcia wyżej podanych od średniego ruchu Słońca, którego, jak powiedziałem, są one składnikami. Atoli ktoś, nie poprzestając na tym, może to uczynić według swego upodobania. Własny mianowicie roczny ruch Saturna w odniesieniu do sfery gwiazd stałych wynosi 12 stopni, 12 minut, 46 sekund, 12 tercji i 52 kwarty; Jowisza 30 stopni, 19 minut, 40 sekund, 51 tercji i 58 kwart; Marsa 191 stopni, 16 minut, 19 sekund, 53 tercje i 52 kwarty. Do Wenus zaś i Merkurego, skoro nie są dla nas widoczne, zamiast nich ma zastosowanie i zastępuje je właśnie sam ruch Słońca, za pomocą którego poznaje się i wyjaśnia ich zjawiska, jak o tym poniżej.

RUCH KOMUTACJI SATURNA DLA LAT I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Dla pocz. lat Chrystusa: 3, 25, 49

Lata egipskie	Ruch: Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje	Lata egipskie	Ruch: Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	5	47	32	3	9	31	5	33	33	37	59
2	5	35	4	6	19	32	5	21	5	41	9
3	5	22	36	9	29	33	5	8	37	44	19
4	5	10	8	12	38	34	4	56	9	47	28
5	4	57	40	15	48	35	4	43	41	50	38
6	4	45	12	18	58	36	4	31	13	53	48
7	4	32	44	22	7	37	4	18	45	56	57
8	4	20	16	25	17	38	4	6	18	0	7
9	4	7	48	28	27	39	3	53	50	3	17
10	3	55	20	31	36	40	3	41	22	6	26
11	3	42	52	34	46	41	3	28	54	9	36
12	3	30	24	37	56	42	3	16	26	12	46
13	3	17	56	41	5	43	3	3	58	15	55
14	3	5	28	44	15	44	2	51	30	19	5
15	2	53	0	47	25	45	2	39	2	22	15
16	2	40	32	50	34	46	2	26	34	25	24
17	2	28	4	53	44	47	2	14	6	28	34
18	2	15	36	56	54	48	2	1	38	31	44
19	2	3	9	0	3	49	1	49	10	34	53
20	1	50	41	3	13	50	1	36	42	38	3
21	1	38	13	6	23	51	1	24	14	41	13
22	1	25	45	9	32	52	1	11	46	44	22
23	1	13	17	12	42	53	0	59	18	47	32
24	1	0	49	15	52	54	0	46	50	50	42
25	0	48	21	19	1	55	0	34	22	53	51
26	0	35	53	22	11	56	0	21	54	57	1
27	0	23	25	25	21	57	0	9	27	0	11
28	0	10	57	28	30	58	5	56	59	3	20
29	5	58	29	31	40	59	5	44	31	6	30
30	5	46	1	34	50	60	5	32	3	9	40

RUCH KOMUTACJI SATURNA DLA DNI, SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI I CZĘŚCI DNIA

Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	0	57	7	44	31	0	29	30	59	46
2	0	1	54	15	28	32	0	30	28	7	30
3	0	2	51	23	12	33	0	31	25	15	14
4	0	3	48	30	56	34	0	32	22	22	58
5	0	4	45	38	40	35	0	33	19	30	42
6	0	5	42	46	24	36	0	34	16	38	26
7	0	6	39	54	8	37	0	35	13	46	1
8	0	7	37	1	52	38	0	36	10	53	55
9	0	8	34	9	36	39	0	37	8	1	39
10	0	9	31	17	20	40	0	38	5	9	23
11	0	10	28	25	4	41	0	39	2	17	7
12	0	11	25	32	49	42	0	39	59	24	51
13	0	12	22	40	33	43	0	40	56	32	35
14	0	13	19	48	17	44	0	41	53	40	19
15	0	14	16	56	1	45	0	42	50	48	3
16	0	15	14	3	45	46	0	43	47	55	47
17	0	16	11	11	29	47	0	44	45	3	31
18	0	17	8	19	13	48	0	45	42	11	16
19	0	18	5	26	57	49	0	46	39	19	0
20	0	19	2	34	41	50	0	47	36	26	44
21	0	19	59	42	25	51	0	48	33	34	28
22	0	20	56	50	9	52	0	49	30	42	12
23	0	21	53	57	53	53	0	50	27	49	56
24	0	22	51	5	38	54	0	51	24	57	40
25	0	23	48	13	22	55	0	52	22	5	24
26	0	24	45	21	6	56	0	53	19	13	8
27	0	25	42	28	50	57	0	54	16	20	52
28	0	26	39	36	34	58	0	55	13	28	36
29	0	27	36	44	18	59	0	56	10	36	20
30	0	28	33	52	2	60	0	57	7	44	5

RUCH KOMUTACJI JOWISZA DLA LAT I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Dla pocz. lat Chrystusa: 1, 38, 16

Lata egipskie	Ruch					Lata egipskie	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	5	29	25	8	15	31	2	11	59	15	48
2	4	58	50	16	30	32	1	41	24	24	3
3	4	28	15	24	45	33	1	10	49	32	18
4	3	57	40	33	0	34	0	40	14	40	33
5	3	27	5	41	15	35	0	9	39	48	48
6	2	56	30	49	30	36	5	39	4	57	3
7	2	25	55	57	45	37	5	8	30	5	18
8	1	55	21	6	0	38	4	37	55	13	33
9	1	24	46	14	15	39	4	7	20	21	48
10	0	54	11	22	31	40	3	36	45	30	4
11	0	23	36	30	46	41	3	6	10	38	19
12	5	53	1	39	1	42	2	35	35	46	34
13	5	22	26	47	16	43	2	5	0	54	49
14	4	51	51	55	31	44	1	34	26	3	4
15	4	21	17	3	46	45	1	3	51	11	19
16	3	50	42	12	1	46	0	33	16	19	34
17	3	20	7	20	16	47	0	2	41	27	49
18	2	49	32	28	31	48	5	32	5	36	4
19	2	18	57	36	46	49	5	1	31	44	19
20	1	48	22	45	2	50	4	30	56	52	34
21	1	17	47	53	17	51	4	0	22	0	50
22	0	47	13	1	32	52	3	29	47	9	5
23	0	16	38	9	47	53	2	59	12	17	20
24	5	46	3	18	2	54	2	28	37	25	35
25	5	15	28	26	17	55	1	58	2	33	50
26	4	44	53	34	32	56	1	27	27	42	5
27	4	14	18	42	47	57	0	56	52	50	20
28	3	43	43	51	2	58	0	26	17	58	35
29	3	13	8	59	17	59	5	55	43	6	50
30	2	42	34	7	33	60	5	25	8	15	6

RUCH KOMUTACJI JOWISZA DLA DNI, SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI I CZĘŚCI DNIA

Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	0	54	9	3	31	0	27	58	40	58
2	0	1	48	18	7	32	0	28	52	50	2
3	0	2	42	27	11	33	0	29	46	59	5
4	0	3	36	36	15	34	0	30	41	8	9
5	0	4	30	45	19	35	0	31	35	17	13
6	0	5	24	54	22	36	0	32	29	26	17
7	0	6	19	3	26	37	0	33	23	35	21
8	0	7	13	12	30	38	0	34	17	44	25
9	0	8	7	21	34	39	0	35	11	53	29
10	0	9	1	30	38	40	0	36	6	2	32
11	0	9	55	39	41	41	0	37	0	11	36
12	0	10	49	48	45	42	0	37	54	20	40
13	0	11	43	57	49	43	0	38	48	29	44
14	0	12	38	6	53	44	0	39	42	38	47
15	0	13	32	15	57	45	0	40	36	47	51
16	0	14	26	25	1	46	0	41	30	56	55
17	0	15	20	34	4	47	0	42	25	5	59
18	0	16	14	43	8	48	0	43	19	15	3
19	0	17	8	52	12	49	0	44	13	24	6
20	0	18	3	1	16	50	0	45	7	33	10
21	0	18	57	10	20	51	0	46	1	42	14
22	0	19	51	19	23	52	0	46	55	51	18
23	0	20	45	28	27	53	0	47	50	0	22
24	0	21	39	37	31	54	0	48	44	9	26
25	0	22	33	46	35	55	0	49	38	18	29
26	0	23	27	55	39	56	0	50	32	27	33
27	0	24	22	4	43	57	0	51	26	36	37
28	0	25	16	13	46	58	0	52	20	45	41
29	0	26	10	22	50	59	0	53	14	54	45
30	0	27	4	31	54	60	0	54	9	3	49

RUCH KOMUTACJI MARSA DLA LAT I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Dla pocz. lat Chrystusa: 3, 58, 22

Lata egipskie	Ruch					Lata egipskie	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	2	48	28	30	36	31	3	2	43	48	38
2	5	36	57	1	12	32	5	51	12	19	14
3	2	25	25	31	48	33	2	39	40	49	50
4	5	13	54	2	24	34	5	28	9	20	26
5	2	2	22	33	0	35	2	16	37	51	2
6	4	50	51	3	36	36	5	5	6	21	38
7	1	39	19	34	12	37	1	53	34	52	14
8	4	27	48	4	48	38	4	42	3	22	50
9	1	16	16	35	24	39	1	30	31	53	26
10	4	4	45	6	0	40	4	19	0	24	2
11	0	53	13	36	36	41	1	7	28	54	38
12	3	41	42	7	12	42	3	55	57	25	14
13	0	30	10	37	48	43	0	44	25	55	50
14	3	18	39	8	24	44	3	32	54	26	26
15	0	7	7	39	1	45	0	21	22	57	3
16	2	55	36	9	37	46	3	9	51	27	39
17	5	44	4	40	13	47	5	58	19	58	15
18	2	32	33	10	49	48	2	46	48	28	51
19	5	21	1	41	25	49	5	35	16	59	27
20	2	9	30	12	1	50	2	23	45	30	3
21	4	57	58	42	37	51	5	12	14	0	39
22	1	46	27	13	13	52	2	0	42	31	15
23	4	34	55	43	49	53	4	49	11	1	51
24	1	23	24	14	25	54	1	37	39	32	27
25	4	11	52	45	1	55	4	26	8	3	3
26	1	0	21	15	37	56	1	14	36	33	39
27	3	48	49	46	13	57	4	3	5	4	15
28	0	37	18	16	49	58	0	51	33	34	51
29	3	25	46	47	25	59	3	40	2	5	27
30	0	14	15	18	2	60	0	28	30	36	4

RUCH KOMUTACJI MARSA DLA DNI, SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI I CZĘŚCI DNIA

Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	0	27	41	40	31	0	14	18	31	51
2	0	0	55	23	20	32	0	14	46	13	31
3	0	1	23	5	1	33	0	15	14	55	12
4	0	1	50	46	41	34	0	15	41	36	52
5	0	2	18	28	21	35	0	16	9	18	32
6	0	2	46	10	2	36	0	16	37	0	13
7	0	3	13	51	42	37	0	17	4	41	53
8	0	3	41	33	22	38	0	17	32	23	33
9	0	4	9	15	3	39	0	18	0	5	14
10	0	4	36	56	43	40	0	18	27	46	54
11	0	5	4	38	24	41	0	18	55	28	35
12	0	5	32	20	4	42	0	19	23	10	15
13	0	6	0	1	44	43	0	19	50	51	55
14	0	6	27	43	25	44	0	20	18	33	36
15	0	6	55	25	5	45	0	20	46	15	16
16	0	7	23	6	45	46	0	21	13	56	56
17	0	7	50	48	26	47	0	21	41	38	37
18	0	8	18	30	6	48	0	22	9	20	17
19	0	8	46	11	47	49	0	22	37	1	57
20	0	9	13	53	27	50	0	23	4	43	38
21	0	9	41	35	7	51	0	23	32	25	18
22	0	10	9	16	48	52	0	24	0	6	59
23	0	10	36	58	28	53	0	24	27	48	39
24	0	11	4	40	8	54	0	24	55	30	19
25	0	11	32	21	49	55	0	25	23	12	0
26	0	12	0	3	29	56	0	25	50	53	40
27	0	12	27	45	9	57	0	26	18	35	20
28	0	12	55	26	49	58	0	26	46	17	1
29	0	13	23	8	30	59	0	27	13	58	41
30	0	13	50	50	11	60	0	27	41	40	22

RUCH KOMUTACJI WENUS DLA LAT I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Dla pocz. lat Chrystusa: 2, 6, 45

Lata egipskie	Ruch					Lata egipskie	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	3	45	1	45	3	31	2	15	54	16	53
2	1	30	3	30	7	32	0	0	56	1	57
3	5	15	5	15	11	33	3	45	57	47	1
4	3	0	7	0	14	34	1	30	59	32	4
5	0	45	8	45	18	35	5	16	1	17	8
6	4	30	10	30	22	36	3	1	3	2	12
7	2	15	12	15	25	37	0	46	4	47	15
8	0	0	14	0	29	38	4	31	6	32	19
9	3	45	15	45	33	39	2	16	8	17	23
10	1	30	17	30	36	40	0	1	10	2	26
11	5	15	19	15	40	41	3	46	11	47	30
12	3	0	21	0	44	42	1	31	13	32	34
13	0	45	22	45	47	43	5	16	15	17	37
14	4	30	24	30	51	44	3	1	17	2	41
15	2	15	26	15	55	45	0	46	18	47	45
16	0	0	28	0	58	46	4	31	20	32	48
17	3	45	29	46	2	47	2	16	22	17	52
18	1	30	31	31	6	48	0	1	24	2	56
19	5	15	33	16	9	49	3	46	25	47	59
20	3	0	35	1	13	50	1	31	27	33	3
21	0	45	36	46	17	51	5	16	29	18	7
22	4	30	38	31	20	52	3	1	31	3	10
23	2	15	40	16	24	53	0	46	32	48	14
24	0	0	42	1	28	54	4	31	34	33	18
25	3	45	43	46	31	55	2	16	36	18	21
26	1	30	45	31	35	56	0	1	38	3	25
27	5	15	47	16	39	57	3	46	39	48	29
28	3	0	49	1	42	58	1	31	41	33	32
29	0	45	50	46	46	59	5	16	43	18	36
30	4	30	52	31	50	60	3	1	45	3	40

RUCH KOMUTACJI WENUS DLA DNI, SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI I CZĘŚCI DNIA

Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	0	36	59	28	31	0	19	6	43	46
2	0	1	13	58	57	32	0	19	43	43	14
3	0	1	50	58	25	33	0	20	20	42	43
4	0	2	27	57	54	34	0	20	57	42	11
5	0	3	4	57	22	35	0	21	34	41	40
6	0	3	41	56	51	36	0	22	11	41	9
7	0	4	18	56	20	37	0	22	48	40	37
8	0	4	55	55	48	38	0	23	25	40	6
9	0	5	32	55	17	39	0	24	2	39	34
10	0	6	9	54	45	40	0	24	39	39	3
11	0	6	46	54	14	41	0	25	16	38	31
12	0	7	23	53	43	42	0	25	53	38	0
13	0	8	0	53	11	43	0	26	30	37	29
14	0	8	37	52	40	44	0	27	7	36	57
15	0	9	14	52	8	45	0	27	44	36	26
16	0	9	51	51	37	46	0	28	21	35	54
17	0	10	28	51	5	47	0	28	58	35	23
18	0	11	5	50	34	48	0	29	35	34	52
19	0	11	42	50	2	49	0	30	12	34	20
20	0	12	19	49	31	50	0	30	49	33	49
21	0	12	56	48	59	51	0	31	26	33	17
22	0	13	33	48	28	52	0	32	3	32	46
23	0	14	10	47	57	53	0	32	40	32	14
24	0	14	47	47	26	54	0	33	17	31	43
25	0	15	24	46	54	55	0	33	54	31	12
26	0	16	1	46	23	56	0	34	31	30	40
27	0	16	38	45	51	57	0	35	8	30	9
28	0	17	15	45	20	58	0	35	45	29	37
29	0	17	52	44	48	59	0	36	22	29	6
30	0	18	29	44	17	60	0	36	59	28	35

RUCH KOMUTACJI MERKUREGO DLA LAT I SZEŚĆDZIESIĄTEK LAT

Dla pocz. lat Chrystusa: 0, 46, 24

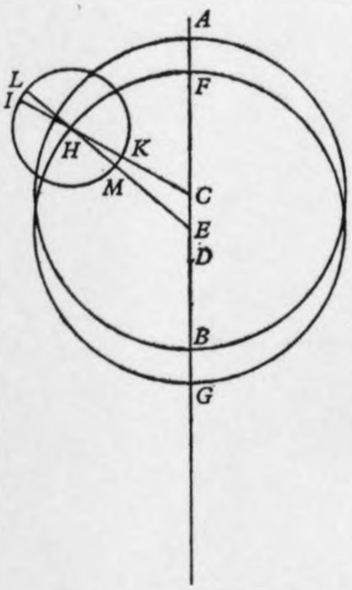
Lata egipskie	Ruch					Lata egipskie	Ruch				
	Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześćdziesiątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	53	57	23	6	31	3	52	38	56	21
2	1	47	54	46	13	32	4	46	36	19	28
3	2	41	52	9	19	33	5	40	33	42	34
4	3	35	49	32	26	34	0	34	31	5	41
5	4	29	46	55	32	35	1	28	28	28	47
6	5	23	44	18	39	36	2	22	25	51	54
7	0	17	41	41	45	37	3	16	23	15	0
8	1	11	39	4	52	38	4	10	20	38	7
9	2	5	36	27	58	39	5	4	18	1	13
10	2	59	33	51	5	40	5	58	15	24	20
11	3	53	31	14	11	41	0	52	12	47	26
12	4	47	28	37	18	42	1	46	10	10	33
13	5	41	26	0	24	43	2	40	7	33	39
14	0	35	23	23	31	44	3	34	4	56	46
15	1	29	20	46	37	45	4	28	2	19	52
16	2	23	18	9	44	46	5	21	59	42	59
17	3	17	15	32	50	47	0	15	57	6	5
18	4	11	12	55	57	48	1	9	54	29	12
19	5	5	10	19	3	49	2	3	51	52	18
20	5	59	7	42	10	50	2	57	49	15	25
21	0	53	5	5	16	51	3	51	46	38	31
22	1	47	2	28	23	52	4	45	44	1	38
23	2	40	59	51	29	53	5	39	41	24	44
24	3	34	57	14	36	54	0	33	38	47	51
25	4	28	54	37	42	55	1	27	36	10	57
26	5	22	52	0	49	56	2	21	33	34	4
27	0	16	49	23	55	57	3	15	30	57	10
28	1	10	46	47	2	58	4	9	28	20	17
29	2	4	44	10	8	59	5	3	25	43	23
30	2	58	41	33	15	60	5	57	23	6	30

RUCH KOMUTACJI MERKUREGO DLA DNI, SZEŚĆDZIESIĄTEK DNI I CZĘŚCI DNIA

Dni	Ruch					Dni	Ruch				
	Sześć-dzie-siątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje		Sześć-dzie-siątki	Stopnie	Minuty	Sekundy	Tercje
1	0	3	6	24	13	31	1	36	18	31	3
2	0	6	12	48	27	32	1	39	24	55	17
3	0	9	19	12	41	33	1	42	31	19	31
4	0	12	25	36	54	34	1	45	37	43	44
5	0	15	32	1	8	35	1	48	44	7	58
6	0	18	38	25	22	36	1	51	50	32	12
7	0	21	44	49	35	37	1	54	56	56	25
8	0	24	51	13	49	38	1	58	3	20	39
9	0	27	57	38	3	39	2	1	9	44	53
10	0	31	4	2	16	40	2	4	16	9	6
11	0	34	10	26	30	41	2	7	22	33	20
12	0	37	16	50	44	42	2	10	28	57	34
13	0	40	23	14	57	43	2	13	35	21	47
14	0	43	29	39	11	44	2	16	41	46	1
15	0	46	36	3	25	45	2	19	48	10	15
16	0	49	42	27	38	46	2	22	54	34	28
17	0	52	48	51	52	47	2	26	0	58	42
18	0	55	55	16	6	48	2	29	7	22	56
19	0	59	1	40	19	49	2	32	13	47	9
20	1	2	8	4	33	50	2	35	20	11	23
21	1	5	14	28	47	51	2	38	26	35	37
22	1	8	20	53	0	52	2	41	32	59	50
23	1	11	27	17	14	53	2	44	39	24	4
24	1	14	33	41	28	54	2	47	45	48	18
25	1	17	40	5	41	55	2	50	52	12	31
26	1	20	46	29	55	56	2	53	58	36	45
27	1	23	52	54	9	57	2	57	5	0	59
28	1	26	59	18	22	58	3	0	11	25	12
29	1	30	5	42	36	59	3	3	17	49	26
30	1	33	12	6	50	60	3	6	24	13	40

OPIS RÓWNEGO I WIDOMEGO RUCHU TYCH CIAŁ NIEBIESKICH WEDŁUG POGLĄDU STAROŻYTNYCH *rozdział II*

Średnie zatem ich ruchy przedstawiają się w ten właśnie sposób. Teraz przejdźmy do widomej ich nierówności. Starożytni astronomowie, którzy uważali Ziemię za nieruchomą, wyobrażali sobie u Saturna, Jowisza, Marsa i Wenus ekcentryczne epicykle, a ponadto drugie jeszcze koło ekcentryczne, w stosunku do którego epicykl poruszałby się tak równomiernie jak planeta po epicyklu. Jak to jest na przykład, jeżeli *AB* będzie kołem ekcentrycznym, którego środkiem niech będzie *C*, a średnicą *ACB*, na której *D* jest środkiem Ziemi, tak że w *A* jest apogeum, a w *B* perigeum, przy tym linia *DC* jest przecięta na połowy w punkcie *E*, z którego jako środka nakreślmy drugie koło ekcentryczne *FG* równe pierwszemu i na nim, wziąwszy gdziekolwiek środek *H*, narysujmy epicykl *IK* i poprowadźmy przez jego środek linię prostą *IHKC*, jak również *LHME*. Wyobraźmy zaś sobie koła ekcentryczne jako nachylone do płaszczyzny zodiaku, a epicykl do płaszczyzny koła ekcentrycznego, ze względu na szerokości, jakie przybiera planeta, lecz tutaj dla wygody opisu niech będą one jakby na jednej płaszczyźnie.

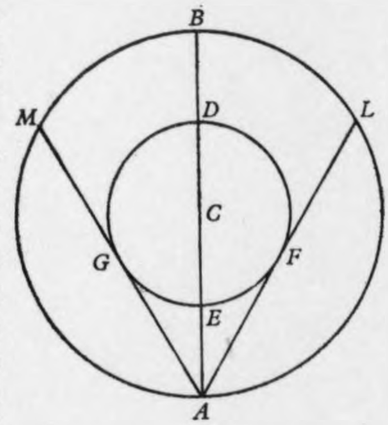


Otóż twierdzą oni, że cała ta płaszczyzna porusza się dookoła środka koła znaków zwierzyńcowych *D* wraz z punktami *E* i *C*, zgodnie z ruchem gwiazd stałych, przez co chcą dać do zrozumienia, że te punkty mają ustalone miejsca na sferze gwiazd stałych i że epicykl także porusza się w sekwencji po kole *FHG*, lecz w powiązaniu z linią *IHC*, w odniesieniu do której także gwiazda obraca się równomiernie po samym epicyklu *IK*. Wiadomo zaś, że równomierny ruch epicykla powinien się był odbywać względem środka *E* swego koła wodzącego, a obrót planety w odniesieniu do linii *LME*. Dopuszczają więc i to, że tutaj równomierność ruchu kołowego może zachodzić względem obcego, a nie własnego środka, i że podobnie, i to w większym stopniu, dzieje się to także z Merkurym. Lecz już przy Księżycu zostało to dostatecznie, jak sądzę, obalone. Te i tym podobne sprawy nastręczyły mi sposobność do rozważenia ruchliwości Ziemi i innych metod, dzięki którym i równomierność ruchu, i podstawy nauki utrzymałyby się, a zasada widomej nierówności wypadałaby bardziej konsekwentnie.

OGÓLNE WYJAŚNIENIE WIDOMEJ NIERÓWNOŚCI WPŁYWEM RUCHU ZIEMI *rozdział III*

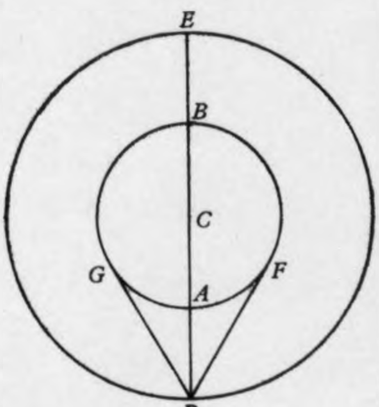
Wobec tego zatem, że istnieją dwie przyczyny, wskutek których równy ruch planety pokazuje się jako nierówny, mianowicie tak z powodu ruchu Ziemi, jak też z powodu własnego ruchu, wykażę każdą z nich w swoim rodzaju i oddzielnie naocznym dowodem, aby tym lepiej się od siebie odróżniały, a zacznę od tej, która, pochodząc z ruchu Ziemi, przypada w udziale im wszystkim, i to najpierw w odniesieniu do Wenus i Merkurego, które otoczone są orbitą Ziemi.

Niech będzie zatem ekcentryczne w stosunku do Słońca koło *AB*, które środek Ziemi opisze rocznym obiegiem w sposób wyżej podany, a środkiem niech będzie *C*. Teraz zaś załóżmy, że jak gdyby planeta nie miała żadnej innej nierówności oprócz tej właśnie, a nastąpi to, jeśli współśrodkowe z kołem *AB* uczynimy koło czy to Wenus, czy Merkurego, którym niech będzie *DE* i które z powodu szerokości powinno być nachylone do koła *AB*. Lecz dla dogodniejszego przepro-



wadzenia dowodu wyobraźmy sobie, że znajdują się jak gdyby na tej samej płaszczyźnie, i przyjmijmy Ziemię w punkcie *A*, z którego wyprowadźmy linie wzroku *AFL* i *AGM*, styczne w punktach *F* i *G* do koła planety, oraz wspólną dla obu kół średnicę *ACB*.

Niech zaś ruch obu ciał, Ziemi — powiadam — i planety, odbywa się w te same strony, to jest w kierunku sekwencji, lecz z większą szybkością u planety niż Ziemi. Dla oka więc umieszczonego w *A* będzie się wydawać, że *C* i sama linia *ACB* posuwają się zgodnie ze średnim ruchem Słońca, gwiazda zaś po kole *DFG* jakby na epicyklu przebiegnie w kierunku sekwencji łuk *FDG* w dłuższym czasie niż pozostały łuk *GEF* w kierunku precedencji i tam doda do średniego ruchu Słońca cały kąt *FAG*, tutaj taki sam odejmie. Gdzie zatem odjemny ruch gwiazdy, zwłaszcza przy perigeum *E*, będzie większy od dodatniego ruchu punktu *C*, tam dla punktu *A* wydaje się ona cofać zgodnie z przeważającym ruchem, co się zdarza u tych gwiazd; u nich, zgodnie z twierdzeniami Apolloniosa z Perge, stosunek linii *CE* do linii *AE* będzie większy niż stosunek ruchu *A* do biegu planety, jak o tym będzie później mowa. Gdzie zaś po wzajemnych wyrównaniach ruch dodatni będzie równy odjemnemu, tam będzie się wydawało, że stoi ona w miejscu, co wszystko zgadza się ze zjawiskami. Gdyby zatem w ruchu gwiazdy nie było innej różnicy, jak mniemał Apollonios, mogłoby to wystarczać. Lecz największe elongacje poranne i wieczorne tych gwiazd od średniego położenia Słońca, które wyrażone są przez kąty *FAE* i *GAE*, nie występują wszędzie równe, ani jedna drugiej, ani łącznie i we wzajemnym do siebie stosunku, skąd oczywisty wniosek, że ich biegi nie znajdują się na kołach współśrodkowych z orbitą ziemską, lecz na jakichś innych, dzięki którym powodują drugą nieregularność.



To samo również pokazuje się u trzech górnych planet, Saturna, Jowisza i Marsa, które ze wszystkich stron okrążają Ziemię. Nakreśliwszy bowiem znowu poprzednią orbitę Ziemi, przyjmijmy współśrodkowe koło zewnętrzne *DE* na tej samej jakby płaszczyźnie, na którym też obierzmy miejsce planety w dowolnym punkcie *D*, a z niego poprowadźmy linie proste *DF* i *DG*, styczne do orbity Ziemi w punktach *F* i *G*, oraz wspólną średnicę *DACBE*. Jest rzeczą oczywistą, że z punktu *A* będzie widoczne prawdziwe miejsce planety na linii średniego ruchu Słońca *DE* jedynie wówczas, gdy wschodzi ona z zachodem słońca i jest najbliżej Ziemi. Albowiem gdy Ziemia znajdzie się w przeciwległym punkcie *B*, to jakkolwiek leży on na tej samej linii, planeta, zanurzona w blasku promieni z powodu bliskości Słońca przy *C*, wcale nie będzie z niego widoczna. Ponieważ zaś sam bieg Ziemi jest szybszy, przez co prześciga ruch planety, będzie się wydawało, że na należącym do apogeum łuku *GBF* dodaje do ruchu gwiazdy cały kąt *GDF*, a na pozostałym łuku *FAG* ten sam kąt odejmuje, lecz w krótszym czasie stosownie do mniejszego łuku *FAG*. I gdzie odjemny ruch Ziemi przewyższy dodatni ruch gwiazdy, zwłaszcza przy *A*, tam będzie się wydawało, że Ziemia pozostawia ją za sobą, a ona sama porusza się w kierunku precedencji i tam się zatrzymuje, gdzie dla oka będzie najmniejsza różnica tych przeciwnych ruchów. I tak znowu jest rzeczą oczywistą, że to wszystko, czego starożytni doszukiwali się za pomocą epicyklów poszczególnych planet, dzieje się na skutek jednego ruchu Ziemi. Lecz ponieważ ruch gwiazdy nie przedstawia się, wbrew mniemaniu Apolloniosa i starożytnych, jako równy, na co wskazuje nierówny względem gwiazdy obrót Ziemi, zatem planety unoszą się nie po kole współśrodkowym, lecz w inny sposób, który zaraz też przedstawię.

PRZYCZYNY UKAZYWANIA SIĘ WŁASNYCH RUCHÓW PLANET JAKO NIERÓWNYCH

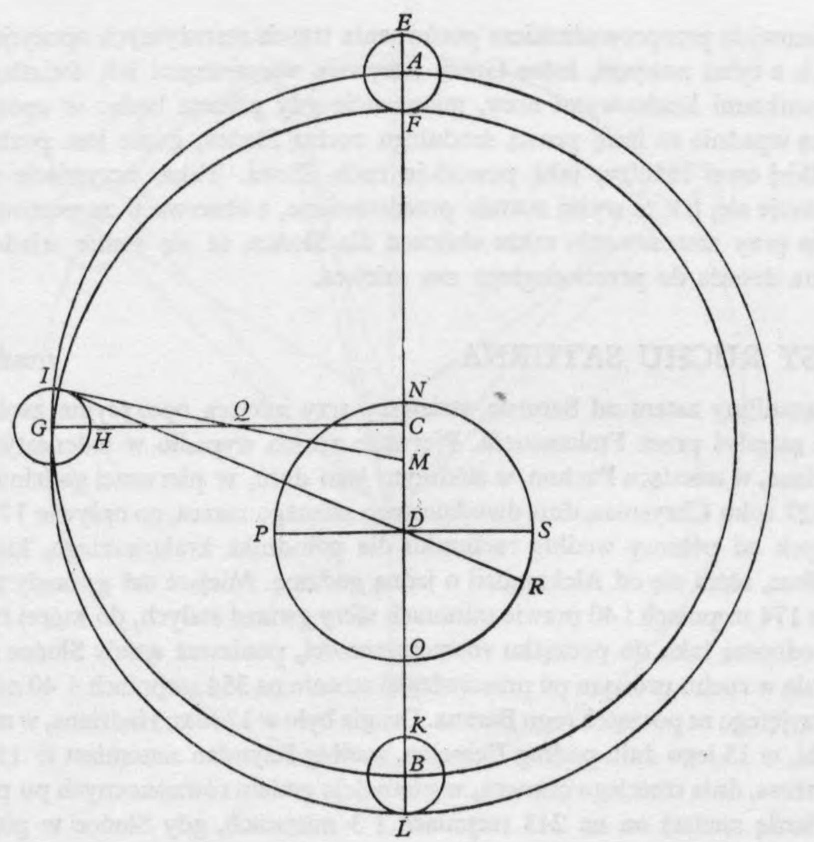
rozdział IV

Ponieważ zaś ich własne ruchy w długości stosują się do tej samej na ogół zasady, z wyjątkiem Merkurego, który zdaje się różnić od reszty, dlatego te cztery omówi się razem, Merkuremu zaś wyznaczone jest inne miejsce. Co do tego więc, że starożytni umieścili jeden ruch, jak powiedziano, na dwóch kołach ekcentrycznych, to ja sądzę, że istnieją dwa równomierne ruchy, z których powstaje nierównomierność zjawiska, czy to przez koło ekcentryczne do koła ekcentrycznego, czy to przez epicykl epicykla, czy też łącznie przez epicykl ekcentryczny, które mogą spowodować taką samą nierówność, jak to wyżej wykazałem przy Słońcu i Księżycu.

Niech więc koło *AB* ze środkiem *C* będzie ekcentryczne, średnicą linia średniego położenia słońca *ACB*, przechodząca przez najwyższą i najniższą absydę planety, na której *D* niech będzie środkiem orbity ziemskiej, obrawszy zaś w najwyższej absydzie *A* środek, nakreślmy odległością trzeciej części *CD* epicykl *EF* i w jego perigeum, którym niech będzie *F*, umieśćmy planetę. Niech dalej ruch epicykla po kole ekcentrycznym *AB* będzie w kierunku sekwencji, planety zaś na górnym łuku epicykla również w sekwencji, na pozostałym łuku w kierunku precedencji, a u obydwu, epicykla, powiadam, i planety, o równych wobec siebie obrotach. Wskutek tego tak się złoży, że gdy epicykl znajdzie się w najwyższej absydzie koła ekcentrycznego, a planeta w perigeum epicykla, zmienią się w odwrotnym do siebie stosunku, dążąc w przeciwne strony, gdy jedno i drugie przebędzie połowę swojego koła. Natomiast między obiema pośrednimi ćwiartkami każde z nich będzie miało swoją średnią absydę, i wtenczas jedynie średnica epicykla będzie równoległa do linii *AB*, a na środku znowu tych ćwiartek prostopadła do tejże linii *AB*, poza tym zaś zawsze nachylona lub odchylona, co wszystko łatwo się poznaje z następstwa samych ruchów.

Stąd także się pokaże, że gwiazda tym złożonym ruchem nie zakreśla, jak mniemali starożytni matematycy, doskonałego koła, jednak z niedostrzegalną różnicą. Nakreślmy bowiem znowu ze środka *B* taki sam epicykl, którym niech będzie *KL*, oraz, wybrawszy ćwiartkę koła *AG*, z punktu *G* epicykl *HI*, a po podzieleniu *CD* na trzy części niech jej trzecia część *CM* będzie równa linii *GI*, i poprowadźmy linie łączące *GC* i *IM*, które niech się przetną w *Q*. Ponieważ tedy według założenia łuk *AG* jest podobny do łuku *HI*, a kąt *ACG* jest prosty, zatem prosty jest również kąt *HGI*, a kąty przy wierzchołku *Q* są także równe: trójkąty więc *GIQ* i *QCM* mają równe kąty, a także i boki odpowiednio sobie równe, ponieważ przyjmuje się podstawę *GI* jako równą podstawie *CM*; większa jest przy tym przeciwprostokątna *QI* od boku *GQ*, jak też *QM* od *QC*. Cała zatem linia *IQM* większa jest od całej *GQC*. Lecz *FM*, *ML*, *AC* i *CG* są sobie równe. Koło więc, nakreślone ze środka *M* przez punkty *F* i *L*, tak samo równe kołu *AB*, przetnie linię *IM*. W ten sam sposób pokaże się to po przeciwnej stronie w drugiej ćwiartce. Planeta zatem nie opisuje za pomocą równych ruchów epicykla po kole ekcentrycznym i sama po epicyklu doskonałego koła, lecz prawie takie, co należało udowodnić.

Nakreślmy teraz ze środka *D* roczną orbitę Ziemi, którą niech będzie *NO*, i poprowadźmy dalej *IDR*, a ponadto linię *PDS* równoległą do linii *CG*: otóż



IDR będzie linią prostą prawdziwego ruchu planety, *GC* średniego i równego, a w *R* będzie prawdziwe apogeum Ziemi w stosunku do planety, w *S* zaś średnie. Kąt więc *RDS* lub *IDP* jest dla obu ruchów różnicą między ruchem równym i widomym, mianowicie między kątem *ACG* i *CDI*. Jeślibyśmy zaś w miejscu koła ekscentrycznego *AB* wzięli równe mu koło współśrodkowe w punkcie *D*, po którym by się unosił epicykl o promieniu równym linii *CD*, a na tym znowu drugi jeszcze epicykl, którego średnicą byłaby połowa linii *CD*, pierwszy zaś epicykl poruszałby się w kierunku sekwencji, i o tyleż w przeciwną stronę drugi, na którym dopiero planeta biegłaby wstecz zdwojonym ruchem, wtedy zajdzie to samo, o czym już powiedziałem, i nie o wiele inaczej niż przy Księżycu, czy też w jakiś inny z wyżej omówionych sposobów. Lecz wybrałem tutaj epicykl koła ekscentrycznego dlatego, że mimo stałej zawsze odległości pomiędzy Słońcem a środkiem *C* dostrzega się, iż punkt *D* uległ tymczasem zmianom, jak to zostało wykazane przy zjawiskach słonecznych. Ponieważ właśnie pozostałe zjawiska nie podlegają w podobny sposób tej zmianie, musi u nich występować jakaś różnica, która, chociaż bardzo nieznaczna, dostrzegalna jest jednak u Marsa i Wenus, jak to się zobaczy na swoim miejscu.

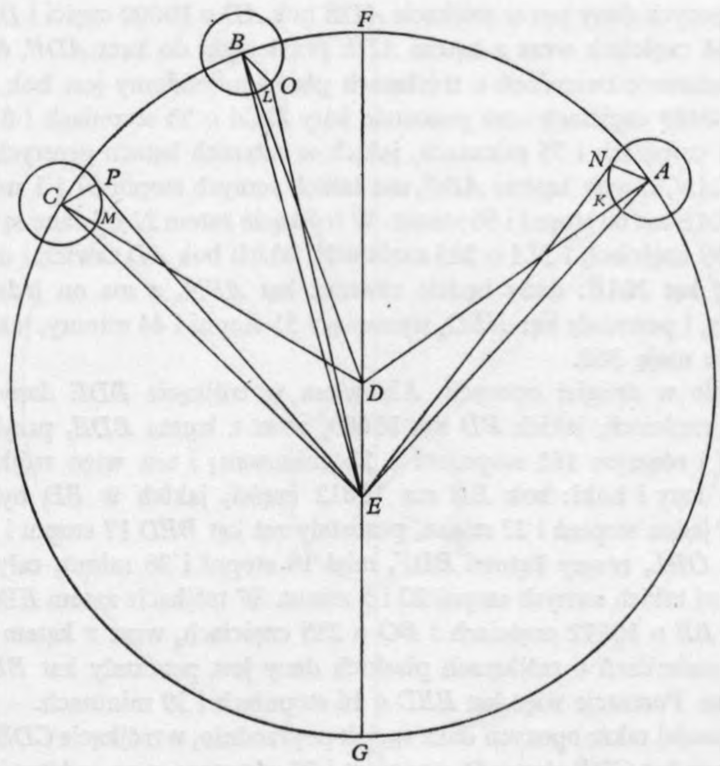
Że więc te hipotezy wystarczająco radzą sobie ze zjawiskami, zaraz tego dowiodę na podstawie obserwacji, i to najpierw co do Saturna, Jowisza i Marsa, przy których najważniejszą, a przy tym i najtrudniejszą jest rzeczą znaleźć miejsce apogeum i odległość *CD*, ponieważ przez nie łatwo się pokazuje reszta. Przy nich zaś posłużę się tą samą prawie metodą, jakiej użyłem przy Księżycu, a mianowicie przeprowadzeniem porównania trzech starożytnych opozycji słonecznych z tyluż nowymi, które Grecy nazywają wieczornymi ich światłami, my zaś punktami krańcowymi nocy, mianowicie gdy planeta będąc w opozycji do Słońca wpadnie na linię prostą średniego ruchu Słońca, gdzie jest pozbawiona wszelkiej owej różnicy, jaką powoduje ruch Ziemi. Takie oczywiście miejsca otrzymuje się, jak to wyżej zostało przedstawione, z obserwacji za pomocą astrolabiów przy zastosowaniu także obliczeń dla Słońca, aż się stanie wiadome, że planeta dotarła do przeciwległego mu miejsca.

OPISY RUCHU SATURNA *rozdział V*

Zacznijmy zatem od Saturna wziąwszy trzy miejsca opozycyjne zaobserwowane niegdyś przez Ptolemeusza. Pierwsze z nich wypadło w jedenastym roku Hadriana, w miesiącu Pachon, w siódmym jego dniu, w pierwszej godzinie nocy, a w 127 roku Chrystusa, dnia dwudziestego szóstego marca, po upływie 17 godzin równych od północy według rachunku dla południka krakowskiego, który, jak ustaliłem, różni się od Aleksandrii o jedną godzinę. Miejsce zaś gwiazdy znalazło się na 174 stopniach i 40 prawie minutach sfery gwiazd stałych, do której to wszystko odnoszę jako do początku równomierności, ponieważ wtedy Słońce znajdowało się w ruchu prostym po przeciwległej stronie na 354 stopniach i 40 minutach od przyjętego za początek rogu Barana. Drugie było w 17 roku Hadriana, w miesiącu Epiphi, w 18 jego dniu podług Egipcjan, według Rzymian natomiast w 133 roku Chrystusa, dnia trzeciego czerwca, w piętnaście godzin równonocnych po północy, a gwiazdę znalazł on na 243 stopniach i 3 minutach, gdy Słońce w piętnaście godzin po północy było w średnim ruchu na 63 stopniach i 3 minutach. Trzecią z kolei obserwację przekazał w 20 roku tegoż Hadriana, w miesiącu Mesori według Egipcjan, 24 dnia miesiąca, co wypadło w 136 roku Chrystusa, w ósmym dniu lipca, w jedenaście godzin po północy, i podobnie według południka krakowskiego na 277 stopniach i 37 minutach, gdy Słońce w średnim ruchu znajdowało się na 97 stopniach i 37 minutach.

Pierwszy więc odstęp czasu zawiera 6 lat, 70 dni i 55 minut dniowych, w ciągu których gwiazda posunęła się dla oka o 68 stopni i 23 minuty, a średni ruch Ziemi od gwiazdy, to jest paralaksy, wynosił 352 stopnie i 44 minuty. Przeto 7 stopni i 16 minut, których brakuje do koła, dochodzi do średniego ruchu gwiazdy, tak że wynosi on 75 stopni i 39 minut. W drugim odstępie czasu znajdują się trzy lata egipskie, 35 dni i 50 minut dniowych, a widomy ruch planety wynosi 34 stopnie i 34 minuty, paralaksy zaś 356 stopni i 43 minuty, przy czym również pozostałe do koła 3 stopnie i 17 minut dochodzą do widomego ruchu gwiazdy, tak że średni jej ruch zawiera 37 stopni i 51 minut.

Tak to wyliczywszy, nakreślmy koło ekscentryczne planety *ABC*, którego środkiem niech będzie *D*, a średnicą *FDG*, na niej zaś *E* będzie środkiem wielkiej orbity Ziemi. Niech zaś *A* będzie środkiem epicykla podczas pierwszej opozycji nocnej, *B* w czasie drugiej, a *C* przy trzeciej. Dookoła nich nakreślmy identyczne epicykle długością trzeciej części linii *DE*, a same środki *A*, *B* i *C* połączmy liniami prostymi z *D* i *E*, które przetną obwód epicykla w punktach *K*, *L* i *M*, i weźmy podobne łuki: *KN* do *AF*, *LO* do *BF* i *MP* do *FBC*, oraz poprowadźmy linie łączące *EN*, *EO* i *EP*. Łuk *AB* zatem wynosi według obliczenia 75 stopni i 39 minut, *BC* 37 stopni i 51 minut, kąt zaś ruchu widomego *NEO* 68 stopni i 23



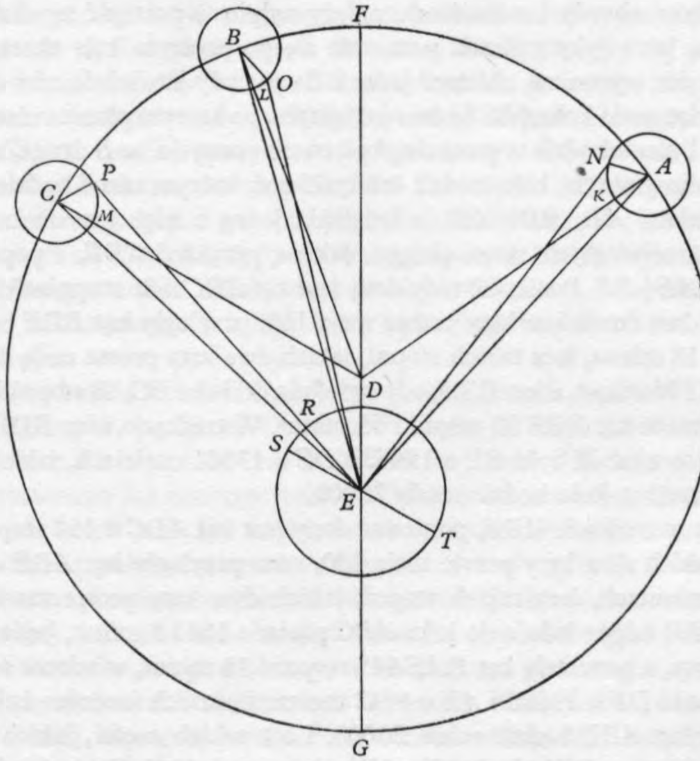
minuty, a kąt *OEP* 34 stopnie i 34 minuty. Pierwszym zadaniem jest wyszukanie miejsc najwyższej i najniższej absydy, to jest punktów *F* i *G*, wraz z rozstępem środków *D* i *E*, bez których nie ma sposobu rozróżnienia równego i widomego ruchu.

Zachodzi tutaj jednak także trudność nie mniejsza niż przy tym zagadnieniu u Ptolemeusza. Gdyby bowiem dany kąt *NEO* obejmował dany łuk *AB*, a *OEP* łuk *BC*, już by stanęła otworem droga do wykazania tego, czego szukamy. Lecz na znanym łuku *AB* wsparty jest nieznany kąt *AEB* i podobnie pod znanym łukiem *BC* jest nieznany kąt *BEC*, a trzeba, żeby oba były znane. Ale i różnic kątów *AEN*, *BEO* i *CEP* nie można poznać, jeśli przedtem nie będą wiadome łuki *AF*, *FB* i *FBC*, podobne do tych, które należą do epicykla, a do tego stopnia są one od siebie nawzajem zależne, że razem albo są nieznane, albo stają się znane. Pozbawieni więc środków dowodzenia usiłowali oni przez indukcję i drogami okrężnymi osiągnąć to, do czego nie było otwartego dostępu prostą drogą dedukcji. Tak też Ptolemeusz przy ich opisywaniu w rozwlekłym wywodzie zagubił się w ogromnej ilości liczb, czego referowanie uważam za rzecz uciążliwą i zbyteczną, z tego zwłaszcza powodu, że także w dalszych swoich wywodach mam zamiar naśladować taką samą prawie metodę. I znalazł w końcu przy sprawdzaniu liczb, że łuk *AF* ma 57 stopni i 1 minutę, *FB* 18 stopni i 37 minut, *FBC* 56 i pół stopnia, rozstęp zaś środków *DE* 6 i 50 sześćdziesiątych części, jakich linia *DF* będzie miała 60, lecz takich, jakich *DF* ma w moich liczbach dziesięć tysięcy, zawiera 1139. Z nich wziąłem dla *DE* trzy czwarte, równe 854 częściom, a pozostałą ćwiartkę 285 części dałem epicyklowi, i tak je przyjąwszy i zapożyczywszy do mojej hipotezy, wykażę, że się zgadzają ze spostrzeżonymi zjawiskami. W pierwszej bowiem opozycji dany jest w trójkącie *ADE* bok *AD* o 10000 części i *DE* o takich samych 854 częściach wraz z kątem *ADE* przyległym do kąta *ADF*, dzięki którym na podstawie twierdzeń o trójkątach płaskich wiadomy jest bok *AE* o podobnych 10489 częściach oraz pozostałe kąty *DEA* o 53 stopniach i 6 minutach i *DAE* o 3 stopniach i 55 minutach, jakich w czterech kątach prostych jest 360; lecz kąt *KAN*, równy kątowi *ADF*, ma takich samych stopni 57 i 1 minutę, cały więc kąt *NAE* ma 60 stopni i 56 minut. W trójkącie zatem *NAE* dane są dwa boki, *AE* o 10489 częściach i *NA* o 285 częściach, jakich bok *AD* zawierał dziesięć tysięcy, oraz kąt *NAE*: dany będzie również kąt *AEN*, a ma on jeden stopień i 22 minuty, i pozostały kąt *NED*, wynoszący 51 stopni i 44 minuty, jakich cztery kąty proste mają 360.

Podobnie w drugiej opozycji. Albowiem w trójkącie *BDE* dany jest bok *DE* o 854 częściach, jakich *BD* ma 10000, wraz z kątem *BDE*, przyległym do kąta *BDF* i równym 161 stopniom i 23 minutom; i ten więc trójkąt będzie miał dane kąty i boki: bok *BE* ma 10812 części, jakich w *BD* było 10000, a kąt *DBE* jeden stopień i 27 minut, pozostały zaś kąt *BED* 17 stopni i 11 minut. Lecz i kąt *OBL*, równy kątowi *BDF*, miał 18 stopni i 38 minut, cały więc kąt *EBO* wynosi takich samych stopni 20 i 5 minut. W trójkącie zatem *EBO* dane są dwa boki, *BE* o 10812 częściach i *BO* o 285 częściach, wraz z kątem *EBO*: na podstawie twierdzeń o trójkątach płaskich dany jest pozostały kąt *BEO* równy 32 minutom. Pozostaje więc kąt *BED* o 16 stopniach i 39 minutach.

Przy trzeciej także opozycji dane są, jak poprzednio, w trójkącie *CDE* dwa boki *CD* i *DE* oraz kąt *CDE* równy 56 stopniom i 29 minutom, a na podstawie czwartej reguły trójkątów płaskich dana jest podstawa *CE* równa 10512 częściom, jakich *CD* ma 10000, oraz kąt *DCE* o 3 stopniach i 53 minutach wraz z pozostałym kątem *CED* o 52 stopniach i 36 minutach. Cały więc kąt *ECP* równa się 60 stopniom i 22 minutom, jakich w czterech kątach prostych jest 360. W ten sposób dane są także w trójkącie *ECP* dwa boki wraz z kątem *ECP*: dany jest również kąt *CEP*, a wynosi on jeden stopień i 22 minuty, skąd i uzupełniający go kąt *PED* ma 51 stopni i 14 minut. Stąd cały kąt ruchu widomego *OEN* wynosi w sumie 68 stopni i 23 minuty, a *OEP* 34 stopnie i 35 minut, co się zgadza z obserwacjami. Nadto *F*, miejsce najwyższej absydy koła ekscentrycznego, dosięga 226 stopni i 20 minut od głowy Barana, a jeśliby do nich doszło 6 stopni i 40 minut występującej wówczas precesji równonocy wiosennej, dotarłoby ono, zdaniem Ptolemeusza, do 23 stopni Skorpiona. Widome bowiem miejsce gwiazdy w tej trzeciej opozycji wynosiło, jak powiedziano, 277 stopni i 37 minut, a jeśliby się od nich odjęło 51 stopni i 14 minut, odpowiadających, jak to zostało wykazane, kątowi ruchu widomego *PEF*, pozostaje właśnie miejsce najwyższej absydy koła ekscentrycznego na 226 stopniach i 23 minutach.

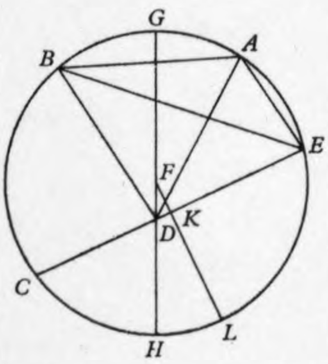
Zatoczmy teraz również roczną orbitę Ziemi *RST*, która przetnie linię *PE* w punkcie *R*, i poprowadźmy średnicę *SET* równolegle do linii średniego ruchu planety *CD*. Przy równych zatem kątach *SED* i *CDF* kąt *SER* będzie różnicą i prostaferezą między widomym i średnim ruchem, to jest między kątami *CDF* i *PED*, równą 5 stopniom i 16 minutom, a zarazem taką samą różnicą między średnim i prawdziwym ruchem paralaksy, która odjęta od półkola pozostawia łuk *RT* o 174 stopniach i 44 minutach, czyli równy ruch paralaksy od przyjętego za początek punktu *T*, to jest od średniej koniunkcji Słońca i gwiazdy, aż do tego trzeciego przeciwstawienia nocnego, czyli prawdziwej opozycji Ziemi i gwiazdy.



Mamy już zatem w chwili tej obserwacji, mianowicie w dwudziestym roku panowania Hadriana, a w 136 roku Chrystusa, ósmego lipca, w 11 godzin po północy, anomalię Saturna od najwyższej absydy jego koła ekscentrycznego równą 56 i pół stopniom, oraz średni ruch paralaksy o 174 stopniach i 44 minutach, czego stwierdzenie będzie przydatne dla dalszych wywodów.

TRZY INNE PÓŹNIEJ ZAOBSERWOWANE OPOZYCJE SATURNA *rozdział VI*

Ponieważ zaś obliczenie ruchu Saturna przekazane przez Ptolemeusza w niemałej pozostaje sprzeczności z naszymi czasami i nie od razu można było zrozumieć, w jakiej części kryje się błąd, zmuszony byłem przeprowadzić nowe obserwacje, z których otrzymałem znowu trzy jego nocne opozycje: pierwszą w 1514 roku Chrystusa, w piątym dniu maja, na jedną i jedną piątą godziny przed północą, w czasie której dostrzeżony został Saturn na 205 stopniach i 24 minutach. Druga wypadła w 1520 roku Chrystusa, w południe trzynastego lipca, na 273 stopniach i 25 minutach. Trzecia znowu w 1527 roku tejże ery, 10 października, w sześć i dwie piąte godziny po północy, a Saturn ukazał się na 7 minutach jednego stopnia od rogu Barana. Pomiędzy pierwszą i drugą zatem upłynęło 6 lat egipskich, 70 dni i 33 minuty dniowe, w ciągu których Saturn przesunął się w ruchu widomym o 68 stopni i jedną minutę. Od drugiej do trzeciej minęło 7 lat egipskich, 89 dni i 46 minut dniowych, a widomy ruch gwiazdy wynosił osiemdziesiąt sześć stopni i 42 minuty, średni zaś ruch w pierwszym odstępie czasu miał 75 stopni i 39 minut, w drugim osiemdziesiąt osiem stopni i 29 minut. Przy poszukiwaniu więc najwyższej absydy i mimośrodu należy najpierw postąpić zgodnie z nauką Ptolemeusza, jak gdyby gwiazda poruszała się po prostym kole ekcentrycznym, a chociaż to nie wystarcza, zbliżeni jednak do prawdy łatwiej do niej dojdziemy.



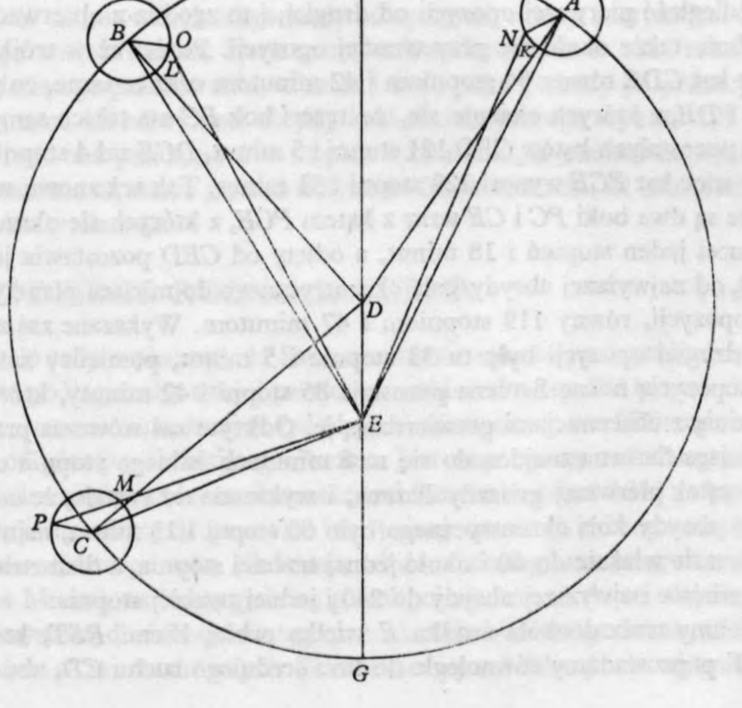
Niech więc samo koło *ABC* będzie jakby tym, po którym planeta równomiernie się porusza. I niech będzie w punkcie *A* pierwsza opozycja, w *B* druga, a w *C* trzecia, i przyjmijmy w tym kole środek orbity Ziemi, którym niech będzie *D* i który połączmy liniami *AD*, *BD* i *CD*, a jakąbądź jedną z nich przedłużmy w linię prostą do przeciwległych stron okręgu, jak na przykład *CDE*, i poprowadźmy linie łączące *AE* i *BE*. Ponieważ tedy dany jest kąt *BDC* o 86 stopniach i 42 minutach, jakich dwa środkowe kąty proste mają 180, przyległy kąt *BDE* będzie miał 93 stopnie i 18 minut, lecz takich stopni, jakich dwa kąty proste mają 360, będzie zawierał 186 i 36 minut, a kąt *BED*, odpowiednio do łuku *BC*, 88 stopni i 29 minut, i pozostały zatem kąt *DBE* 84 stopni i 55 minut. W trójkącie więc *BDE* o danych kątach dane są z tabeli boki *BE* o 19953 i *DE* o 13501 częściach, jakich średnica opisującego trójkąt koła będzie miała 20000.

Podobnie w trójkącie *ADE*, ponieważ dany jest kąt *ADC* o 154 stopniach i 43 minutach, jakich dwa kąty proste mają 180, oraz przyległy kąt *ADE* o 25 stopniach i 17 minutach, lecz takich stopni, jakich dwa kąty proste zawierają 360, i jakie też *AED* odpowiednio do łuku *ABC* posiada 164 i 8 minut, będzie on miał 50 i 34 minuty, a pozostały kąt *DAE* 145 stopni i 18 minut, wiadome są w rezultacie także boki *DE* o 19090 i *AE* o 8542 częściach, jakich średnica koła opisującego ten trójkąt *ADE* będzie miała 20000. Lecz takich części, jakich *DE* dano 13501 i jakich też w *BE* było 19953, *AE* będzie mieć 6043. Stąd również w trójkącie *ABE* dane są dwa następujące boki: *BE* i *EA* wraz z kątem *AEB*, który odpowiednio do łuku *AB* wynosi 75 stopni i 39 minut, a zatem na podstawie twierdzeń o trójkątach płaskich *AB* ma 15647 części, jakich w *BE* było 19968. Stosownie zaś do tego, że *AB* jest cięciwą danego łuku zawierającą 12266 części, jakich średnica koła ekcentrycznego będzie liczyć 20000, linia *EB* będzie miała 15664, a *DE* 10599 części. Z cięciwy zatem *BE* dany jest wreszcie łuk *BAE* równy 103 stopniom i 7 minutom, a stąd cały łuk *EABC* o 191 stopniach i 36 minutach oraz pozostały łuk koła *CE* równy 168 stopniom i 24 minutom, a z niego znowu cięciwa *CDE* wynosząca 19898 części i jej nadwyżka *CD* o 9299 częściach. I teraz jest rzeczą oczywistą, że gdyby linia *CDE* była średnicą koła ekcentrycznego, na niej właśnie przypadłyby miejsca najwyższej i najniższej absydy i byłby wiadomy rozstęp środków, lecz ponieważ odcinek *EABC* jest większy, w nim właśnie znajdzie się środek.

I niech nim będzie punkt *F*, przez który oraz przez *D* przeciągnijmy średnicę *GFDH*, a pod kątem prostym do *CDE* linię *FKL*. Jest zaś rzeczą widoczną, że prostokąt, który się zamyka w liniach *CD* i *DE*, jest równy prostokątowi o bokach *GD* i *DH*. Lecz prostokąt z *GD* i *DH* razem z kwadratem o boku *FD* równy jest kwadratowi z połowy linii *GDH*, którą jest *FDH*. Po odjęciu więc prostokąta z *GD* i *DH* albo równego mu prostokąta z *CD* i *DE* od kwadratu połowy średnicy pozostanie kwadrat z *FD*. Będzie zatem dana długość linii *FD*, a wynosi ona 1200 części, jakich promień *GF* będzie miał 10000, lecz takich części, jakich w *FG* będzie 60, w *FD* byłoby 7 i 12 sześćdziesiątych, co niewiele odbiega od Ptolemeusza. Ponieważ zaś *CDK* jest połową całej linii *CDE*, równą 9949 częściom, a linia *CD* wykazana została na 9299 części, pozostała zatem linia *DK* ma 650 części, jakich dla *GF* zakłada się 10000, a dla *FD* 1200, lecz takich części, jakich w *FD* będzie

10000, *DK* będzie mieć 5411, odpowiadając połowie cięciwy podwojonego kąta *DFK*, a kąt ten wynosi 32 stopnie i 45 minut, jakich cztery kąty proste mają 360, i tyleż stopni obejmuje na łuku *HL* znajdując się w środku koła. Lecz cały łuk *CHL*, stanowiący połowę łuku *CLE*, zawiera 84 stopnie i 13 minut, pozostały zatem łuk *CH* od trzeciej opozycji do perigeum wynosi 51 stopni i 28 minut, które odjęte od półkola pozostawiają łuk *CBG* 128 stopni i 32 minut od najwyższej absydy do trzeciej opozycji. I gdy łuk *CB* będzie miał 88 stopni i 29 minut, pozostały łuk *BG* od najwyższej absydy do drugiej opozycji będzie wynosił 40 stopni i 3 minuty. Następny z kolei łuk *BGA* ma 75 stopni i 39 minut, a dopełnia go równy 35 stopniom i 36 minutom łuk *AG*, który był odległością od pierwszej opozycji do apogeum *G*.

Niech teraz będzie koło *ABC*, którego średnicą niech będzie *FDEG*, środkiem *D*, apogeum *F*, perigeum *G*, łuk *AF* równy 35 stopniom i 36 minutom, *FB* 40 stopniom i 3 minutom oraz *FBC* 128 stopniom i 32 minutom. Weźmy dalej z wyznaczonego już rozstępu środków *DE* trzy czwarte jako 900 części, a pozostałą czwartą część jako 300 części, jakich promień *FD* będzie miał 10 000, tą czwartą częścią nakreślmy ze środków *A*, *B* i *C* epicykle i uzupełnijmy figurę zgodnie z przedstawionym już założeniem. Jeśli, tak to rozmieściwszy, zechcemy wykryć obserwowane miejsca Saturna w sposób wyżej podany i niebawem też z konieczności powtórzony, to znajdziemy pewne sprzeczności. I teraz — żeby się streszczać i nie obarczać czytelnika dłuższymi wywodami i żeby się nie wydawało, że więcej dołożyłem starań do odkrywania bezdroży niż do bezpośredniego pokazywania prostej drogi — wszystko to prowadzi z konieczności

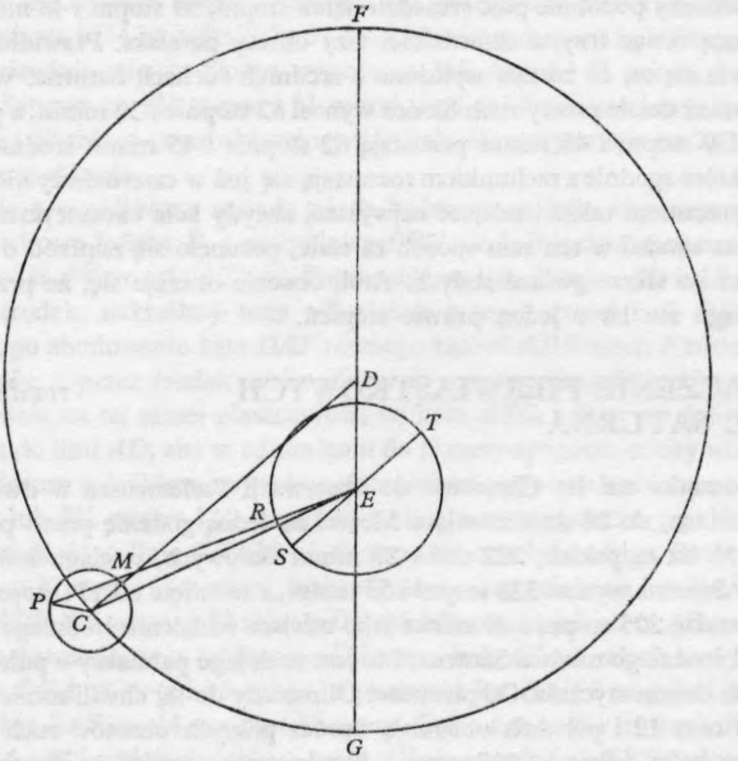


ności przez twierdzenia o trójkątach do kąta *NEO* równego 67 stopniom i 35 minutom oraz drugiego *OEM* wynoszącego 87 stopni i 12 minut, ten jednak jest o pół stopnia większy od widomego, a tamten o 26 minut mniejszy. Atoli wtedy jedynie znajdujemy je z sobą zgodne, jeżeli posunąwszy nieco apogeum ustalimy łuk *AF* na 38 stopni i 50 minut, a z kolei łuk *FB* na 36 stopni i 49 minut oraz *FBC* na 125 stopni i 18 minut, jak też rozstęp środków *DE* na 854 części, a promień epicykla na 285 części, jakich w *FD* będzie 10000, co, jak wyżej zostało podane, niemal się zgadza z Ptolemeuszem. Że bowiem te wielkości zgodne są ze zjawiskami i z trzema zaobserwowanymi opozycjami nocnymi, jasno się okaże stąd, iż przy pierwszej opozycji w trójkącie *ADE* dany jest bok *DE* równy 854 częściom, jakich *AD* ma 10000, oraz kąt *ADE* mający 141 stopni i 10 minut, które wraz z kątem *ADF* tworzą przy środku dwa kąty proste, a z tego się pokazuje, że pozostały bok *AE* ma 10 679 części, jakich promień *FD* miał 10000, a z pozostałych kątów *DAE* 2 stopnie i 52 minuty i *DEA* 35 stopni i 58 minut. Podobnie w trójkącie *AEN*, ponieważ kąt *KAN* równy jest kątowi *ADF*, będzie teraz cały kąt *EAN* miał 41 stopni i 42 minuty, a bok *AN* 285 części, jakich w *AE* było 10679, i okaże się, że kąt *AEN* wynosi jeden stopień i 3 minuty; lecz cały kąt *DEA* zawiera 35 stopni i 58 minut, pozostały więc kąt *DEN* będzie miał 34 stopnie i 55 minut.

Przy drugiej także opozycji nocnej trójkąt *BED* ma dane dwa boki, mianowicie *DE* o 854 częściach, jakich *BD* ma 10000, wraz z kątem *BDE*, dlatego także *BE* będzie mieć owych części 10697, kąt *DBE* 2 stopnie i 45 minut, a pozostały kąt *BED* 34 stopnie i 4 minuty. Lecz kąt *LBO* równy jest kątowi *BDF*, cały więc kąt środkowy *EBO* będzie miał 39 stopni i 34 minuty. Obejmują go zaś dane boki, *BO* równy 285 częściom i *BE* 10 697 częściom, z czego się okazuje, że *BEO* ma 59 minut, które odjęte od kąta *BED* dają jako resztę kąt *OED* 33 stopni i 5 minut. Już zaś zostało wykazane, że przy pierwszej opozycji kąt *DEN* miał 34 stopnie i 55 minut, 68 stopni zatem będzie wynosił cały kąt *OEN*, przez który uwidoczniła się odległość pierwszej opozycji od drugiej, i to zgodna z obserwacjami.

Podobnie także okaże się przy trzeciej opozycji. Ponieważ w trójkącie *CDE* dany jest kąt *CDE* równy 54 stopniom i 42 minutom oraz te same, co przedtem, boki *CD* i *DE*, z których okazuje się, że trzeci bok *EC* ma takich samych części 9532, a z pozostałych kątów *CED* 121 stopni i 5 minut, *DCE* zaś 4 stopnie i 13 minut, cały więc kąt *PCE* wynosi 129 stopni i 31 minut. Tak też znowu w trójkącie *EPC* dane są dwa boki *PC* i *CE* wraz z kątem *PCE*, z których się okazuje, że kąt *PEC* wynosi jeden stopień i 18 minut, a odjęty od *CED* pozostawia jako resztę kąt *PED*, od najwyższej absydy koła ekcentrycznego do miejsca planety w czasie trzeciej opozycji, równy 119 stopniom i 47 minutom. Wykazane zaś zostało, że podczas drugiej opozycji były tu 33 stopnie i 5 minut, pomiędzy zatem drugą i trzecią opozycją nocną Saturna pozostaje 86 stopni i 42 minuty, które również zgadzając się z obserwacjami potwierdzają je. Odkryte zaś wówczas przez obserwację miejsce Saturna znajdowało się na 8 minutach jednego stopnia od przyjętej za początek pierwszej gwiazdy Barana, i wykazane też zostało, że od niego do najniższej absydy koła ekcentrycznego było 60 stopni i 13 minut, najniższa więc absyda dotarła właśnie do 60 i około jednej trzeciej stopnia, a diametralnie przeciwległe miejsce najwyższej absydy do 240 i jednej trzeciej stopnia.

Nakreślmy teraz dookoła środka *E* wielką orbitę Ziemi *RST*, której średnicę *SET* poprowadźmy równolegle do linii średniego ruchu *CD*, zbudowawszy



równe sobie kąty *FDC* i *DES*. Ziemia więc i nasz wzrok będą na linii *PE*, mianowicie w punkcie *R*, kąt zaś *PES* lub łuk *RS*, o który kąt ruchu równomiernego *FDC* różni się od kąta ruchu widomego *DEP*, określony został na 5 stopni i 31 minut, które, gdy zostaną odjęte od półkola, pozostawiają jako resztę łuk *RT* 174 stopni i 29 minut odległości gwiazdy od apogeum orbity, którym jest *T*, jakby od średniego miejsca Słońca. I tak mamy udowodnione, że w 1527 roku Chrystusa, dnia dziesiątego października, w sześć i dwie piąte godziny po północy ruch anomalii Saturna od najwyższej absydy koła ekcentrycznego wynosił 125 stopni i 18 minut, ruch zaś paralaksy 174 stopnie i 29 minut, a miejsce najwyższej absydy znajdowało się na sferze gwiazd stałych na 240 stopniach i 21 minutach od pierwszej gwiazdy Barana.

SPRAWDZENIE RUCHU SATURNA *rozdział VII*

Zostało tedy wykazane, że Saturn w czasie ostatniej z trzech obserwacji Ptolemeusza podług ruchu swojej paralaksy znajdował się na 174 stopniach i 44 minutach, miejsce zaś najwyższej absydy koła ekcentrycznego na 226 stopniach i 23 minutach od głowy gwiaździstego Barana. Jest więc rzeczą widoczną, że w pośrednim czasie między obiema obserwacjami Saturn dokonał 1344 pełnych obrotów swoich równomiernych paralaks bez jednej czwartej jednego stopnia. Minęły zaś od dwudziestego roku Hadriana, od dwudziestego czwartego dnia egipskiego miesiąca Mesori, na jedną godzinę przed południem, aż do tej obserwacji w 1527 roku Chrystusa, do dnia dziesiątego października o szóstej godzinie, 1392 lata egipskie, 75 dni i 48 minut dniowych. Jeśli zechcemy też obliczyć dla nich ten ruch z tabeli, znajdziemy podobnie pięć sześćdziesiątek stopni, 59 stopni i 48 minut, które przekraczają tysiąc trzysta czterdzieści trzy obroty paralaks. Prawidłowo zatem przedstawia się to, co zostało wyłożone o średnich ruchach Saturna. W tym bowiem również czasie prosty ruch Słońca wynosi 82 stopnie i 30 minut, a po odjęciu od nich 359 stopni i 45 minut pozostają 82 stopnie i 45 minut średniego ruchu Saturna, które zgodnie z rachunkiem rozrastają się już w czterdziesty siódmy jego obrót. Tymczasem także i miejsce najwyższej absydy koła ekcentrycznego, które Ptolemeusz uważał w ten sam sposób za stałe, posunęło się naprzód o 13 stopni i 58 minut na sferze gwiazd stałych. Atoli obecnie okazuje się, że przesuwa się ono w ciągu stu lat o jeden prawie stopień.

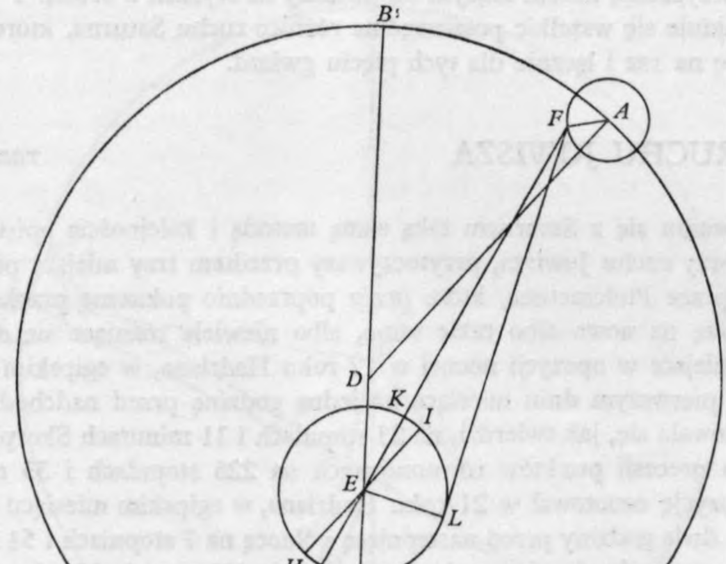
WYZNACZENIE PIERWIASTKOWYCH MIEJSC SATURNA *rozdział VIII*

Od początku zaś lat Chrystusa do obserwacji Ptolemeusza w dwudziestym roku Hadriana, do 24 dnia miesiąca Mesori na jedną godzinę przed południem, upływa 135 lat egipskich, 222 dni i 27 minut dniowych, w ciągu których ruch paralaksy Saturna wynosi 328 stopni i 55 minut, a te odjęte od 174 stopni i 44 minut dają resztę 205 stopni i 49 minut jako miejsce oddalenia średniego położenia Słońca od średniego miejsca Saturna, i to jest ruch jego paralaksy o północy przed pierwszym dniem stycznia. Od pierwszej Olimpiady do tej chwili minione 775 lat egipskich oraz 12 i pół dnia obejmują oprócz pełnych obrotów ruch 70 stopni i 55 minut, który odjęty od 205 stopni i 49 minut pozostawia jako resztę 134 stopnie i 54 minuty dla początku Olimpiad w południe pierwszego dnia miesiąca Hekatombajon. Od tego momentu po 451 latach i 247 dniach wynosi on poza pełnymi obiegami 13 stopni i 7 minut, które dodane do poprzednich dają w sumie miejsce dla lat Aleksandra Wielkiego na 148 stopni i jedną minutę w południe pierwszego dnia egipskiego miesiąca Toth; a do Cezara mija 278 lat i 118 i pół dnia, ruch zaś wynosi 247 stopni i 20 minut, które wyznaczają miejsce na 35 stopniach i 21 minutach o północy przed pierwszym dniem stycznia.

PARALAKSY SATURNA POCHODZĄCE OD ROCZNEJ ORBITY ZIEMI I WIELKOŚĆ JEGO ODLEGŁOŚCI *rozdział IX*

W ten sposób zostały przedstawione równe ruchy długości Saturna wraz z widomymi. Pozostałe bowiem zjawiska, jakie przy nim występują, są, jak powiedziałem, paralaksami pochodzącymi od rocznej orbity Ziemi, ponieważ jak wielkość Ziemi w stosunku do odległości Księżyca tworzy paralaksy, tak też jej orbita, na której dokonuje corocznie obrotu, powinna je wywołać przy pięciu planetach, ale odpowiednio do swej wielkości daleko wyraźniejsze. Takich jednak paralaks nie można uchwycić, jeśli przedtem nie będzie znana wysokość planety. Znalezienie jej wszakże możliwe jest dzięki jednej jakiejkolwiek obserwacji paralaksy. I taką w odniesieniu do Saturna przeprowadziłem w 1514 roku Chrystusa, dnia dwudziestego czwartego lutego, w pięć godzin równonocnych po poprzedzającej go północy. Otóż Saturn widziany był na prostej linii gwiazd umieszczonych na czole Skorpiona, mianowicie drugiej i trzeciej, które mając tę samą długość znajdują się na 209 stopniach sfery gwiazd stałych. Za ich więc właśnie pomocą stało się znane również miejsce Saturna. Od początku zaś lat Chrystusa do tej godziny upływa 1514 lat egipskich, 67 dni i 13 minut dniowych, i dlatego według obliczenia średnie miejsce Słońca wypada na 315 stopni i 41 minut, a anomalia paralaksy Saturna na 116 stopni i 31 minut, stąd zaś średnie miejsce Saturna na 199 stopni i 10 minut, a najwyższej absydy koła ekscentrycznego na 240 i prawie jedną trzecią stopnia.

Zgodnie z przedłożoną metodą niech będzie teraz koło ekscentryczne *ABC*, którego środkiem byłoby *D*, a na średnicy *BDC* niech *B* będzie apogeum, *C* perigeum, *E* zaś środkiem orbity Ziemi. Poprowadźmy linie łączące *AD* i *AE* i, obrawszy w *A* środek, nakreślmy tedy odległością trzeciej części linii *DE* epicykl, na którym po zbudowaniu kąta *DAF* równego kątowi *ADB* niech *F* będzie miejscem gwiazdy, a przez środek orbity Ziemi *E* poprowadźmy linię *HI* tak, jakby się znajdowała na tej samej płaszczyźnie, co koło *ABC*, i jako jej średnica była równoległa do linii *AD*, aby w odniesieniu do planety apogeum orbity widziało się w *H*, a perigeum w *I*. Odetnijmy też na samej orbicie, zgodnie z obliczoną anomalią paralaksy, łuk *HL* równy 116 stopniom i 31 minutom i połączmy go liniami *FL* i *EL*, a przedłużona linia *FKEM* niech przetnie oba łuki orbity. Ponieważ tedy kąt *ADB* ma 41 stopni i 10 minut, jakie też ma według założenia kąt *DAF*, a przyległy kąt *ADE* 138 stopni i 50 minut, *DE* zaś 854 części, jakich w *AD* jest 10000, z czego się pokazuje, że w trójkącie *ADE* trzeci bok *AE* ma takich samych części 10667, kąt *DEA* 38 stopni i 9 minut, a pozostały kąt *EAD* 3 stopnie i 1 minutę: cały więc kąt *EAF* ma 44 stopnie i 11 minut. Tak też znowu w trójkącie *FAE* dany jest bok *FA* o 285 częściach, jakie są też w *AE*: pozostały bok *FKE* zostanie określony na 10465 takich samych części, a kąt *AEF* na jeden stopień i pięć minut.



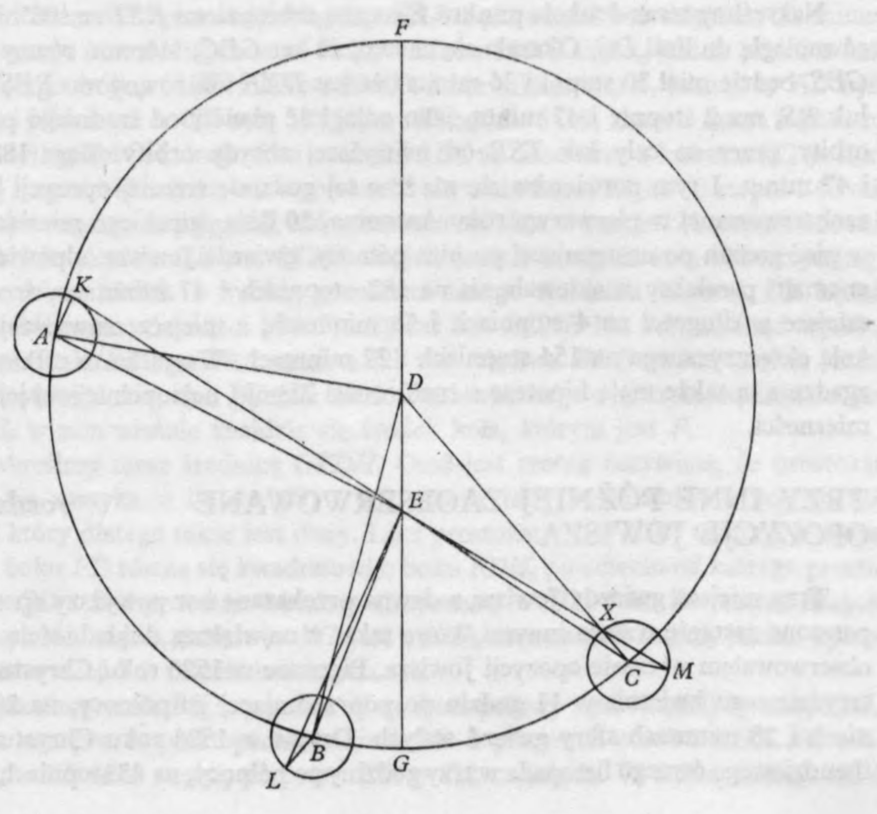
Jest zatem rzeczą oczywistą, że cała różnica, czyli prostafereza, między średnim i prawdziwym miejscem gwiazdy, którą dają w sumie kąty *DAE* i *AEF*, wynosi 4 stopnie i 6 minut. Dlatego, gdyby miejsce Ziemi było w *K* lub *M*, Saturn byłby widoczny. tak jak ze środka *E* właściwe jego miejsce, na 203 stopniach i 16 minutach od gwiaździstego Barana. Kiedy zaś Ziemia znajduje się już w *L*, widziany jest na 209 stopniach. Różnica 5 stopni i 44 minut należy do paralaksy odpowiednio do kąta *KFL*. Ponieważ jednak łuk *HL* obliczony został według ruchu równomiernego na 116 stopni i 31 minut, po odjęciu od którego prostaferezy *HM* pozostał łuk *ML* mający 112 stopni i 25 minut, a uzupełniający go łuk *LIK* 67 stopni i 35 minut, jakie zawiera też kąt *KEL*, przeto trójkąt *FEL* o danych kątach ma dany również stosunek boków, podług którego takich części, jakich w *EF* było 10465 i jakich także w *AD* lub *BD* jest 10000, również *EL* ma 1090, lecz takich części, jakich *BD*, zgodnie z praktyką starożytnych, będzie posiadać 60, *EL* będzie mieć 6 i 32 sześćdziesiąte, co oczywiście nieznacznie też różni się od przekazu Ptolemeusza. Cała zatem linia *BDE* ma 10854 części, a reszta średnicy *CE* 9146 części. Lecz ponieważ epicykl w *B* zawsze ujmuje od wysokości planety 285 części, w *C* natomiast tyleż dodaje, to jest połowę swojej średnicy, dlatego największe oddalenie Saturna od środka *E* będzie miało 10569 części, a najmniejsze 9431 części, jakich w *BD* jest 10000. Według tego stosunku wysokość apogeum Saturna ma 9 i 42 sześćdziesiąte części, z jakich jedną część stanowić będzie promień orbity Ziemi, a perigeum 8 i 39 sześćdziesiątych części, z czego już wyraźnie mogą być znane paralaksy Saturna, większe u niego podług miary podanej w odniesieniu do tamtych małych przy Księżycu. A największe wynoszą, gdy Saturn znajduje się w apogeum, 5 stopni i 55 minut, w perigeum zaś 6 stopni i 39 minut, i różnią się między sobą o 44 minuty, które przypadają liniom idącym od gwiazdy na stykach z orbitą. I tym sposobem znajduje się wszelkie poszczególne różnice ruchu Saturna, które później przedstawię na raz i łącznie dla tych pięciu gwiazd.

OPISY RUCHU JOWISZA *rozdział X*

Po uporaniu się z Saturnem taką samą metodą i kolejnością opisu posłużę się także przy ruchu Jowisza, przytoczywszy przedtem trzy miejsca przekazane i opisane przez Ptolemeusza, które przez poprzednio pokazane przekształcenie kół odtworzę na nowo albo takie same, albo niewiele różniące się od siebie. Pierwsze miejsce w opozycji nocnej w 17 roku Hadriana, w egipskim miesiącu Epiphi, w pierwszym dniu miesiąca na jedną godzinę przed nadchodzącą północą znajdowało się, jak twierdzi, na 23 stopniach i 11 minutach Skorpiona, lecz po odjęciu precesji punktów równonocnych na 226 stopniach i 33 minutach. Drugą opozycję zanotował w 21 roku Hadriana, w egipskim miesiącu Phaophi, 13 dnia na dwie godziny przed następującą północą na 7 stopniach i 54 minutach Ryb, lecz w stosunku do sfery gwiazd stałych było 331 stopni i 16 minut. Trzecią w pierwszym roku Antonina, w miesiącu Athyr, w następną noc po 20 dniu miesiąca, w pięć godzin po północy na 7 stopniach i 45 minutach sfery gwiazd stałych.

Upłynęły zatem od pierwszej opozycji do drugiej 3 lata egipskie, 106 dni i 23 godziny, a widomy ruch gwiazdy wynosił 104 stopnie i 43 minuty. Od drugiej do trzeciej minął jeden rok, 37 dni i 7 godzin, a widomy ruch gwiazdy miał 36 stopni i 29 minut. W pierwszym odstępie czasu ruch średni wynosi 99 stopni i 55 minut, a w drugim 33 stopnie i 26 minut. Określił zaś łuk koła ekcentrycznego od najwyższej absydy do pierwszej opozycji na 77 stopni i 15 minut oraz następujące z kolei: od drugiej opozycji do najniższej absydy na dwa stopnie i 50 minut, a stąd do trzeciej opozycji na 30 stopni i 36 minut. Cały zaś mimośród wynosi 5 i pół części, jakich promień koła ma 60, lecz takich, jakich by on miał 10000, jest 917. Wszystko to prawie odpowiadało spostrzeżeniom.

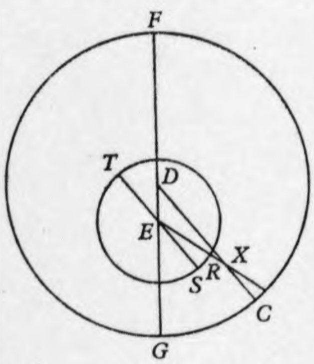
Niech będzie teraz koło *ABC*, którego łuk *AB* od pierwszej opozycji do drugiej niech ma wymienione wyżej 99 stopni i 55 minut, *BC* 33 stopnie i 26 minut, a przez środek *D* poprowadźmy średnicę *FDG*, tak aby od najwyższej absydy *F* łuk *FA* miał 77 stopni i 15 minut, *FAB* 177 stopni i 10 minut, a *GC* 30 stopni i 36 minut. Przyjmijmy dalej *E* za środek orbity Ziemi, a trzy czwarte owych 917 części, tj. 687, niech stanowią odległość *DE*, jedną zaś czwartą, równą 229, jako promieniem, nakreślmy z punktów *A*, *B* i *C* epicykle i połączmy liniami *AD*, *BD*, *CD*, *AE*, *BE* i *CE*, a w epicyklach *AK*, *BL* i *CM*, tak aby kąty *DAK*, *DBL* i *DCM* były równe kątom *ADF*, *FDB* i *FDC*, w końcu połączmy *K*, *L* i *M* prostymi również liniami z punktem *E*. Ponieważ tedy w trójkącie *ADE*, dzięki danemu kątowi *ADF*, dany jest kąt *ADE*, równy 102 stopniom i 45 minutom, oraz bok *DE* mający 687 części, jakich *AD* ma 10000, określony zostanie również trzeci bok *AE* na 10174 takie same części, kąt *EAD* na trzy stopnie i 48 minut oraz pozostały kąt *DEA* na 73 stopnie i 27 minut, a cały kąt *EAK* na 81 stopni i 3 minuty. I w trójkącie zatem *AEK* z danych dwóch boków, *EA* o 10174 częściach, jakich w *AK* jest 229, i z kąta *EAK* będzie wiadomy kąt *AEK* równy



jednemu stopniowi i 17 minutom. Stąd także pozostały kąt *KED* będzie miał 72 stopnie i 10 minut.

Podobnie okaże się w trójkącie *BED*. Pozostają bowiem zawsze równe poprzednim boki *BD* i *DE*, lecz dany jest kąt *BDE* równy 2 stopniom i 50 minutom, dlatego podstawa *BE* wypadnie na 9314 części, jakich *DB* ma 10000, a kąt *DBE* na 12 minut jednego stopnia. I tak znowu w trójkącie *ELB* dane są dwa boki i cały kąt *EBL* równy 177 stopniom i 22 minutom, dany więc będzie także kąt *LEB* wynoszący 4 minuty jednego stopnia. Gdy zsumowane razem 16 minut zostanie odjęte od kąta *FDB*, da jako resztę 176 stopni i 54 minuty, które stanowią kąt *FEL*, i gdy od niego odejmie się kąt *KED* 72 stopni i 10 minut, pozostają 104 stopnie i 44 minuty zawarte w *KEL*, kącie ruchu widomego między pierwszym i drugim spośród zaobserwowanych granic, i prawie z nim zgodne.

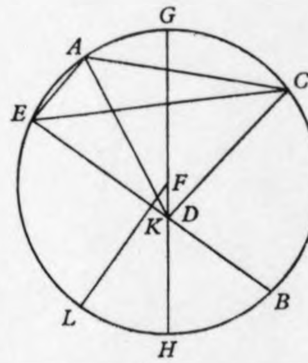
W ten sam sposób w trzecim miejscu z trójkąta *CDE*, wobec danych boków *CD* i *DE* wraz z kątem *CDE*, który miał 30 stopni i 36 minut, określona zostanie podstawa *EC* na 9410 części oraz kąt *DCE* na 2 stopnie i 8 minut. Stąd cały kąt *ECM* w trójkącie *ECM* wynosi 147 stopni i 44 minuty, z czego kąt *CEM* okaże się równy 39 minutom, a zewnętrzny kąt *DXE*, równy obu wewnętrznym, *ECX* i naprzemianległemu *CEX*, 2 stopniom i 47 minutom, o które kąt *DEM* mniejszy jest od kąta *FDC*, tak że pozostały kąt *GEM* wynosi 33 stopnie i 23 minuty, a cały kąt *LEM*, jaki był od drugiej do trzeciej opozycji, 36 stopni i 29 minut, i też zgodnie z zaobserwowanymi. Ponieważ jednak ta trzecia opozycja nocna znalazła się na 7 stopniach i 45 minutach, postępując za najniższą absydą, jak zostało wykazane, o 33 stopnie i 23 minuty, wskazuje ona na to, że miejsce najwyższej absydy odpowiednio do tego, co pozostaje do półkola, znajdowało się na 154 stopniach i 22 minutach sfery gwiazd stałych.



Nakreślmy teraz dookoła punktu *E* roczną orbitę ziemi *RST* ze średnicą *SET*, równoległą do linii *DC*. Okazało się znowu, że kąt *GDC*, któremu równy jest kąt *GES*, będzie miał 30 stopni i 36 minut i że kąt *DXE* lub równy mu *RES*, jak też łuk *RS*, ma 2 stopnie i 47 minut, jako odległość planety od średniego perigeum orbity, przez co cały łuk *TSR* od najwyższej absydy orbity osiąga 182 stopni i 47 minut. I tym potwierdza się to, że o tej godzinie trzeciej opozycji Jowisza, zaobserwowanej w pierwszym roku Antonina, 20 dnia egipskiego miesiąca Athyr w pięć godzin po następującej po nim północy, gwiazda Jowisza odpowiednio do anomalii paralaksy znajdowała się na 182 stopniach i 47 minutach, średnie jej miejsce w długości na 4 stopniach i 58 minutach, a miejsce najwyższej absydy koła ekcentrycznego na 154 stopniach i 22 minutach. Wszystko to całkowicie się zgadza z tą także moją hipotezą o ruchliwości Ziemi i najzupełniejszej jej równomierności.

TRZY INNE PÓŹNIEJ ZAOBSERWOWANE OPOZYCJE JOWISZA *rozdział XI*

Trzy miejsca gwiazdy Jowisza z dawna przekazane i w powyższy sposób rozpatrzone zastąpię trzema innymi, które także z największą dokładnością sam zaobserwowałem w czasie opozycji Jowisza. Pierwsze w 1520 roku Chrystusa, dnia trzydziestego kwietnia w 11 godzin po poprzedzającej go północy, na 200 stopniach i 28 minutach sfery gwiazd stałych. Drugie w 1526 roku Chrystusa, dnia dwudziestego ósmego listopada w trzy godziny po północy, na 48 stopniach i 34 minutach. Trzecie zaś w 1529 roku tejże ery, w sam pierwszy dzień lutego po upływie 19 godzin po północy, na 113 stopniach i 44 minutach. Od pierwszego do drugiego mamy 6 lat, 212 dni i 40 minut dniowych, w czasie których widziany ruch Jowisza liczy 208 stopni i 6 minut. Od drugiego do trzeciego upływają 2 lata egipskie, 66 dni i 39 minut dniowych, a widomy ruch gwiazdy wynosi 65 stopni i 10 minut. Ruch zaś równy w pierwszym odstępie czasu ma 199 stopni i 40 minut, a w drugim 66 stopni i 10 minut.



Dla tego przypadku nakreślmy koło ekcentryczne *ABC* i wyobraźmy sobie, że planeta porusza się po nim prosto i równomiernie, oraz oznaczmy trzy zaobserwowane miejsca w kolejności liter *A*, *B* i *C*, tak mianowicie, aby łuk *AB* miał 199 stopni i 40 minut, *BC* 66 stopni i 10 minut, a pozostały wobec tego łuk koła *AC* 94 stopnie i 10 minut. Przyjmijmy także *D* za środek rocznej orbity ziemi i połączmy go liniami *AD*, *BD* i *CD*, z których dowolną, na przykład *DB*, przedłużmy w prostą linię do obu części koła i niech nią będzie *BDE*, oraz poprowadźmy linie łączące *AC*, *AE* i *CE*. Skoro tedy kąt ruchu widomego *BDC* ma 65 stopni i 10 minut, jakich cztery środkowe kąty proste zawierają 360, to i przyległy doń kąt *CDE* będzie miał 114 podobnych stopni i 50 minut, lecz takich stopni, jakich w dwóch wpisanych kątach prostych jest 360, będzie on miał 229 i 40 minut, kąt zaś *CED* na łuku *BC* 66 stopni i 10 minut, a zatem i pozostały kąt *DCE* 64 stopnie i 10 minut. W trójkącie więc *CDE* o danych kątach dane są boki, *CE* równy 18150 oraz *ED* 10918 częściom, jakich średnica opisującego trójkąt koła będzie miała 20000.

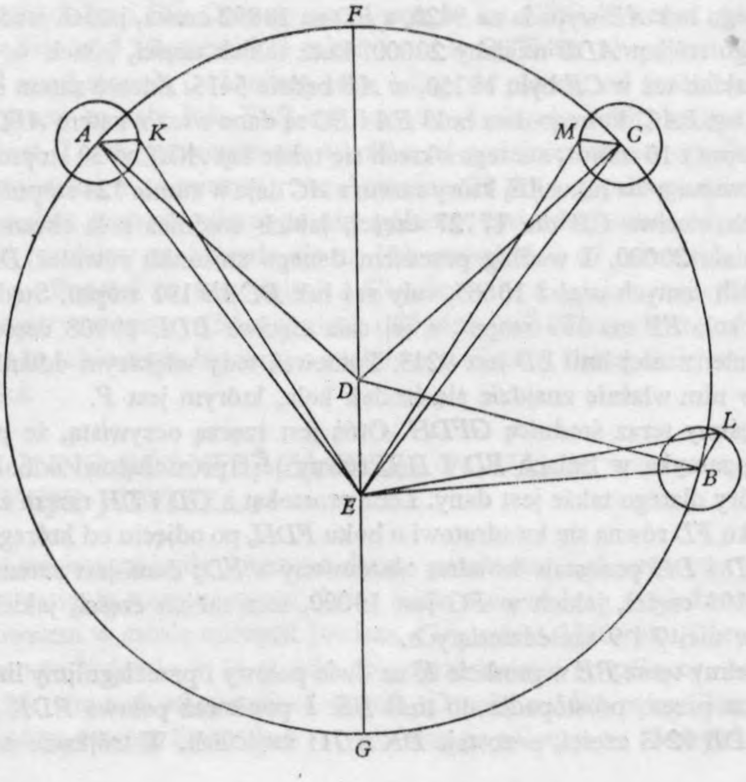
Podobnie w trójkącie *ADE*, ponieważ dany jest kąt *ADB* o 151 stopniach i 54 minutach, jako reszta koła do danej odległości od pierwszej opozycji do drugiej, i przyległy zatem do niego kąt *ADE* jako środkowy będzie miał 28 stopni i 6 minut, lecz jako wpisany 56 stopni i 12 minut, a kąt *AED* na łuku *BCA* 160 stopni i 20 minut: pozostały więc kąt *EAD* będzie miał 143 stopnie i 28 minut, wobec czego bok *AE* wypada na 9420, a *ED* na 18992 części, jakich średnica koła opisującego trójkąt *ADE* miałaby 20000. Lecz takich części, jakich w *ED* było 10918 i jakich też w *CE* było 18150, w *AE* będzie 5415. Znowu zatem będziemy mieli trójkąt *EAC*, którego dwa boki *EA* i *EC* są dane wraz z kątem *AEC* na łuku *AC* 94 stopni i 10 minut, a z tego określi się także kąt *ACE* na 30 stopni i 40 minut, jako wsparty na łuku *AE*, który razem z *AC* daje w sumie 124 stopnie i 50 minut, a ich cięciwa *CE* ma 17727 części, jakich średnica koła ekscentrycznego będzie miała 20000. I według przedtem danego stosunku również *DE* będzie mieć takich samych części 10665, cały zaś łuk *BCAE* 191 stopni. Stąd wynika, że reszta koła *EB* ma 169 stopni, a jej cała cięciwa *BDE* 19908 części, jakich w pozostałej z niej linii *BD* jest 9243. Ponieważ tedy większym odcinkiem jest *BCAE*, w nim właśnie znajdzie się środek koła, którym jest *F*.

Nakreślmy teraz średnicę *GFDH*. Otóż jest rzeczą oczywistą, że prostokąt, który się zamyka w liniach *ED* i *DB*, równy jest prostokątowi o bokach *GD* i *DH*, który dlatego także jest dany. Lecz prostokąt z *GD* i *DH* razem z kwadratem o boku *FD* równa się kwadratowi o boku *FDH*, po odjęciu od którego prostokąta z *GD* i *DH* pozostaje kwadrat zbudowany z *FD*; dana jest zatem długość *FD* na 1193 części, jakich w *FG* jest 10000, lecz takich części, jakich byłoby 60, jest w niej 7 i 9 sześćdziesiątych.

Podzielmy teraz *BE* w punkcie *K* na dwie połowy i przeciągnijmy linię *FKL*: będzie ona przeto prostopadła do linii *BE*. I ponieważ połowa *BDK* ma 9954 części, a *DB* 9243 części, pozostaje *DK* o 711 częściach. W trójkącie więc *DFK* o danych bokach dany jest także kąt *DFK* równy 36 stopniom i 35 minutom oraz łuk *LH* o podobnych 36 stopniach i 35 minutach. Lecz cały łuk *LHB* ma 84 i pół stopnia, pozostaje ich różnica *BH* o 47 stopniach i 55 minutach, jako odległość drugiego miejsca od perigeum, a reszta, która idzie dalej do apogeum, *BCG* wynosi 132 stopnie i 5 minut, po odjęciu zaś 66 stopni i 10 minut łuku *BC* pozostaje 65 stopni i 55 minut od trzeciego miejsca do apogeum. Te znowu odjęte od 94 stopni i 10 minut pozostawiają 28 stopni i 15 minut od apogeum do pierwszego miejsca epicykla.

To oczywiście mało się zgadza ze zjawiskami, gdyż planeta nie biegnie po przedstawionym kole ekcentrycznym, tak że ten sposób dowodzenia, oparty na niepewnym założeniu, nie może przynieść nic pewnego. Wskazówką tego między wielu innymi jest także to, że u Ptolemeusza wykazał on dla Saturna większy od rzeczywistego rozstęp środków, dla Jowisza mniejszy, a u mnie znowu znacznie większy, tak że wyraźnie się pokazuje, iż po przyjęciu wciąż innych łuków koła u jednej planety nie w ten sam sposób wypada to, czego się szuka. I nie było możliwe inaczej ułożyć równy i widomy ruch Jowisza w tych trzech przedstawionych, a następnie we wszystkich innych granicach, jak tylko przyjmując całe odchylenie środków mimośrodu podane przez Ptolemeusza na 5 i 30 sześćdziesiątych części, jakich promienie koła ekcentrycznego będą mieć 60, a na 917 części, jakich będzie w nich 10000, oraz to, że łuki wynoszą: od najwyższej absydy do pierwszej opozycji 45 stopni i 2 minuty, od najniższej absydy do drugiej opozycji 64 stopnie i 42 minuty i od trzeciej opozycji do najwyższej absydy 49 stopni i 8 minut.

Nakreślmy bowiem powtórnie poprzednią figurę ekcentroepicykla, tak jednak, aby odpowiadała temu wypadkowi. Podług mojej tedy hipotezy jako trzy czwarte

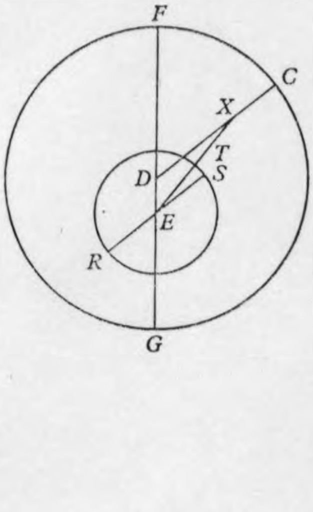


całego rozstępu środków będzie 687 części w *DE*, a jako pozostała czwarta część 229 części w epicyklu, jakich w *FD* będzie 10000. Skoro zatem kąt *ADF* będzie miał 45 stopni i 2 minuty, *ADE* będzie trójkątem o dwóch danych bokach *AD* i *DE* wraz z kątem *ADE*, z czego się okaże, że trzeci bok *AE* zawiera 10496 części, jakich *AD* ma 10000, a kąt *DAE* dwa stopnie i 39 minut. A ponieważ kąt *DAK* przyjmuje się jako równy kątowi *ADF*, cały kąt *EAK* będzie miał 47 stopni i 34 minuty, a wraz z nim dane są także dwa boki *AK* i *AE* trójkąta *AEK*, które określają kąt *AEK* na 57 minut, a gdy go razem z kątem *DAE* odejmie się od *ADF*, pozostaje kąt *KED* 41 stopni i 26 minut w czasie pierwszej opozycji nocnej.

Podobnie pokaże się w trójkącie *BDE*. Ponieważ dane są dwa boki *BD* i *DE* oraz kąt *BDE* o 64 stopniach i 42 minutach, będzie tutaj znany także trzeci bok *BE* o 9725 częściach, jakich *BD* ma 10000, oraz kąt *DBE* równy 3 stopniom i 40 minutom. A zatem i w trójkącie *BEL* dane są także dwa boki *BE* i *BL* wraz z całym kątem *EBL* wynoszącym 118 stopni i 58 minut, i będzie też dany kąt *BEL* mający jeden stopień i 10 minut, a stąd kąt *DEL* 110 stopni i 28 minut. Lecz już było również wiadome, że kąt *AED* miał 41 stopni i 26 minut, cały więc kąt *KEL* zawiera 151 stopni i 54 minuty. Reszta zatem z czterech kątów prostych, równych 360 stopniom, wynosi zgodnie z obserwacjami 208 stopni i 6 minut dla ruchu widomego między pierwszą i drugą opozycją.

Dla trzeciego wreszcie miejsca dane są w taki sam sposób boki *DC* i *DE* trójkąta *CDE*, a także kąt *CDE* o 130 stopniach i 52 minutach. Wobec danego kąta *FDC* trzeci bok *DE* wypadnie na 10463 części, jakich także *CD* ma 10000, a kąt *DCE* na 2 stopnie i 51 minut, cały więc kąt *ECM* na 51 stopni i 59 minut. Podobnie też dane są dwa boki *CM* i *CE* trójkąta *ECM* oraz kąt *MCE*. Stanie się także wiadomy kąt *MEC*, a wynosi on jeden stopień i razem z przedtem znalezionym kątem *DCE* równy jest różnicy między kątami równego i widomego ruchu *FDC* i *DEM*, i w ten właśnie sposób kąt *DEM* będzie miał przy trzeciej opozycji 45 stopni i 17 minut. Lecz już zostało wykazane, że kąt *DEL* miał 110 stopni i 28 minut, kąt zatem *LEM*, który stanowi ich różnicę, będzie miał 65 stopni i 11 minut od drugiej do trzeciej zaobserwowanej opozycji, zgadzając się również z obserwacjami. Ponieważ zaś trzecie miejsce Jowisza zostało dostrzeżone właśnie na 113 stopniach i 44 minutach sfery gwiazd stałych, wskazuje ono miejsce najwyższej absydy Jowisza na 159 prawie stopniach.

Jeśli zaś teraz dookoła punktu *E* nakreślimy orbitę Ziemi *RST*, której średnica *RES* niech będzie równoległa do *DC*, wtedy jest rzeczą oczywistą, że w trzeciej opozycji Jowisza kąt *FDC*, któremu równy jest kąt *DES*, miał 49 stopni i 8 minut i że w *R* jest apogeum równego ruchu przy paralaksie. Atoli teraz Ziemia, przebywszy półkole i łuk *ST*, znalazła się w koniunkcji z Jowiszem w czasie jego opozycji i ten właśnie łuk *ST* ma 3 stopnie i 51 minut odpowiednio do tego, jak kąt *SET* został określony w takim wymiarze. Przeto jasno z tego widać, że w 1529 roku Chrystusa, pierwszego dnia lutego w 19 godzin po północy, anomalia równej paralaksy Jowisza znajdowała się na 183 stopniach i 51 minutach, własnym natomiast ruchem był on na 109 stopniach i 52 minutach, i że apogeum koła ekscentrycznego znajduje się już prawie na 159 stopniach od rogu gwiaździstego Barana, czego należało właśnie dociec.



POTWIERDZENIE RÓWNEGO RUCHU JOWISZA *rozdział XII*

A tymczasem zostało już wyżej zauważone, że przy ostatniej spośród trzech nocnych opozycji obserwowanych przez Ptolemeusza gwiazda Jowisza z anomalią paralaks, wynoszącą 182 stopnie i 47 minut, znajdowała się swoim średnim ruchem na 4 stopniach i 58 minutach. Z tego wiadomo, że w pośrednim czasie między obiema obserwacjami przeminął w ruchu paralaksy Jowisza poza pełnymi obrotami jeden stopień i 5 minut, a w jego własnym ruchu prawie 104 stopnie i 54 minuty. Okres zaś czasu, który upłynął od pierwszego roku Antonina, od dwudziestego dnia egipskiego miesiąca Athyr w pięć godzin po następującej północy, aż do 1529 roku Chrystusa, do samego pierwszego dnia lutego w 19 godzin po poprzedzającej północy, wynosi 1392 lata egipskie, 99 dni i 37 minut dniowych. Temu też okresowi czasu, zgodnie z wyżej podaną liczbą, podobnie odpowiada jeden stopień i 5 minut poza całkowitymi i równymi obrotami, o które Ziemia tysiąc dwieście siedemdziesiąt cztery razy doścignąwszy Jowisza wyprzedziła go. I tak liczba, zgodna z naocznymi doświadczeniami, uchodzi za pewną i sprawdzoną. Oczywistą jest nadto rzeczą, że w tym również czasie najwyższa i najniższa absyda koła ekscentrycznego zmieniły się w kierunku sekwencji o 4 i pół stopnia. Przy równym podziale przypada blisko jeden stopień na trzysta lat.

WYZNACZENIE MIEJSC PIERWIASTKOWYCH RUCHU JOWISZA *rozdział XIII*

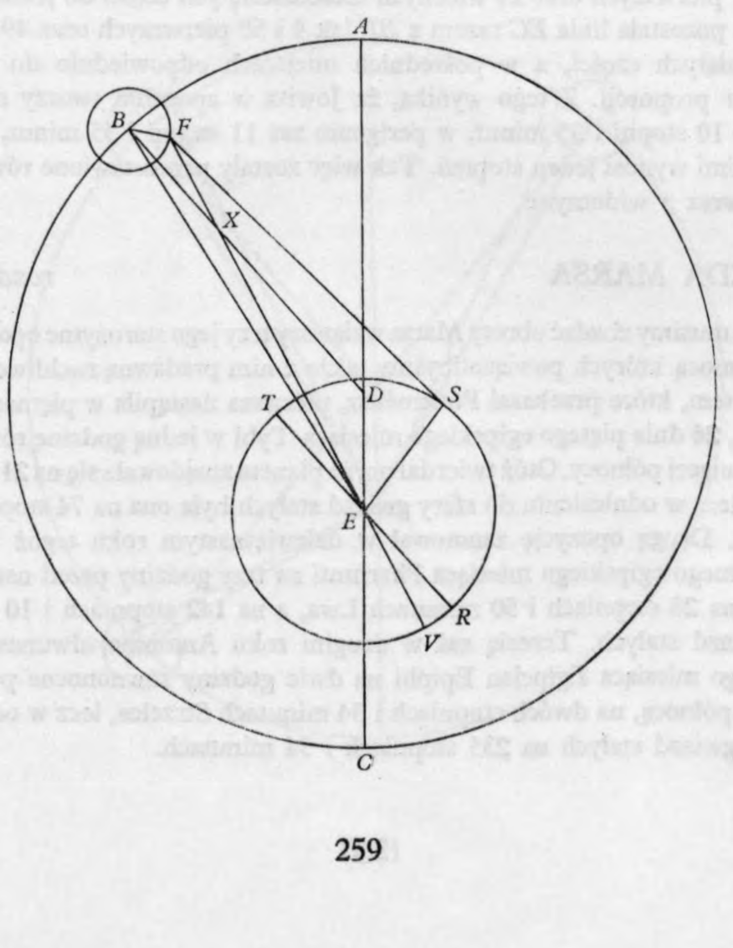
Ponieważ zaś okres czasu od ostatniej z trzech obserwacji w pierwszym roku Antonina, w dwudziestym dniu miesiąca Athyr w cztery godziny po następującej północy, wstecz do początku lat Chrystusa wynosi 136 lat egipskich, 314 dni i 10 minut dniowych, w ciągu których średni ruch paralaks wynosi 84 stopnie i 31 minut, to gdy się je odejmie od 182 stopni i 47 minut, pozostaje dla północy przed pierwszym dniem stycznia na początku lat Chrystusa 98 stopni i 16 minut. Odtąd do pierwszej Olimpiady w ciągu 775 lat egipskich i 12 i pół dni poza całkowitymi obrotami oblicza się ruch na 70 stopni i 58 minut, a te odjęte od 98 stopni i 16 minut pozostawiają 27 stopni i 18 minut dla miejsca pierwiastkowego Olimpiad. Od niego z upływem 451 lat i 247 dni wyrasta 110 stopni i 52 minuty, które wraz z olimpijskimi dają sumę 138 stopni i 10 minut dla miejsca pierwiastkowego lat Aleksandra w południe pierwszego dnia egipskiego miesiąca Thot. I w ten sposób dla innych dowolnych okresów czasu.

OKREŚLANIE PARALAKS JOWISZA I JEGO WYSOKOŚCI W STOSUNKU DO ORBITY OBROTU ZIEMSKIEGO *rozdział XIV*

Aby zaś określić również pozostałe zjawiska u Jowisza, które są związane z paralaksą, zaobserwowałem najdokładniej jego miejsce w 1520 roku Chrystusa, w osiemnastym dniu lutego na sześć godzin przed południem. I zauważyłem za pomocą przyrządu, że Jowisz wyprzedzał pierwszą, jaśniejszą gwiazdę na czole Skorpiona o 4 stopnie i 31 minut, a ponieważ miejsce gwiazdy stałej znajdowało się na 209 stopniach i 40 minutach, oczywistą jest rzeczą, że miejsce Jowisza było na 205 stopniach i 9 minutach sfery gwiazd stałych. Od początku zatem lat Chrystusa aż do czasu tej obserwacji upływa 1520 równych lat, 62 dni i 15 minut dniowych, z czego wyprowadza się średni ruch Słońca na 309 stopni i 16 minut, anomalię zaś paralaksy na 111 stopni i 15 minut, a z nich ustala się średnie miejsce gwiazdy Jowisza na 198 stopni i 1 minutę. A ponieważ obecnie w naszych czasach miejsce najwyższej absydy koła ekcentrycznego okazało się na 159 stopniach, anomalia koła ekcentrycznego Jowisza była na 39 stopniach i jednej minucie.

Dla tego przypadku nakreślmy koło ekcentryczne *ABC*, którego środkiem niech będzie *D*, a średnicą *ADC*; w *A* niech będzie apogeum, w *C* perigeum, i wobec tego na *DC* niech *E* będzie środkiem rocznej orbity Ziemi. Przyjmijmy dalej łuk *AB* równy 39 stopniom i jednej minucie, i wziąwszy punkt *B* za środek, opiszmy epicykl trzecią częścią odległości *DE*, linią *BF*; niech także kąt *DBF* będzie równy kątowi *ADB* i nakreślmy łączące linie proste *BD*, *BE* i *FE*. Ponieważ tedy w trójkącie *BDE* dane są dwa boki — *DE* o 687 częściach, jakich *BD* ma 10000 — obejmujące dany kąt *BDE* 140 stopni i 59 minut, to z nich pokaże się, że podstawa *BE* ma takich samych części 10543, a kąt *DBE* 2 stopnie i 21 minut, o jakie *BED* różni się od *ADB*. Cały więc kąt *EBF* będzie miał 41 stopni i 22 minuty. W trójkącie zatem *EBF* dany jest właśnie kąt *EBF* z dwoma obejmującymi go bokami, *EB* o 10543 częściach, jakich *BF*, jako trzecia część odległości *DE*, ma 229 i jakich także w *BD* jest 10000.

Z tego wynika, że pozostały z nich bok *FE* ma 10373 części, a kąt *BEF* 50 minut. Wobec zaś przecinających się w punkcie *X* linii *BD* i *FE* kąt przecięcia *DXE* będzie różnicą między *FED* i *BDA*, kątami średniego i prawdziwego ruchu,



a jest sumą kątów *DBE* i *BEF* 3 stopni i 11 minut, które odjęte od 39 stopni i 1 minuty dają jako resztę kąt *FED* 35 stopni i 50 minut od najwyższej absydy koła ekscentrycznego do gwiazdy. Ale miejsce najwyższej absydy było na 159 stopniach, razem więc dają 194 stopnie i 50 minut. To było prawdziwe miejsce Jowisza w odniesieniu do środka *E*, lecz dostrzeżone zostało na 205 stopniach i 9 minutach, różnica zatem 10 stopni i 19 minut należy do paralaksy.

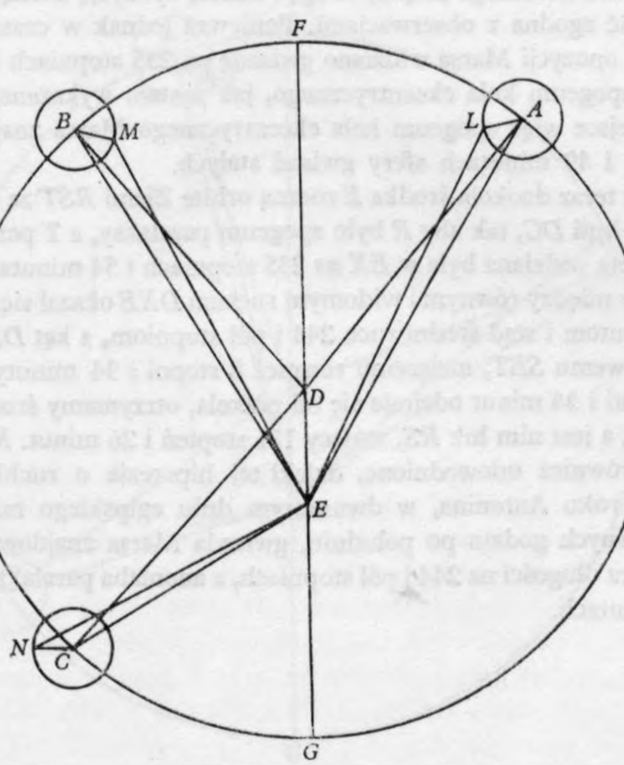
Nakreślmy teraz dookoła środka *E* orbitę ziemi *RST*, której średnica *RET* niech będzie równoległa do *BD*, tak aby *R* było apogeum paralaksy. Przyjmijmy także odpowiednio do rozmiaru średniej anomalii paralaksy łuk *RS* równy 111 stopniom i 15 minutom i przeciągnijmy *FEV* w prostej linii przez oba łuki orbity Ziemi. I tak w *V* będzie prawdziwe apogeum planety, a kąt różnicy *REV*, równy kątowi *DXE*, określa cały łuk *VRS* na 114 stopni i 26 minut, pozostały zaś kąt *FES* na 65 stopni i 34 minuty. Lecz ponieważ kąt *EFS* okazał się równy 10 stopniom i 19 minutom, a pozostały kąt *FSE* 104 stopniom i 7 minutom, w trójkącie *EFS* o danych kątach dany będzie stosunek boków *FE* do *ES* jak 9698 do 1791. Jakich zatem części *FE* ma 10373 i jakich również w *BD* jest 10000, takich w *ES* będzie 1916. Ptolemeusz zaś znalazł *ES* równe 11 i 30 sześćdziesiątym częściom, jakich promień koła ekscentrycznego ma 60, a ich stosunek jest prawie taki sam, jak 10000 części do 1916, i dlatego wydaję się w tym niczym się od niego nie różnić. Średnica zatem *ADC* ma się tak do średnicy *RET* jak 5 i 13 sześćdziesiątych części do jednej, i podobnie *AD* do *ES* lub do *RE* jak 5 i 13 pierwszych oraz 9 wtórnych sześćdziesiątych części do jednej. Tak więc *DE* będzie mieć 21 pierwszych i 29 wtórnych sześćdziesiątych części, a *BF* 7 pierwszych i 10 wtórnych sześćdziesiątych części. Gdy zatem Jowisz znajduje się w apogeum, cała linia *ADE* zmniejszona o *BF* będzie się miała do połowy średnicy orbity ziemskiej jak 5 i 27 pierwszych oraz 29 wtórnych sześćdziesiątych części do jednej, w perigeum zaś pozostała linia *EC* razem z *BF* jak 4 i 58 pierwszych oraz 49 wtórnych sześćdziesiątych części, a w pośrednich miejscach odpowiednio do tego, jak wypada z proporcji. Z tego wynika, że Jowisz w apogeum tworzy największą paralaksę 10 stopni i 35 minut, w perigeum zaś 11 stopni i 35 minut, a różnica między nimi wynosi jeden stopień. Tak więc zostały przedstawione równe ruchy Jowisza wraz z widomymi.

GWIAZDA MARSA *rozdział XV*

Teraz musimy zbadać obroty Marsa wziąwszy trzy jego starożytne opozycje nocne, za pomocą których powiązalibyśmy także z nim pradawną ruchliwość Ziemi. Z tych zatem, które przekazał Ptolemeusz, pierwsza nastąpiła w piętnastym roku Hadriana, 26 dnia piątego egipskiego miesiąca Tybi w jedną godzinę równonocną po następującej północy. Otóż twierdzi on, że planeta znajdowała się na 21 stopniach Bliźniąt, lecz w odniesieniu do sfery gwiazd stałych była ona na 74 stopniach i 20 minutach. Drugą opozycję zanotował w dziewiętnastym roku tegoż Hadriana, 6 dnia ósmego egipskiego miesiąca Pharmuti na trzy godziny przed nadchodzącą północą, na 28 stopniach i 50 minutach Lwa, a na 142 stopniach i 10 minutach sfery gwiazd stałych. Trzecią zaś w drugim roku Antonina, dwunastego dnia jedenastego miesiąca Egipcjan Epiphi na dwie godziny równonocne przed nadchodzącą północą, na dwóch stopniach i 34 minutach Strzelca, lecz w odniesieniu do sfery gwiazd stałych na 235 stopniach i 54 minutach. ×

Między pierwszą zatem i drugą upłynęły 4 lata egipskie, 69 dni i 20 godzin, czyli 50 minut dniowych, a widomy ruch gwiazdy wynosił poza całkowitymi obrotami 67 stopni i 50 minut. Od drugiej zaś opozycji do trzeciej minęły 4 lata, 96 dni i jedna godzina, a widomy ruch gwiazdy miał 93 stopnie i 44 minuty. Średni zaś ruch w pierwszym odstępie czasu poza pełnymi okrążeniami wynosił 81 stopni i 44 minuty, w drugim 95 stopni i 28 minut. Z kolei znalazł cały rozstęp środków równy 12 częściom, jakich promień koła ekscentrycznego miałby 60, lecz takich, jakich będzie 10000, proporcjonalnie wypadają 2000. Ponadto w średnich ruchach od pierwszej opozycji do najwyższej absydy znalazł 41 stopni i 33 minuty, a następnie, wyprowadzając jedno z drugiego, drugą opozycję na 40 stopniach i 11 minutach od najwyższej absydy oraz od trzeciej opozycji do najniższej absydy 44 stopnie i 21 minut.

Natomiast według mojej hipotezy o równych ruchach między środkami koła ekscentrycznego i orbity Ziemi przypadną trzy czwarte owych części, tj. 1500, a pozostała czwarta część, 500, połowie średnicy epicykla. Nakreślmy teraz w ten sposób koło ekscentryczne *ABC*, aby jego środkiem było *D*, a średnicą przechodzącą przez obie absydy *FDG*, i na niej niech *E* będzie środkiem orbity rocznego obrotu, a punktami zaobserwowanych opozycji niech będą kolejno *A*, *B* i *C*, lecz łuk *AF* niech wynosi 41 stopni i 33 minuty, *FB* 40 stopni i 11 minut, a *CG* 44 stopnie i 21 minut; nadto z poszczególnych punktów *A*, *B* i *C* nakreślmy trzecią częścią odległości *DE* epicykle i połączmy je liniami *AD*, *BD*, *CD*, *AE*, *BE* i *CE*, a w epicyklach *AL*, *BM* i *CN*, tak jednak, aby kąty *DAL*, *DBM* i *DCN* były równe kątom *ADF*, *BDF* i *CDF*. Ponieważ tedy w trójkącie *ADE* kąt *ADE* o 138 stopniach i 27 minutach jest dany przez



dany kąt *FDA* oraz dwa boki *AD* i *DE*, a mianowicie *DE* o 1500 częściach, jakich *AD* ma 10 000, to z nich wynika, że pozostały bok *AE* ma takich samych części 11172, a kąt *DAE* 5 stopni i 7 minut, cały zatem kąt *EAL* wynosi 46 stopni i 40 minut. Tak też w trójkącie *EAL* dany jest kąt *EAL* wraz z dwoma bokami, *AE* o 11 172 częściach i *AL* o 500 częściach, jakich w *AD* było 10000: będzie więc dany również kąt *AEL* o jednym stopniu i 56 minutach, który razem z kątem *DAE* daje całą różnicę między *ADF* i *LED* 7 stopni i 3 minut, a nadto kąt *DEL* ma 34 i pół stopnia.

Podobnie przy drugiej opozycji nocnej w trójkącie *BDE* dany jest kąt *BDE* 139 stopni i 49 minut oraz bok *DE* o 1500 częściach, jakich *BD* ma 10000: tworzą one bok *BE* o 11188 częściach, kąt *BED* 35 stopni i 13 minut oraz pozostały kąt *DBE* 4 stopni i 58 minut. Cały więc zawarty między danymi bokami *BE* i *BM* kąt *EBM* wynosi 45 stopni i 9 minut, z czego wynika, że kąt *BEM* ma jeden stopień i 53 minuty, a pozostały kąt *DEM* 33 stopnie i 20 minut. Cały więc kąt *MEL*, pod którym także widziany był ruch gwiazdy od pierwszej opozycji nocnej do drugiej, wynosi 67 stopni i 50 minut, i liczba ta zgodna jest z doświadczeniem.

Ponieważ znowu przy trzeciej opozycji nocnej trójkąt *CDE* ma dwa dane boki *CD* i *DE*, które obejmują kąt *CDE* 44 stopni i 21 minut i określają podstawę *CE* na 8988 części, jakich *CD* ma 10000 lub *DE* 1500, oraz kąt *CED* na 128 stopni i 57 minut wraz z pozostałym kątem *DCE* 6 stopni i 42 minuty, tak też znowu w trójkącie *CEN* cały kąt *ECN* 142 stopni i 21 minut objęty jest znanymi bokami *EC* i *CN*, z których będzie również dany kąt *CEN* równy jednemu stopniowi i 52 minutom: pozostaje więc przylegający doń kąt *NED* równy 127 stopniom i 5 minutom przy trzeciej opozycji nocnej. Zostało zaś już wykazane, że kąt *DEM* miał 33 stopnie i 20 minut, pozostaje więc kąt *MEN* 93 stopni i 45 minut, i on jest kątem ruchu widomego między drugą i trzecią opozycją nocną, w czym także liczba jest dość zgodna z obserwacjami. Ponieważ jednak w czasie tej ostatniej obserwowanej opozycji Marsa widziano gwiazdę na 235 stopniach i 54 minutach, oddaloną od apogeum koła ekscentrycznego, jak zostało wykazane, o 127 stopni i 5 minut, miejsce więc apogeum koła ekscentrycznego Marsa znajdowało się na 108 stopniach i 49 minutach sfery gwiazd stałych.

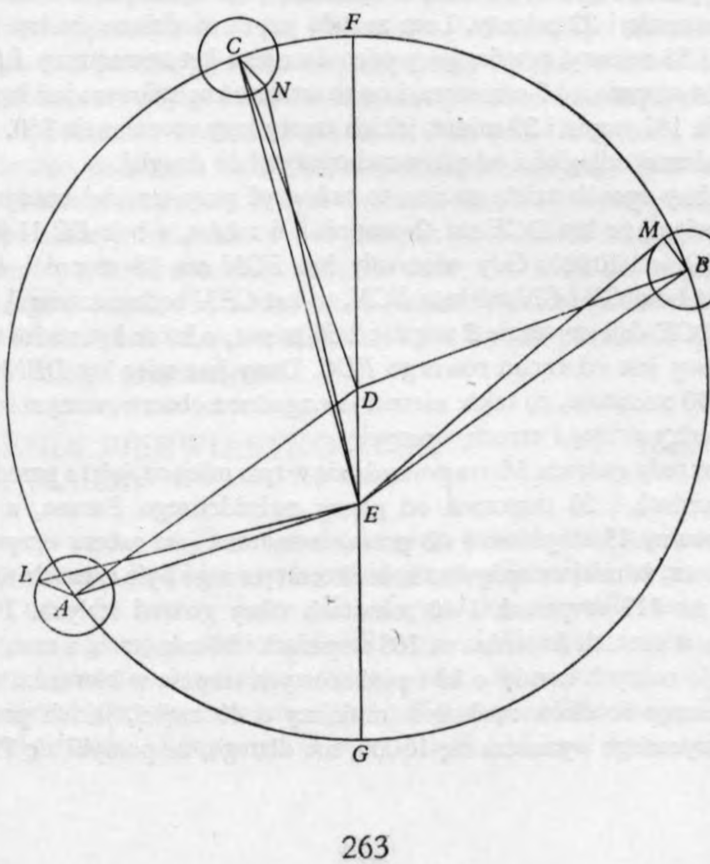
Nakreślmy teraz dookoła środka *E* roczną orbitę Ziemi *RST* ze średnicą *RET*, równoległą do linii *DC*, tak aby *R* było apogeum paralaksy, a *T* perigeum. Ponieważ tedy planeta widziana była w *EX* na 235 stopniach i 54 minutach w długości, kąt zaś różnicy między równym i widomym ruchem *DXE* okazał się równy 8 stopniom i 34 minutom i stąd średni ruch 244 i pół stopniom, a kąt *DXE* równy jest kątowi środkowemu *SET*, mającemu również 8 stopni i 34 minuty, przeto jeżeli łuk *ST* 8 stopni i 34 minut odejmie się od półkola, otrzymamy średni ruch paralaksy gwiazdy, a jest nim łuk *RS*, mający 171 stopień i 26 minut. Między innymi więc mamy również udowodnione, dzięki tej hipotezie o ruchliwości Ziemi, że w drugim roku Antonina, w dwunastym dniu egipskiego miesiąca Epiphi w dziesięć równych godzin po południu, gwiazda Marsa znajdowała się podług średniego ruchu długości na 244 i pół stopniach, a anomalia paralaksy na 171 stopniach i 26 minutach.

TRZY INNE OSTATNIO ZAOBSERWOWANE OPOZYCJE NOCNE GWIAZDY MARSA

rozdział XVI

Z tymi także obserwacjami Ptolemeusza nad Marsem zestawiłem trzy inne, które przeprowadziłem nie bez staranności. Pierwszą w 1512 roku Chrystusa, piątego czerwca w jedną godzinę po północy, a miejsce Marsa znajdowało się na 235 stopniach i 33 minutach, odpowiednio do tego, jak Słońce stało naprzeciwko na 55 stopniach i 33 minutach od pierwszej gwiazdy Barana, jako początku sfery gwiazd stałych. Drugą w 1518 roku Chrystusa, dwunastego grudnia w 8 godzin po południu, a gwiazda ukazała się na 63 stopniach i 2 minutach. Trzecią zaś w 1523 roku tejże ery, dwudziestego drugiego lutego na 7 godzin przed południem, na 133 stopniach i 20 minutach. Od pierwszej zatem do drugiej upłynęło 6 lat egipskich, 191 dni i 45 minut dniowych, od drugiej do trzeciej 4 lata, 72 dni i 23 minuty dniowe. Ruch widomy w pierwszym odstępie czasu wynosił 187 stopni i 29 minut, równy zaś 168 stopni i 7 minut; w drugim przeciągu czasu ruch widomy 70 stopni i 18 minut, równy 83 stopnie.

Nakreślmy teraz powtórnie koło ekcentryczne Marsa, z tym wszakże, żeby łuk *AB* miał teraz 168 stopni i 7 minut, a *BC* 83 stopnie. W podobny zatem sposób (aby pominąć milczeniem wielką ilość, powikłanie i przesyt owych liczb), jakiego użyłem przy Saturnie i Jowiszu, znalazłem w końcu również u Marsa apogeum na łuku *BC*. Bo że nie mogło być ono na *AB*, wyraźnie widać z tego, iż ruch widomy był większy od średniego, mianowicie o 19 stopni i 22 minuty, ani też przeciwnie na *CA*, ponieważ wyprzedzający go łuk *BC*, chociażby był mniejszy,



większą jednak różnicą przewyższa ruch widomy niż *CA*. Lecz jak wyżej zostało wykazane, na kole ekcentrycznym odbywa się przy apogeach ruch mniejszy i osłabiony. Słuszne zatem będzie mniemanie, że właśnie na *BC* jest apogeum, którym niech będzie *F*, a średnicą koła *FDG*, na której niech będzie także środek orbity Ziemi. Znalazłem tedy łuk *FCA* równy 125 stopniom i 29 minutom, a następnie dalsze łuki, *BF* 66 stopni i 18 minut i *FC* 16 stopni i 36 minut, rozstęp zaś środków *DE* o 1460 częściach, jakich promień *DF* ma 10000; ponadto połowa średnicy epicykla ma takich samych części 500, z czego się pokazuje, że widomy i równy ruch wzajemnie się wiążą z sobą i są zupełnie zgodne z doświadczeniami.

Uzupełnijmy więc figurę jak przedtem. Otóż okaże się, że ponieważ dwa boki *AD* i *DE* trójkąta *ADE* są znane wraz z kątem *ADE*, który wynosił 54 stopnie i 31 minutę od pierwszej opozycji Marsa do perigeum, kąt *DAE* wypadnie na 7 stopni i 24 minuty, a pozostały kąt *AED* na 118 stopni i 5 minut, jak również trzeci bok *AE* na 9229 części. Z założenia zaś kąt *DAL* równy jest kątowi *FDA*, cały więc kąt *EAL* ma 132 stopnie i 53 minuty. Tak też w trójkącie *EAL* dane są dwa boki *EA* i *AL*, obejmujące dany kąt *A*, pozostały więc kąt *AEL* ma 2 stopnie i 12 minut, i tak pozostaje kąt *LED* równy 115 stopniom i 53 minutom.

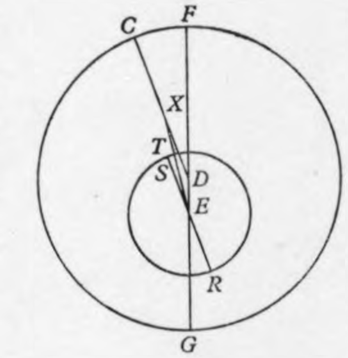
Podobnie się okaże przy drugiej opozycji, że skoro w trójkącie *BDE* dwa dane boki *DB* i *DE* obejmują kąt *BDE* 113 stopni i 35 minut, kąt *DBE* będzie miał na podstawie twierdzeń o trójkątach płaskich 7 stopni i 11 minut, a pozostały kąt *DEB* 59 stopni i 14 minut, jak też podstawa *BE* 10668 części, jakich *DB* ma 10000 i *BM* 500, a także cały kąt *EBM* 73 stopnie i 36 minut.

Tak również w trójkącie *EBM* o danych bokach, obejmujących dany kąt, okaże się, że kąt *BEM* ma 2 stopnie i 36 minut, przylegający zaś do niego kąt *DEM* 56 stopni i 38 minut, a z kolei uzupełniający go kąt zewnętrzny od perigeum *MEG* 123 stopnie i 22 minuty. Lecz zostało już dowiedzione, że kąt *LED* miał 115 stopni i 53 minuty, przylegający więc do niego kąt zewnętrzny *LEG* będzie się równał 64 stopniom i 7 minutom, i on to wraz ze znalezionym już kątem *GEM* daje w sumie 187 stopni i 29 minut, jakich cztery kąty proste mają 360. Odpowiadają one widomej odległości od pierwszej opozycji do drugiej.

W podobny sposób także można to zobaczyć przy trzeciej opozycji. Pokazuje się bowiem, że kąt *DCE* ma 2 stopnie i 6 minut, a bok *EC* 11407 części, jakich w *CD* jest 10000. Gdy więc cały kąt *ECN* ma 18 stopni i 42 minuty i dane są już boki *CE* i *CN* trójkąta *ECN*, to kąt *CEN* będzie zawierał 50 minut, a razem z *DCE* daje w sumie 2 stopnie i 56 minut, o które kąt ruchu widomego *DEN* mniejszy jest od ruchu równego *FDC*. Dany jest więc kąt *DEN* równy 13 stopniom i 40 minutom, co także niemal jest zgodne z obserwowanym ruchem widomym między drugą i trzecią opozycją.

Ponieważ tedy gwiazda Marsa pojawiła się w tym miejscu, jak to przedstawiłem, na 133 stopniach i 20 minutach od głowy gwiaździstego Barana, a kąt *FEN* okazał się równy 13 stopniom i 40 prawie minutom, jest rzeczą oczywistą przy liczeniu wstecz, że miejsce apogeum koła ekcentrycznego było w czasie tej ostatniej obserwacji na 119 stopniach i 40 minutach sfery gwiazd stałych. Ptolemeusz znajdywał je w czasach Antonina na 108 stopniach i 50 minutach, a zatem zmieniło się ono aż do naszych czasów o 10 i pięć szóstych stopnia w kierunku sekwencji. Również rozstęp środków znalazłem mniejszy o 40 części, jakich promieniowi koła ekcentrycznego wyznacza się 10000, nie dlatego, że pomylił się Ptolemeusz lub ja, lecz wobec oczywistego świadectwa, iż środek wielkiej orbity ziemskiej zbliżył się do środka orbity Marsa, gdy tymczasem Słońce pozostawało nieruchome. One bowiem odpowiadają sobie niemal wzajemnie, jak się to niżej jaśniej słońca okaże.

Nakreślmy teraz ze środka *E* roczną orbitę Ziemi z jej średnicą, którą niech będzie *SER*, równoległą z powodu równości obrotów do *CD*, i niech w *R* będzie średnie apogeum w odniesieniu do gwiazdy, w *S* perigeum, a w *T* Ziemia; niech dalej będzie przedłużona linia *ET*, po której linia widzenia gwiazdy przetnie *CD* w punkcie *X*. Widziana zaś była na linii *ETX*, jak o tym była mowa, przy tym ostatnim położeniu na 133 stopniach i 20 minutach w kierunku długości. Również kąt *DXE* pokazał się równy 2 stopniom i 56 minutom. Jest on bowiem różnicą, o jaką kąt średni *XDF* jest większy od kąta widomego *XED*. Lecz kąt *SET* równy jest kątowi naprzemianległemu *DXE* i jest prostaferezą paralaksy, która, gdy zostanie odjęta od półkola, pozostawia 177 stopni i 4 minuty jako równą anomalię paralaksy, obliczoną od apogeum równomiernego ruchu *R*, tak że tutaj również mamy udowodnione, że w 1523 roku Chrystusa, dwudziestego drugiego lutego na siedem równonocnych godzin przed południem, gwiazda Marsa znajdowała się swoim średnim ruchem długości na 136 stopniach i 16 minutach, a równa anomalia jej paralaksy na 177 stopniach i 4 minutach, najwyższa zaś absyda koła ekscentrycznego na 119 stopniach i 40 minutach. Tego właśnie należało dowieść.



POTWIERDZENIE RUCHU MARSA *rozdział XVII*

Okazało się tedy już wyżej wiadome, że w czasie ostatniej z trzech obserwacji Ptolemeusza Mars znajdował się w średnim biegu na 244 i pół stopnia, a anomalia paralaksy na 171 stopniach i 26 minutach. W pośrednim więc czasie oprócz całkowitych obrotów przybyło 5 stopni i 38 minut. Od drugiego zaś roku Antonina, dwunastego dnia jedenastego miesiąca egipskiego Epiphi, w dziewięć godzin po południu, to jest na trzy godziny równonocne przed nadchodzącą północą w odniesieniu do południka krakowskiego, aż do 1523 roku Chrystusa, dwudziestego drugiego lutego, na siedem godzin przed południem, upłynęły 1384 lata egipskie, 251 dni i 19 minut dniowych. W tym to czasie, zgodnie z wyżej podaną liczbą dla anomalii paralaksy, dochodzi do 648 pełnych jej obrotów 5 stopni i 38 minut. Przypuszczalny zaś równomierny ruch Słońca wynosi 257 i pół stopnia, i po odjęciu od niego 5 stopni i 38 minut ruchu paralaksy pozostaje 251 stopni i 52 minuty jako średni ruch Marsa w długości. To wszystko prawie się zgadza z tym, co dopiero zostało przedstawione.

USTALENIE PIERWIASTKOWYCH MIEJSC MARSA *rozdział XVIII*

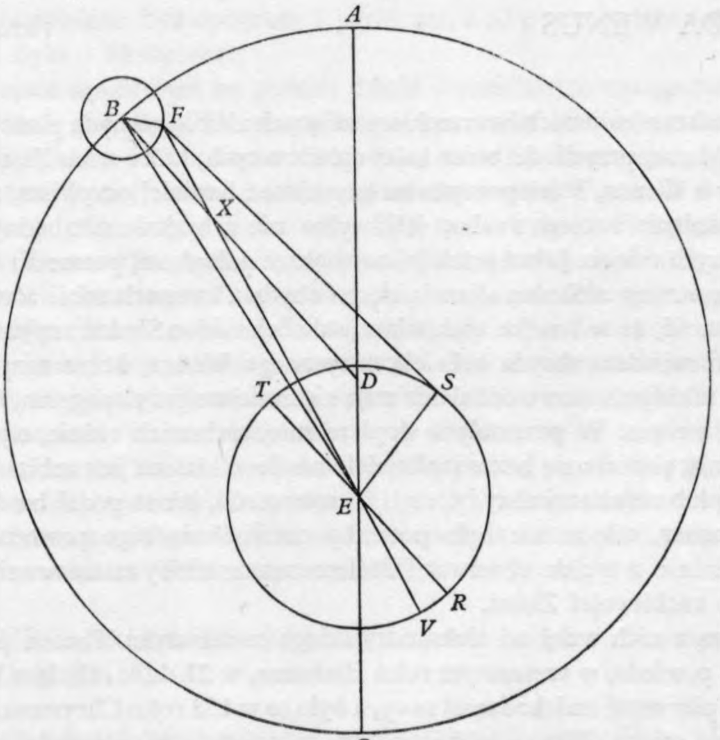
Otóż od początku lat Chrystusa do drugiego roku Antonina, dwunastego dnia egipskiego miesiąca Epiphi i trzech godzin przed północą oblicza się 138 lat egipskich, 180 dni i 52 minuty dniowe. Ruch paralaksy wynosił wtedy 293 stopnie i 4 minuty, a gdy się je odejmie od 171 stopni i 26 minut ostatniej obserwacji Ptolemeusza, pozostaje po dodaniu całego obrotu dla pierwszego roku Chrystusa o północy przed pierwszym dniem stycznia 238 stopni i 22 minuty. Do tej chwili upłynęło od pierwszej Olimpiady 775 lat egipskich i 12 i pół dnia, w ciągu których ruch paralaksy wynosi 254 stopnie i 1 minutę. A te podobnie odjęte od 238 stopni i 22 minut pozostawiają po dodaniu okrążenia 344 stopnie i 21 minut jako miejsce pierwiastkowe dla pierwszej Olimpiady. Podobnie operując ruchami odpowiednio do odstępów innych czasów otrzymamy jako miejsce pierwiastkowe dla lat Aleksandra 120 stopni i 39 minut, a dla Cezara 211 stopni i 25 minut.

WIELKOŚĆ ORBITY MARSA W CZĘŚCIACH, Z JAKICH JEDNA STANOWI ROCZNĄ ORBITĘ ZIEMI *rozdział XIX*

Do tego obserwowałem także koniunkcję Marsa z pierwszą, jasno świecącą, gwiazdą Wagi, zwaną południową Szalką, która nastąpiła w 1512 roku Chrystusa w sam pierwszy dzień stycznia. Zobaczyłem mianowicie Marsa rano owego dnia na sześć godzin równonocnych przed południem oddalonego od stałej gwiazdy o czwartą część jednego stopnia, lecz odchylonego ku słonecznemu wschodowi w czasie przesilenia, co oznaczało, że Mars oddalił się już od gwiazdy w długości o ósmą część jednego stopnia w kierunku sekwencji, a w północnej szerokości o piątą. Miejsce zaś tej gwiazdy od pierwszej gwiazdy Barana znajduje się stale na 191 stopniach i 20 minutach przy szerokości północnej 40 minut. Oczywistą także rzeczą było, że miejsce Marsa znajdowało się na 191 stopniach i 28 minutach przy szerokości północnej 51 minut. Dla tego zaś czasu anomalia paralaksy wynosi według obliczenia 98 stopni i 28 minut, średnie miejsce Słońca znajduje się na 262 stopniach, a średnie Marsa na 163 stopniach i 32 minutach, anomalia zaś koła ekcentrycznego ma 43 stopnie i 52 minuty.

Po takim zestawieniu tych danych nakreślmy koło ekcentryczne *ABC*, środek jego *D*, średnicę *ADC*, apogeum *A*, perigeum *C* i mimośród *DE* o 1460 częściach, jakich *AD* ma 10000. Dany jest nadto łuk *AB* o 43 stopniach i 52 minutach. Obrawszy zaś w *B* środek, nakreślmy odległością *BF*, wynoszącą 500 części, jakich także *AD* ma 10000, epicykl, tak aby kąt *DBF* był równy kątowi *ADB*, i poprowadźmy linie łączące *BD*, *BE* i *FE*. Także ze środka *E* nakreślmy wielkie koło Ziemi, którym niech będzie *RST*, z jego średnicą *RET* równoległą do *BD*, na której *R* byłoby apogeum paralaksy planety, a *T* perigeum jej równego ruchu. Niech dalej Ziemia znajduje się w *S*, a anomalia równej paralaksy odpowiada łukowi *RS*, który niech liczy 98 stopni i 28 minut. Przedłużmy także *FE* w prostą linię *FEV*, tak aby przecięła *BD* w punkcie *X*, a wklęsły łuk orbity Ziemi w punkcie *V*, w którym jest prawdziwe apogeum paralaksy.

Ponieważ tedy w trójkącie *BDE* dane są dwa boki, *DE* o 1460 częściach, jakich *BD* ma 10000, obejmujące dany kąt *BDE* o 136 stopniach i 8 minutach, przyległy do danego kąta *ADB* wynoszącego 43 stopnie i 52 minuty, z nich określi się trzeci bok *BE* na 11097 owych części, a kąt *DBE* na 5 stopni i 13 minut. Lecz kąt *DBF* równy jest z założenia kątowi *ADB*, a cały kąt *EBF*, zawarty między danymi bokami *EB* i *BF*, będzie miał 49 stopni i 5 minut. Wobec tego otrzymamy kąt *BEF* o dwóch stopniach i pozostały bok *FE* o 10776 częściach, jakich *DB* ma 10000. Kąt więc *DXE* wynosi 7 stopni i 13 minut, dają go bowiem w sumie kąty wewnętrzne nieprzyległe *XBE* i *XEB*. Jest to prostafereza odjemna, o którą kąt *ADB* większy był od kąta *XED*, a średnie miejsce Marsa od prawdziwego. Średnie zaś miejsce zostało obliczone na 163 stopnie i 32 minuty, prawdziwe więc znajdowało się w precesji na 156 stopniach i 19 minutach, lecz obserwującym je z punktu



S ukazało się na 191 stopniach i 28 minutach. Jego więc paralaksa, czyli komutacja, wynosiła 35 stopni i 9 minut w kierunku sekwencji. Jest więc rzeczą widoczną, że kąt *EFS* ma 35 stopni i 9 minut. Ponieważ zaś linia *RT* jest równoległa do *BD*, kąt *DXE* będzie równy kątowi *REV*, a łuk *RV* podobnie będzie wynosił 7 stopni i 13 minut. Tak cały łuk anomalii wyrównanej paralaksy *VRS* ma 105 stopni i 41 minut, z czego wiadomy jest kąt *VES* jako zewnętrzny trójkąta *FES*. Stąd dany jest także wewnętrzny i nieprzyległy kąt *FSE* o 70 stopniach i 32 minutach oraz wszystkie kąty w takich samych stopniach, jakich dwa kąty proste mają 180. Lecz w trójkącie o danych kątach dany jest stosunek boków, a więc *FE* ma długość 9428 i *ES* 5757 części, jakich średnica opisującego trójkąt koła będzie miała 10000. Jakich więc części w *EF* będzie 10776 i jakich *BD* ma 10000, linia *ES* będzie mieć prawie 6580, niewiele też różniąc się od wyniku Ptolemeusza, a więc prawie taka sama. Cała zaś linia *ADE* ma takich samych części 11460, a pozostała *EC* 8540. I te 500 części, które epicykl zabiera w najwyższej absydzie koła ekscentrycznego *A*, zwraca w najniższej, tak że tam najwyższej pozostaje 10960 części, a tutaj najniższej 9040. O ile zatem połowa średnicy orbity Ziemi będzie stanowić jedną część, to w apogeum Marsa, czyli w największej odległości, będzie jedna część i 39 pierwszych oraz 57 wtórnych sześćdziesiątych części, w najniższej jedna część i 22 pierwsze oraz 26 wtórnych sześćdziesiątych części, a w średniej jedna część i 31 pierwszych oraz 11 wtórnych sześćdziesiątych części. Tak również i dla Marsa wyjaśnione zostały niezawodną metodą przez ruch Ziemi wielkości ruchu i odległości.

GWIAZDA WENUS *rozdział XX*

Po przedstawieniu ruchów trzech otaczających ziemię górnych planet, Saturna, Jowisza i Marsa, przychodzi teraz kolej mówić o tych, które sama Ziemia obiega. I najpierw o Wenus, która pozwala na łatwiejsze i bardziej oczywiste, niż u tamtych, wyjaśnienie swojego ruchu, jeśli tylko nie zabraknie niezbędnych obserwacji pewnych miejsc. Jakoż jeżeli jej największe odległości, poranna i wieczorna, od średniego miejsca Słońca okazują się po obydwu stronach sobie równe, mamy już tę pewność, że w środku tych właśnie dwóch miejsc Słońca znajduje się najwyższa lub najniższa absyda koła ekcentrycznego Wenus, które rozpoznaje się z tego, że takie jednakowe oddalenia stają się mniejsze przy apogeum, większe po przeciwnej stronie. W pozostałych dopiero miejscach z ich różnic, o jakie siebie przewyższają, poznaje się bez wątpliwości, na ile oddalona jest orbita Wenus od najwyższej lub najniższej absydy, czyli jej mimośród, jak to podał bardzo wyraźnie Ptolemeusz, tak że nie było potrzeby szczegółowo tego powtarzać, chyba tyle, co właśnie z tychże obserwacji Ptolemeusza miałoby zastosowanie do mojej hipotezy o ruchliwości Ziemi.

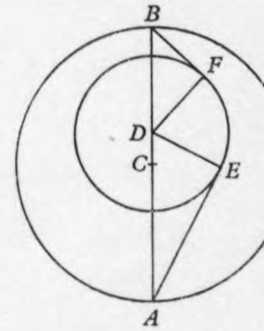
Pierwszą z nich wziął od aleksandryjskiego matematyka Theona przeprowadzoną, jak powiada, w szesnastym roku Hadriana, w 21 dniu miesiąca Pharmuthi o godzinie pierwszej nadchodzącej nocy, a było to w 132 roku Chrystusa, o zmierzchu ósmego marca. Wenus widziana była w największej odległości wieczornej od średniego miejsca Słońca na 47 stopniach i jednej czwartej stopnia, podczas gdy samo średnie miejsce Słońca według obliczenia znajdowało się na 337 stopniach i 41 minutach sfery gwiazd stałych. Do tej dołączył inną swoją obserwację, którą, jak twierdzi, przeprowadził w czwartym roku Antonina, o świcie dwunastego dnia miesiąca Thoth, czyli w 142 roku Chrystusa, o brzasku trzydziestego lipca, w czasie której znowu, powiada, najdalsza granica porannej Wenus była równa poprzedniej, a więc na 47 stopniach i 15 minutach od średniego miejsca Słońca, które znajdowało się na 119 prawie stopniach sfery gwiazd stałych, a które przedtem było na 337 stopniach i 41 minutach. Oczywistą jest rzeczą, że między tymi miejscami znajdują się średnie miejsca absyd, wzajemnie sobie przeciwległe na 48 i 228 stopniach ze swoją jedną trzecią stopnia każde. One właśnie po dodaniu do każdego z nich 6 i dwóch trzecich stopnia precesji punktów równonocy wchodzą, zdaniem Ptolemeusza, na 25 stopni Byka i Skorpiona, gdzie diametralnie naprzeciw siebie powinny były znajdować się najwyższa i najniższa absyda Wenus.

Dla silniejszego jeszcze potwierdzenia tego przyjmuje inne spostrzeżenie Theona, dokonane w czwartym roku Hadriana, o świcie dwudziestego dnia miesiąca Athyr, a był to 119 rok od narodzenia Chrystusa, dwunastego października rano, kiedy Wenus znalazła się znowu w największej odległości 47 stopni i 32 minut od średniego miejsca Słońca, znajdującego się na 191 stopniach i 13 minutach. Do tego dołączył swoją obserwację z 21 roku Hadriana, który był 136 rokiem Chrystusa, u Egipcjan dziewiątego dnia miesiąca Mechyr, u Rzymian zaś dwudziestego piątego grudnia, o godzinie pierwszej nadchodzącej nocy, kiedy to znowu odległość wieczorna szacowana była na 47 stopni i 32 minuty od średniego Słońca na 265 stopniach. Lecz w czasie poprzedniej obserwacji Theona średnie miejsce Słońca było na 191 stopniach i 13 minutach. Średnie między nimi miejsca przypadają znowu na 48 stopni i 20 minut oraz na 228 stopni i prawie 20 minut, na których powinno być apogeum i perigeum, a od punktów równonocy jest to 25 stopni Byka i Skorpiona.

Te miejsca wyodrębnił on później dzięki dwom innym następnym obserwacjom. Jedna z nich była Theona, w trzynastym roku Hadriana, trzeciego dnia miesiąca Epiphi, w 129 zaś roku Chrystusa, o świcie dwudziestego pierwszego maja, w czasie której znalazł najdalszą granicę porannej Wenus na 44 stopniach i 48 minutach, podczas gdy Słońce w średnim ruchu było na 48 i pięciu szóstych stopnia, a Wenus ukazywała się na 4 stopniach sfery gwiazd stałych. Drugiej dokonał sam Ptolemeusz w 21 roku Hadriana, w drugim dniu egipskiego miesiąca Tybi, co się przelicza na sto trzydziesty szósty rok rzymski od narodzenia Chrystusa, dwudziesty ósmy dzień grudnia, o godzinie pierwszej nadchodzącej nocy, gdy na 228 stopniach i 54 minutach w średnim ruchu znajdowało się Słońce, od którego wieczorna Wenus najbardziej była oddalona o 47 stopni i 16 minut, ukazując się sama na 276 i jednej szóstej stopnia. Podług tego zostały wyodrębnione od siebie absydy, mianowicie najwyższa na 48 i jednej trzeciej stopnia, gdzie zachodzą mniejsze odchylenia Wenus, i najniższa na 228 i jednej trzeciej stopnia, gdzie są one większe. To należało wykazać.

STOSUNEK ŚREDNIC ORBITY ZIEMI I WENUS *rozdział XXI*

Stąd zatem będzie także wiadomy stosunek średnic orbity Ziemi i Wenus. Nakreślmy mianowicie ze środka *C* orbitę Ziemi *AB* i jej średnicę *ACB* przechodzącą przez obie absydy, na której weźmy środek *D* ekscentrycznej do koła *AB* orbity Wenus. Niech zaś *A* będzie miejscem apogeum i gdy w nim znajdowała się Ziemia, środek orbity Wenus był najbardziej oddalony, podczas gdy *AB* byłoby linią średniego ruchu Słońca przy 48 i jednej trzeciej stopnia, w *B* zaś przy 228 i jednej trzeciej stopnia.

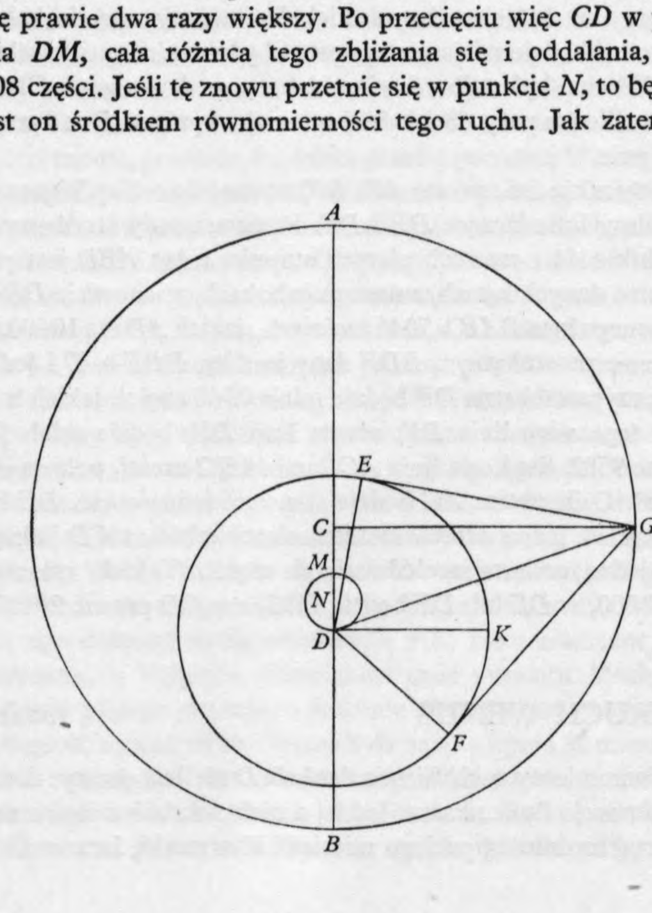


Poprowadźmy także linie proste *AE* i *BF*, styczne do orbity Wenus w punktach *E* i *F*, i nakreślmy linie łączące *DE* i *DF*. Ponieważ tedy środkowy w kole kąt *DAE* wspiera łuk o 44 i czterech piątych stopnia, a kąt *AED* jest prosty, *DAE* będzie trójkątem o danych kątach, a następnie bokach, mianowicie *DE* jako połowa cięciwy podwojonego kąta *DAE* o 7046 częściach, jakich *AD* ma 10000. W ten sam sposób w trójkącie prostokątnym *BDF* dany jest kąt *DBF* o 47 i jednej trzeciej stopnia, także przyprostokątna *DF* będzie miała 7346 części, jakich w *BD* będzie 10000. Wobec tego więc linia *DF*, równa linii *DE*, będzie miała 7046 części, a *BD* takie same 9582. Stąd cała linia *ACB* ma 19582 części, połowa jej *AC* 9791, a reszta *CD* 208. O ile zatem *AC* będzie stanowić jedną część, *DE* będzie mieć 43 sześćdziesiątych i jedną szóstą sześćdziesiątej części, a *CD* jedną sześćdziesiątą i prawie jedną czwartą sześćdziesiątej części. Takich zaś części, jakich w *AC* będzie 10000, w *DE* lub *DF* będzie 7193, a w *CD* prawie 208. To należało udowodnić.

DWOISTY RUCH WENUS *rozdział XXII*

A jednak równomierny ruch Wenus dookoła *D* nie jest prosty: dowodem dwie szczególnie obserwacje Ptolemeusza. Jednej z nich dokonał w osiemnastym roku Hadriana, w drugim dniu egipskiego miesiąca Pharmuthi, lecz według Rzymian był to sto trzydziesty czwarty rok od narodzenia Chrystusa, o świcie osiemnastego lutego. Wtedy mianowicie, gdy Słońce w średnim ruchu znajdowało się na 318 i pięciu szóstych stopnia, poranna Wenus, ukazując się na 275 i jednej czwartej stopnia zodiaku, dotknęła krańcowej granicy swego oddalenia 43 stopni i 35 minut. Drugą przeprowadził w trzecim roku Antonina, w tym samym miesiącu Pharmuthi, w jego czwartym dniu według Egipcjan, a według Rzymian było to w sto czterdziestym roku Chrystusa, o zmierzchu osiemnastego dnia lutego. Wtedy również średnie miejsce Słońca znajdowało się na 318 i pięciu szóstych stopnia, a Wenus widziana była w największej od niego odległości wieczornej 48 i jednej trzeciej stopnia na 7 i pięciu szóstych stopnia długości.

Tak to przedstawiwszy, przyjmijmy na tejże samej orbicie ziemskiej punkt *G*, w którym będzie Ziemia, tak aby *AG* było ćwiartką koła, o którą Słońce, znajdując się po przeciwległej stronie, w swoim średnim ruchu zdawało się wyprzedzać podczas obu obserwacji apogeum koła ekcentrycznego Wenus; nakreślmy też linię łączącą *GC*, do której przeprowadźmy równoległą *DK*, oraz styczne do orbity Wenus *GE* i *GF* i linie łączące *DE*, *DF* i *DG*. Skoro tedy kąt porannej elongacji *EGC* wynosił w czasie pierwszej obserwacji 43 stopnie i 35 minut, a przy drugiej wieczornej kąt *CGF* 48 i jedną trzecią stopnia, to obydwa dają w sumie cały kąt *EGF* na 91 i jedenaście dwunastych stopnia. I dlatego jego połowa *DGF* wynosi 45 stopni i 57 i pół minuty, a pozostały kąt *CGD* 2 stopnie i 23 minuty. Lecz kąt *DCG* jest prosty, przeto w trójkącie *CGD* o danych kątach dany jest stosunek boków, a zatem *CD* ma długość 416 części, jakich w *CG* jest 10000. Przedtem zaś zostało wykazane, że rozstęp środków miał właśnie takich samych części 208, teraz stał się prawie dwa razy większy. Po przecięciu więc *CD* w punkcie *M* na połowy linia *DM*, cała różnica tego zbliżania się i oddalania, będzie miała podobnie 208 części. Jeśli tę znowu przetnie się w punkcie *N*, to będzie się wydawało, że jest on środkiem równomierności tego ruchu. Jak zatem przy trzech



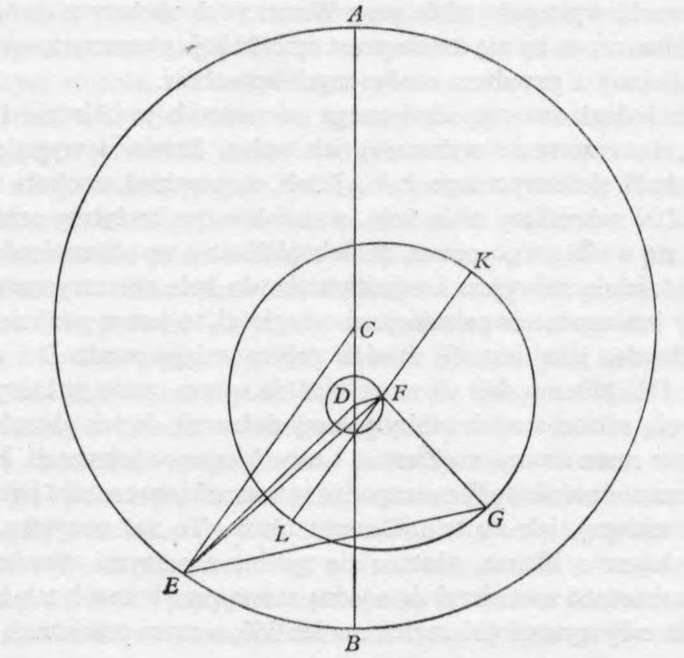
górnych planetach, występuje także przy Wenus ruch złożony z dwóch równomiernych ruchów, czy to by się działo przez epicykl koła ekscentrycznego, jak tam, czy też w jakiś inny z przedtem omówionych sposobów.

Gwiazda ta jednak ma coś odmiennego od tamtych w układzie i proporcji tych ruchów, i to zostanie wykazane, jak sądzę, łatwiej i wygodniej przez ekscentryczne koło ekscentrycznego koła. Jeżeli, na przykład, dookoła środka *N*, a odległością *DN* nakreślimy małe koło, wokół którego krążyłaby orbita Wenus i zmieniałaby się według tego prawa, że ilekroć Ziemia wpada na średnicę *ACB*, na której znajduje się najwyższa i najniższa absyda koła ekscentrycznego, środek orbity planety jest zawsze w najmniejszej odległości, to jest w punkcie *M*, a gdy na średnią absydę, jaką jest *G*, środek orbity osiąga punkt *D* i największą odległość *CD*. Dzięki temu daje się zrozumieć, że w tym czasie, w którym Ziemia raz obiega swoją orbitę, środek orbity planety dokonuje dwóch obrotów dookoła środka *N* i w te same strony, co Ziemia, i to w kierunku sekwencji. Przy takim bowiem założeniu odnośnie do Wenus zgodne są z wszelkiego rodzaju świadectwami ruch równy i widomy, jak się to niebawem okaże. To zaś wszystko, co dotąd zostało powiedziane o Wenus, okazuje się zgodne z naszymi również czasami, tyle tylko, że mimośród zmniejszył się o jedną szóstą prawie część, tak iż teraz on, który przedtem cały wynosił 416 części, ma ich 350, o czym przekonują nas liczne obserwacje.

SPRAWDZENIE RUCHU WENUS *rozdział XXIII*

Z nich to wziąłem dwa miejsca najstaranniej zaobserwowane, jedno przez Timocharisa w trzynastym roku Ptolemeusza Filadelfa, a w 52 roku od śmierci Aleksandra, o świcie osiemnastego dnia egipskiego miesiąca Mesori, kiedy to okazało się, że Wenus zdawała się przykrywać gwiazdę stałą, pierwszą z czterech, które się znajdują na lewym skrzydle Panny, a szóstą w opisie tej konstelacji, której długość wynosi 151 i pół stopnia, szerokość północna jeden i jedną szóstą stopnia, a wielkość jest trzecia. Tak więc i samo miejsce Wenus było wyraźnie określone. Średnie natomiast miejsce Słońca według rachunku było na 194 stopniach i 23 minutach. Gdy w tym przypadku na nakreślonej figurze punkt *A* pozostaje też na 48 stopniach i 20 minutach, łuk *AE* będzie miał 146 stopni i 3 minuty, a uzupełniający go łuk *BE* 33 stopnie i 57 minut, jak też kąt odległości planety od średniego miejsca Słońca *CEG* 42 stopnie i 53 minuty.

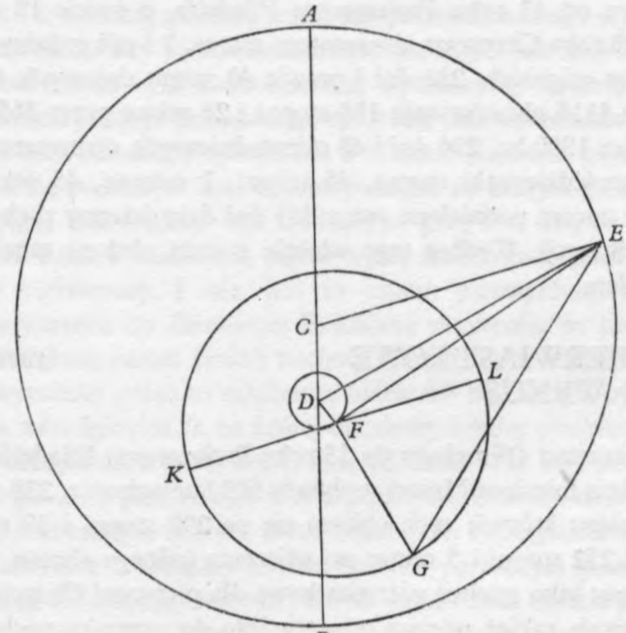
Ponieważ tedy linia *CD* ma 312 części, jakich w *CE* jest 10000, a kąt *BCE* 33 stopnie i 57 minut, pozostały w trójkącie *CDE* kąt *CED* będzie miał jeden stopień i jedną minutę, a trzeci bok *DE* 9743 części. Lecz kąt *CDF*, dwa razy większy od kąta *BCE*, ma 67 stopni i 54 minuty i z półkola pozostawia jako resztę kąt *BDF* o 112 stopniach i 6 minutach, a kąt *BDE*, zewnętrzny dla trójkąta *CDE*, ma 34 stopnie i 58 minut, z czego znany jest cały kąt *EDF* o 147 stopniach i 4 minutach, oraz dany jest bok *DF* o 104 częściach, jakich w *DE* jest 9743. Także w trójkącie *DEF* kąt *DEF* będzie miał 20 minut, a cały kąt *CEF* jeden stopień i 21 minut, bok zaś *EF* 9831 części. Ale już było wiadome, że cały kąt *CEG* ma 42 stopnie i 53 minuty, pozostały więc kąt *FEG* będzie wynosił 41 stopni i 32 minuty, a promień orbity *FG* ma 7193 części, jakich w *EF* jest 9831. W trójkącie zatem *EFG* z danego stosunku boków oraz kąta *FEG* dane są pozostałe kąty, i tak *EFG* ma 72 stopnie i 5 minut, po dodaniu do których półkola otrzymuje się



w sumie 252 stopnie i pięć minut łuku *KLG* od najwyższej absydy tej orbity. Tak również mamy udowodnione, że w 13 roku Ptolemeusza Filadelfa, o świcie 18 dnia miesiąca Mesori anomalia paralaksy Wenus wynosiła 252 stopnie i 5 minut.

Drugie miejsce Wenus obserwowałem sam w 1529 roku Chrystusa, dwunastego marca w godzinę po zachodzie Słońca, a na początku godziny ósmej po południu. Zobaczyłem, że Księżyc zaczął zasłaniać Wenus zaciemnioną częścią na linii środka odległości między obu rogami. I to zasłanianie trwało aż do końca tej godziny lub nieco dłużej, dopóki się nie zobaczyło planety wynurzającej się ku zachodowi z drugiej strony w środku wypukłości rogów. Jest zatem rzeczą widoczną, że w połowie lub około połowy tej godziny nastąpiła koniunkcja środków Księżyca i Wenus. Na to właśnie zjawisko natrafiłem we Fromborku. Wenus zaś znajdowała się jeszcze w stadium wieczornego wzrastania elongacji, a więc po tej stronie punktu styczności orbity z linią ku Ziemi.

Upłynęło zatem od narodzenia Chrystusa 1529 lat egipskich, 87 dni i 7 i pół godziny według czasu naturalnego, według natomiast wyrównanego 7 godzin i 34 minuty. Średnie zaś miejsce Słońca w prostym ruchu dotarło właśnie do 232 stopni i 11 minut, precesja punktów równonocy wynosiła 27 stopni i 24 minuty, równy ruch Księżyca od Słońca 33 stopnie i 57 minut, równej anomalii 205 stopni i jedną minutę, a szerokości 71 stopni i 59 minut. Z tego prawdziwe miejsce Księżyca obliczone zostało na dziesięć stopni, lecz od równonocy na 7 stopni i 24 minuty Byka przy szerokości północnej jednego stopnia i 13 minut. Ponieważ jednak wschodziło 15 stopni Wagi, wobec tego paralaksa długości Księżyca wynosiła 48 minut, a szerokości 32 minuty i dlatego widziane jego miejsce znajdowało się na 6 stopniach i 36 minutach Byka, lecz na sferze gwiazd stałych długość wynosiła dziewięć stopni i 12 minut przy szerokości północnej 41 minut. I takie samo było widome miejsce wieczornej Wenus, oddalonej od średniego miejsca Słońca o 37 stopni i jedną minutę, a odległość Ziemi od najwyższej absydy Wenus miała 76 stopni i 9 minut w kierunku precedencji.



Nakreślmy teraz znowu figurę na wzór poprzedniej konstrukcji z tym tylko, aby łuk *EA* lub kąt *ECA* miał 76 stopni i 9 minut, a kąt *CDF*, jako że jest dwa razy od niego większy, 152 stopnie i 18 minut, mimośród zaś *CD*, jaki się pokazuje w dzisiejszych czasach, 246, a *DF* 104 części, jakich *CE* ma 10000. Mamy więc w trójkącie *CDE* dany kąt przyległy *DCE* o 103 stopniach i 51 minutach zawarty między danymi bokami, z czego się określi kąt *CED* na jeden stopień i 15 minut, trzeci bok *DE* na 10056 części i pozostały kąt *CDE* na 74 stopnie i 54 minuty. Lecz dwa razy większy od kąta *ACE* kąt *CDF* ma 152 stopnie i 18 minut, i jeśli od nich odejmę kąt *CDE*, pozostaje kąt *EDF* o 77 stopniach i 24 minutach.

Tak znowu w trójkącie *DEF* dwa boki, *DF* o 104 częściach, jakich *DE* ma 10056, obejmują dany kąt *EDF*. Dany jest również kąt *DEF* o 35 minutach oraz pozostały bok *EF* o 10034 częściach, a stąd cały kąt *CEF*, mający jeden stopień i 50 minut. Ponieważ dalej cały kąt *CEG*, o który planeta zdawała się być oddalona od średniego miejsca Słońca, ma 37 stopni i jedną minutę, to gdy odejmie się od niego kąt *CEF*, pozostaje kąt *FEG* 35 stopni i 11 minut.

Zatem w trójkącie także *EFG* z danym kątem *E* dane są również dwa boki, *EF* o 10034 częściach, jakich *FG* ma 7193. Stąd też dadzą się obliczyć pozostałe kąty, *EGF* na 53 i pół stopni i *EFG* na 91 stopni i 19 minut, o które planeta była oddalona od prawdziwego perigeum swojej orbity. Lecz ponieważ średnica *KFL* została poprowadzona równolegle do linii *CE*, tak że *K* jest apogeum, a *L* perigeum równomierności, to po odjęciu kąta *EFL*, równego kątowi *CEF*, pozostanie kąt *LFG* i łuk *LG* o 89 stopniach i 29 minutach oraz pozostały z półkola łuk *KG* o 90 stopniach i 31 minutach, jako anomalia paralaksy planety liczona od równej najwyższej absydy swojej orbity, której poszukiwałem dla tego właśnie czasu mojej obserwacji.

Ale w czasie obserwacji Timocharisa miała ona 252 stopnie i 5 minut. W międzyczasie więc przeminęło poza 1115 całkowitymi obrotami 198 stopni i 26 minut.

Okres zaś czasu od 13 roku Ptolemeusza Filadelfa, o świcie 18 dnia miesiąca Mesori, do 1529 roku Chrystusa, dwunastego marca, 7 i pół godziny po południu, zawiera 1800 lat egipskich, 236 dni i prawie 40 minut dniowych. Gdy więc pomnożymy ruch 1115 obrotów oraz 198 stopni i 26 minut przez 365 dni i iloczyn podzielimy przez 1800 lat, 236 dni i 40 minut dniowych, otrzymamy roczny ruch wynoszący 3 sześćdziesiątki stopni, 45 stopni, 1 minutę, 45 sekund, 3 tercje i 40 kwart. Te znowu podzielone przez 365 dni dają dzienny ruch na 36 minut, 59 sekund i 28 tercji. Według tego właśnie została ułożona tabela, którą wyżej przedstawiłem.

MIEJSCA PIERWIASTKOWE ANOMALII WENUS *rozdział XXIV*

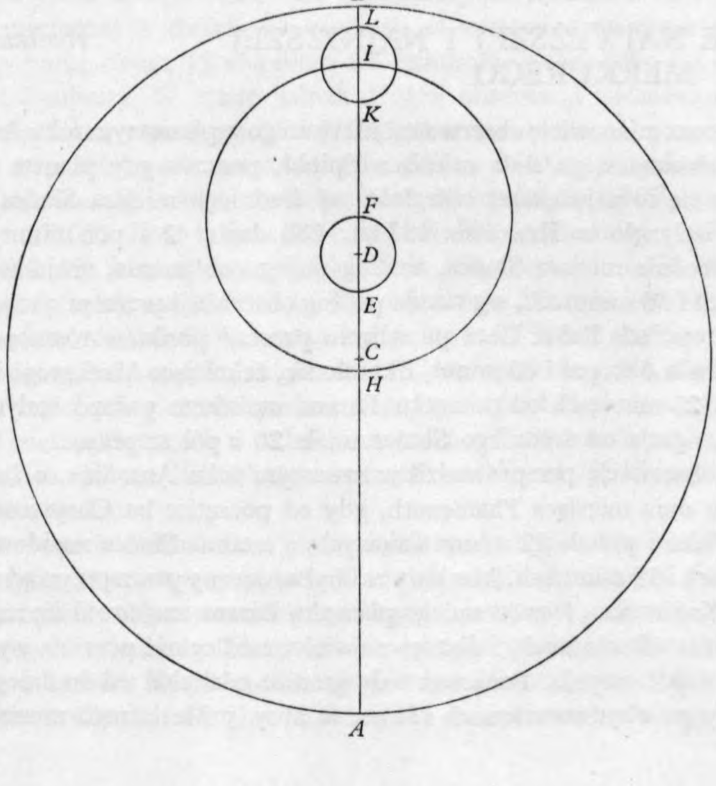
Otóż od pierwszej Olimpiady do 13 roku Ptolemeusza Filadelfa, do brzasku osiemnastego dnia miesiąca Mesori, upłynęły 503 lata egipskie, 228 dni i 40 minut dniowych, w ciągu których ruch oblicza się na 290 stopni i 39 minut. Jeśli je odejmie się od 252 stopni i 5 minut po wliczeniu jednego obrotu, pozostaje 321 stopni i 26 minut jako miejsce pierwiastkowe dla pierwszej Olimpiady, z którego wynikają pozostałe takież miejsca odpowiednio do stosunku ruchu i już często wspomnianego czasu: dla Aleksandra na 81 stopni i 52 minuty, dla Cezara na 70 stopni i 26 minut i dla Chrystusa na 126 stopni i 45 minut.

MERKURY *rozdział XXV*

Zostało już pokazane, w jaki sposób związana jest Wenus z ruchem Ziemi i w jakim układzie kół kryje się jej równomierność. Pozostaje Merkury, który bez wątpienia podpadnie również pod tę samą przyjętą zasadę, jakkolwiek dokonuje więcej zawiłych i ukrytych ewolucji niż tamta lub którakolwiek z wyżej omówionych planet. Z doświadczenia dawnych obserwatorów to przynajmniej jest dobrze wiadome, że w znaku Wagi Merkuriusz ma najmniejsze oddalenia od Słońca, a większe na wprost niego, co jest słuszne, nie w tym jednak miejscu największe, lecz w pewnych innych po obu jego stronach, jak w Bliźniętach i Wodniku — szczególnie, zdaniem Ptolemeusza, w czasach Antonina — co nie zdarza się u żadnej innej planety. Z tego powodu starożytni astronomowie, przekonani, że Ziemia jest nieruchoma i że Merkury porusza się na swoim wielkim epicyklu po kole ekscentrycznym, gdy spostrzegli, że jedno i pojedyncze koło ekscentryczne nie może wystarczać dla tych właśnie zjawisk — dopuściwszy nawet, iż to koło ekscentryczne porusza się dookoła nie własnego, lecz obcego środka — zmuszeni byli nadto przyjąć, że to samo koło ekscentryczne, unoszące epicykl, porusza się wokół jakiegoś innego małego koła, jakie przyjmowali przy kole ekscentrycznym Księżyca. I co więcej, wobec istnienia trzech środków, mianowicie koła ekscentrycznego unoszącego epicykl, drugiego u małego koła oraz trzeciego u tego koła, które nowsi astronomowie nazywają wyrównującym, zgodzili się na to, że epicykl porusza się równomiernie tylko dookoła środka ekwantu z pominięciem dwóch pierwszych, co było jak najbardziej sprzeczne z prawdziwym środkiem i jego zasadą oraz z przejawiającymi się już przedtem środkami obu kół. Sądzili jednak, że na innej zasadzie zjawiska tej gwiazdy nie mogą się utrzymać, jak to obszerniej przedstawione jest w *Budowie* Ptolemeusza.

Aby jednak i tę ostatnią gwiazdę przed niesprawiedliwością i wybiegami uwłaczających jej obronić i aby jej równomierność nie mniej jak innych poprzednich przez ruchliwość Ziemi była uwidoczniona, wyznaczymy jej także koło ekscentryczne koła ekscentrycznego zamiast tego epicykla, jaki wyobrażała sobie starożytność, lecz w pewien odmienny sposób niż u Wenus. Niemniej jednak niech jakiś epicykl porusza się po samym kole ekscentrycznym, na którym gwiazda unosiłaby się nie po okręgu, lecz wzdłuż jego średnicy w górę i w dół, co może powstać także z równych ruchów kołowych, jak to wyżej zostało przedstawione przy precesji punktów równonocy. I nie jest to czymś niezwykłym, skoro również Proklus w komentarzu do *Elementów* Euklidesa przyznaje, że linię prostą można nakreślić większą nawet ilością ruchów. Wszystko to wyjaśni jej zjawiska.

Lecz aby wyraźniej pojąć to założenie, niech *AB* będzie wielką orbitą Ziemi, *C* jej środkiem, a średnicą *ACB*, na której obrawszy między punktami *B* i *C* środek *D*, nakreślmy odległością trzeciej części linii *CD* małe koło *EF*, tak aby w *F* była największa odległość od punktu *C*, a w *E* najmniejsza. Ponadto nakreślmy dookoła środka *F* krąg Merkurego, którym niech będzie *HI*. Następnie obrawszy środek w najwyższej absydzie *I* dodajmy jeszcze epicykl, po którym przebiegałaby planeta. Niech krąg *HI*, będący ekscentrycznym kołem koła ekscentrycznego, stanie się ekscentroepicyklem. Po ułożeniu w ten sposób figury niech te wszystkie po kolei punkty padną na linię prostą *AHCEDFKILB*. Tymczasem zaś umieśćmy planetę w *K*, to jest w najmniejszej odległości, którą jest *KF*, od środka *F*. Ustaliwszy już taki początek obrotów Merkurego, wyobraźmy sobie, że środek *F* dokonuje dwóch obrotów na jeden obrót Ziemi, i to w te same strony, to jest w kie-



runku sekwencji, i podobnie też planeta na *KL*, lecz po samej średnicy w górę i w dół w stosunku do środka kręgu *HI*. Z tego bowiem wynika, że skoro tylko Ziemia znajdzie się w *A* lub *B*, środek kręgu Merkurego jest w *F*, czyli w miejscu najbardziej oddalonym od *C*; kiedy natomiast Ziemia znajduje się w środkowych ćwiartkach, on jest w najbliższym miejscu *E*, czyli w tym względzie w sposób przeciwny niż u Wenus. Na tej także zasadzie Merkury, przebiegając średnicę epicykla *KL*, znajduje się najbliżej środka koła unoszącego epicykl, który jest w *K*, kiedy Ziemia wchodzi na średnicę *AB*, a gdy jest w środkowych miejscach po obydwu stronach, gwiazda dojdzie do najodleglejszego miejsca *L*. W ten sposób powstają dwa bliźniacze, wzajemnie sobie równe i z rocznym okresem Ziemi współmierne obroty: środka koła po okręgu małego koła *EF* oraz gwiazdy po średnicy *LK*. Tymczasem zaś epicykl, lub linia *FI*, oraz jego środek porusza się równomiernie swoim własnym ruchem po kręgu *HI*, kończąc w 88 prawie dniach jeden obrót w prostym ruchu i w odniesieniu do sfery gwiazd stałych. Lecz w tym ruchu, o który przewyższa ruch Ziemi i który nazywamy ruchem paralaksy, powraca do niej w 116 dniach, jak o tym można się dokładniej dowiedzieć z tabeli średnich ruchów. Wynika zatem, że Merkury swoim własnym ruchem nie zawsze nakreśla taki sam okrąg koła, lecz proporcjonalnie do odległości od środka swojego kręgu bardzo różny, w każdym razie najmniejszy w punkcie *K*, największy w *L*, a średni w *I*, w taki sam nieomal sposób, jaki można zauważyć przy księżycowym epicyklu epicykla. Lecz co Księżyc wykonuje na okręgu, to Merkury na średnicy ruchem wahadłowym, złożonym jednak z równych, a w jaki sposób on powstaje, pokazałem wyżej przy precesji punktów równonocy. Lecz o tym pewne inne, i to obszerniejsze, uwagi przytoczę niżej w związku z szerokościami. I ta hipoteza zadość czyni wszystkim, jakie się widzi, zjawiskom Merkurego. Stanie się to oczywiste z historii obserwacji Ptolemeusza i innych.

MIEJSCE NAJWYŻSZEJ I NAJNIŻSZEJ ABSYDY MERKUREGO

rozdział XXVI

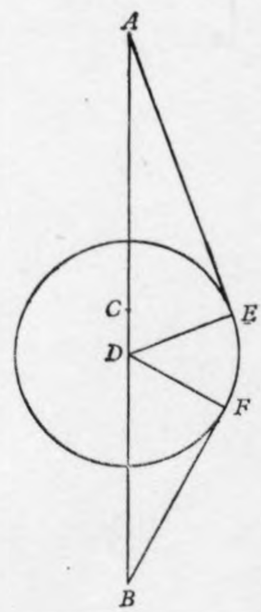
Ptolemeusz mianowicie obserwował Merkurego w pierwszym roku Antonina po zachodzie dwudziestego dnia miesiąca Epiphi, podczas gdy planeta wieczorna znajdowała się w największej odległości od średniego miejsca Słońca. Do tego zaś czasu upłynęło w Krakowie 137 lat, 188 dni i 42 i pół minuty dniowe. I dlatego średnie miejsce Słońca, według mojego obliczenia, znajdowało się na 63 stopniach i 50 minutach, a gwiazda podług obserwacji przez przyrząd na 7, jak twierdzi, stopniach Raka. Lecz po odjęciu precesji punktów równonocy, która wtedy wynosiła 6 stopni i 40 minut, okazało się, że miejsce Merkurego było na 90 stopniach i 20 minutach od początku Barana na sferze gwiazd stałych, a największa elongacja od średniego Słońca miała 26 i pół stopnia.

Drugą obserwację przeprowadził w czwartym roku Antonina, o świcie dziewiętnastego dnia miesiąca Phamenoth, gdy od początku lat Chrystusa upłynęło 140 lat, 67 dni i prawie 12 minut dniowych, a średnie Słońce znajdowało się na 303 stopniach i 19 minutach. Merkury zaś był widoczny przez przyrząd na 13 i pół stopniach Koziorożca, lecz od stałego początku Barana znajdował się na 276 stopniach i prawie 49 minutach, i dlatego największa odległość poranna wynosiła podobnie 26 i pół stopnia. Ponieważ tedy granice odchyleń od średniego miejsca Słońca były po obydwu stronach równe, to absydy Merkurego musiały znaleźć się po obu stronach w środku między tymi miejscami, to jest między 63 stopniami i 50 minutami a 303 stopniami i 19 minutami. A są to diametralnie przeciwległe 3 stopnie i 34 minuty oraz 183 stopnie i 34 minuty, na których powinny były być obie absydy Merkurego, najwyższa i najniższa. Są one dokładnie oznaczone, jak u Wenus, za pomocą dwóch obserwacji, z których pierwszą przeprowadził w dziewiętnastym roku Hadriana, o świcie piętnastego dnia miesiąca Athyr, podczas gdy średnie miejsce Słońca było na 182 stopniach i 38 minutach. Największa od niego odległość poranna Merkurego wynosiła 19 stopni i 3 minuty, gdyż widome miejsce Merkurego znajdowało się na 163 stopniach i 35 minutach. I w tym samym dziewiętnastym roku Hadriana, który był 135 od narodzenia Chrystusa, o zmierzchu dziewiętnastego dnia miesiąca egipskiego Pachon, znaleziono Merkurego za pomocą przyrządu na 27 stopniach i 43 minutach sfery gwiazd stałych, podczas gdy Słońce w średnim ruchu było na 4 stopniach i 28 minutach. Uwidoczniła się największa znowu wieczorna odległość gwiazdy o 23 stopniach i 15 minutach, czyli większa od poprzedniej, skąd dostatecznie jasne było, że apogeum Merkurego znajdowało się w tym czasie li tylko na 183 i prawie jednej trzeciej stopnia. To należało właśnie określić.

WIELKOŚĆ MIMOŚRODU MERKUREGO I STOSUNEK PROPORCJONALNY JEGO KÓŁ

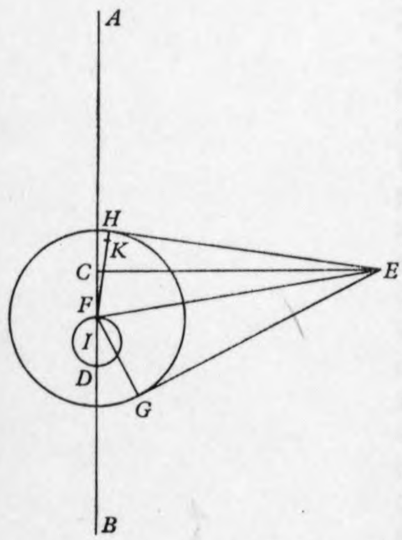
rozdział XXVII

Z tych danych określa się także jednocześnie rozstęp środków i wielkości kół. Niech bowiem *AB* będzie linią prostą przechodzącą przez absydy Merkurego, najwyższą *A* i najniższą *B*, oraz średnicą wielkiego koła, którego środkiem niech będzie *C*, i przyjąwszy *D* za środek nakreślmy orbitę planety. Poprowadźmy zatem linie styczne do orbity *AE* i *BF* i połączmy je liniami *DE* i *DF*. Ponieważ tedy przy pierwszej z dwóch poprzednich obserwacji zauważono największą odległość poranną równą 19 stopniom i 3 minutom, wobec tego kąt *CAE* miał 19 stopni i 3 minuty. W czasie jednak drugiej obserwacji widziano największą odległość wieczorną wynoszącą 23 i jedną czwartą stopnia.



W obu więc trójkątach prostokątnych, *AED* i *BFD*, o danych kątach będą dane również stosunki boków, tak że promień orbity *ED* ma 32639 części, jakich w *AD* było 100000. Lecz takich części, jakich *BD* będzie mieć 100000, w *FD* będzie 39474. Ale według części, jakich linia *FD*, równa linii *ED* (mianowicie jako promienie koła), ma 32639 i jakich również w *AD* było 100000, pozostała linia *DB* będzie mieć ich 82685, stąd zaś połowa *AC* 91342 części, a reszta *CD*, rozstęp środków, 8658 części. Jakich zaś w *AC* będzie jedna część, czyli 60 sześćdziesiątych części, promień orbity Merkurego będzie miał 21 pierwszych i 26 wtórnych sześćdziesiątych części, a *CD* 5 pierwszych i 41 wtórnych sześćdziesiątych części. I jakich *AC* ma 100000, takich części w *DF* jest 35733, a w *CD* 9479. I to należało wykazać.

Lecz te również wielkości nie pozostają wszędzie takie same i najbardziej się różnią od tych, które występują przy średnich absydach, o czym pouczają widome, w tych miejscach zaobserwowane długości poranne i wieczorne, jakie przekazują Theon i Ptolemeusz. Theon mianowicie zaobserwował wieczorną granicę Merkurego w 14 roku Hadriana, 18 dnia miesiąca Mesori po zachodzie Słońca — a od narodzenia Chrystusa mijało 129 lat, 216 dni i 45 minut dniowych — podczas gdy średnie miejsce Słońca znajdowało się na 93 i pół stopniach, to jest prawie w średniej absydzie Merkurego. Zobaczył zaś przez przyrząd planetę wyprzedzającą Regulusa Lwa o 3 i pięć szóstych stopnia, i dlatego jej miejscem było 119 i trzy czwarte stopnia, a jej największa odległość wieczorna miała 26 i jedną czwartą stopnia. Drugą natomiast granicę przekazał Ptolemeusz zaobserwowaną przez siebie w drugim roku Antonina, o świcie 21 dnia miesiąca Mesori, w którym to czasie mijało 138 lat Chrystusa, 219 dni i 12 minut dniowych, a średnie miejsce Słońca było podobnie na 93 stopniach i 39 minutach, od którego największą odległość poranną Merkurego znalazł równą 20 i jednej czwartej stopnia, zobaczył go bowiem na 73 i dwóch piątych stopnia sfery gwiazd stałych.



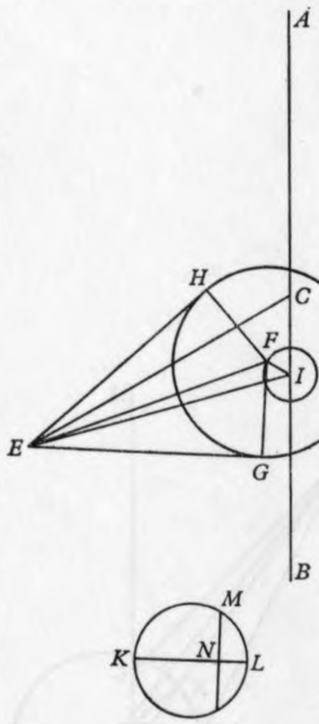
Narysujmy więc powtórnie przechodzącą, jak przedtem, przez absydy Merkurego średnicę wielkiej orbity *ACDB* i z punktu *C* poprowadźmy pod kątami prostymi linię średniego ruchu Słońca, którą niech będzie *CE*. A nadto weźmy między *C* i *D* punkt *F* i nakreślmy dookoła niego orbitę Merkurego, do której niech będą styczne linie proste *EH* i *EG*, i poprowadźmy linie łączące *FG*, *FH* i *EF*. Zadaniem jest znowu znalezienie punktu *F* i tego stosunku, jaki promień *FG* ma do *AC*. Ponieważ tedy dany jest kąt *CEG* równy 26 i jednej czwartej stopnia i *CEH* o 20 i jednej czwartej stopnia, cały więc kąt *HEG* ma 46 i pół stopnia, a jego połowa *HEF* 23 i jedną czwartą stopnia, pozostały zatem kąt *CEF* będzie miał 3 stopnie. Wobec tego w trójkącie prostokątnym *CEF* dane są boki *CF* o 524 i przeciwprostokątna *FE* o 10014 częściach, jakich linia *CE*, równa linii *AC*, ma 10000. Przedtem zaś zostało wykazane, że cała linia *CD* miała 948 takich samych części, w czasie gdy Ziemia znajdowała się w najwyższej lub najniższej absydzie planety, nadwyżka więc *DF*, jako średnica małego koła, które opisze środek orbity Merkurego, będzie wynosić 424 części, promień *IF* 212 części, a stąd cała linia *CFI* 736 części.

Podobnie i w trójkącie *HEF* o kącie prostym *H* dany jest także kąt *HEF* równy 23 i jednej czwartej stopnia, z czego wiadomy jest bok *FH* o 3947 częściach, jakich w *EF* będzie 10000. Lecz jakich części w *EF* będzie 10014 i jakich także *CE* ma 10000, linia *FH* będzie miała 3953. Wyżej zaś zostało wykazane, że takich samych części miała ona 3573, czemu niech będzie równa linia *FK*. Pozostała więc linia *HK* będzie mieć 380 części, jako największa różnica elongacji gwiazdy od środka swojej orbity *F*, która występuje między najwyższą i najniższą absydą a absydami średnimi. Z powodu tej elongacji i jej zmienności gwiazda opisuje dookoła środka swojej orbity *F* nierówne koła odpowiednio do różnych odległości, najmniejszej o 3573 częściach i największej o 3953 częściach, między którymi średnia powinna mieć 3763. I tego należało dowieść.

PRZYCZYNY POJAWIANIA SIĘ PRZY BOKU SZEŚCIOKĄTA WIĘKSZYCH ODCHYLEŃ MERKUREGO OD WYSTĘPUJĄCYCH W PERIGEUM — *rozdział XXVIII*

Stąd także mniej dziwne będzie się wydawać to, że Merkury przy bokach sześciokąta koła dokonuje większych odchyleń niż w perigeum, większych bowiem nawet od tych, które już przedstawiłem, tak iż starożytni sądzili, że w czasie jednego obrotu Ziemi jego orbita dwa razy zbliża się najbardziej do Ziemi. Zbudujmy tedy kąt *BCE* równy 60 stopniom, kąt *BIF* będzie miał wobec tego 120 stopni.

Zakłada się bowiem, że *F* dokonuje podwójnego obrotu na jeden obrót Ziemi *E*. Poprowadźmy zatem linie łączące *EF* i *EI*. Ponieważ tedy linia *CI* okazała się równa 736 częściom, jakich w *EC* jest 10000, i dany jest kąt *ECI* o 60 stopniach, pozostały wobec tego bok *EI* trójkąta *ECI* będzie miał 9655 części, a 3 stopnie i około 47 minut kąt *CEI*, o który kąt *CIE* jest mniejszy od *ACE*. Lecz ten jest dany jako równy 120 stopniom, przeto kąt *CIE* będzie miał 116 stopni i 13 minut. Ale i kąt *FIB* ma 120 stopni, z konstrukcji bowiem figury jest dwa razy większy od *ECI*, a kąt *CIF*, który go uzupełnia w półkolu, 60 stopni: pozostaje kąt *EIF* o 56 stopniach i 13 minutach. Lecz linia *IF* została określona na 212 części, jakich *EI* ma 9655, i obie obejmują dany kąt *EIF*, z czego się uzyskuje kąt *FEI* równy jednemu stopniowi i 4 minutom, pozostały kąt *CEF*, o który środek orbity planety oddalony jest od średniego miejsca Słońca, 2 stopniom i 43 minutom oraz pozostały bok *EF* o 9540 częściach.

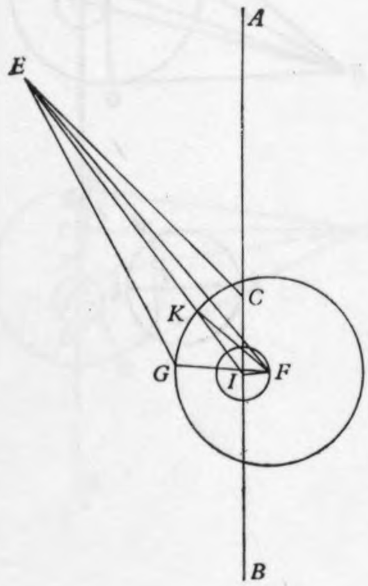


Nakreślmy teraz dookoła środka *F* orbitę Merkurego *GH* i poprowadźmy z punktu *E* styczne do orbity *EG* i *EH* oraz połączmy je liniami *FG* i *FH*. Najpierw musimy zbadać, jak wielki będzie przy takim układzie promień *FG* lub *FH*, czego dokonamy w sposób następujący. Weźmy mianowicie małe koło, którego średnica *KL* niech ma 380 części, jakich w *AC* będzie 10000, i wyobraźmy sobie, że po tej średnicy lub jej równej, w linii prostej *FG* lub *FH* gwiazda przysuwa się i odsuwa od środka *F* w sposób, który wyżej przedstawiłem przy precesji punktów równonocy. Zgodnie zaś z założeniem, według którego kąt *BCE* wspiera łuk 60 stopni, przyjmijmy łuk *KM* o takich samych 120 stopniach i poprowadźmy do *KL* pod kątami prostymi linię *MN*, która jako połowa cięciwy podwojonego łuku *KM* lub *ML* odetnie *LN*, czwartą część średnicy równą 95 częściom, jak tego dowodzą łącznie dwunaste twierdzenie XIII księgi i piętnaste V księgi *Elementów* Euklidesa.

Pozostałe więc trzy części w linii *KN* będą miały 285 części, co z najmniejszą odległością gwiazdy daje w sumie szukaną w tym miejscu linię *FG* lub *FH* o 3858 częściach, jakich podobnie *AC* ma 10000 i jakich też w *EF* okazało się 9540. Dane są wobec tego dwa boki trójkąta prostokątnego *FEG* lub *FEH*; będzie przeto dany również kąt *FEG* lub *FEH*. Jakich bowiem części będzie w *EF* 10000, w *FG* lub *FH* będzie 4054 części, wspierających kąt o 23 stopniach i 52 minutach, wobec czego cały kąt *GEH* będzie miał 47 stopni i 44 minuty. Lecz w najniższej absydzie zaobserwowano tylko 46 i pół stopnia, i podobnie w średniej 46 i pół stopnia. Powstał więc tutaj kąt od obu większy o jeden stopień i 14 minut, nie dlatego, żeby orbita planety znajdowała się bliżej Ziemi, niż była w perigeum, lecz stąd, że planeta opisuje tutaj większe niż tam koło. To wszystko zgodne jest tak z obecnymi, jak i z dawnymi obserwacjami i wynika z równych ruchów.

SPRAWDZENIE ŚREDNIEGO RUCHU MERKUREGO — *rozdział XXIX*

W dawniejszych bowiem obserwacjach znajduje się, że w 21 roku Ptolemeusza Filadelfa, o świcie 19 dnia miesiąca egipskiego Thoth, Merkury ukazał się oddalony o dwie średnice księżycowe w kierunku sekwencji od linii prostej przechodzącej przez pierwszą i drugą z gwiazd Skorpiona, znajdujących się na jego czole, i zwrócony ku północy od pierwszej gwiazdy o jedną średnicę Księżyca. Wiadomo zaś, że miejsce pierwszej gwiazdy znajduje się na 209 i pół i jednej szóstej stopnia długości oraz jednym i jednej trzeciej stopnia szerokości północnej, drugiej zaś na 209 stopniach długości oraz jednym i pół i jednej trzeciej, czyli pięciu szóstych, stopnia szerokości południowej, z czego wnioskowano, że miejsce Merkurego było na 210 i pół i jednej szóstej stopnia długości oraz jednym i prawie pięciu szóstych stopnia szerokości północnej. Od śmierci zaś Aleksandra upłynęło 59 lat, 17 dni i 45 minut dniowych, a średnie miejsce Słońca według mojego obliczenia wynosiło 228 stopni i 8 minut, 17 zaś stopni i 28 minut odległość poranna gwiazdy, wciąż jeszcze wzrastająca, co notowano w następnych czterech dniach i dzięki czemu było rzeczą pewną, że planeta nie dotarła jeszcze do ostatniej granicy porannej, ani do punktu styczności swojej orbity, lecz że znajduje się dotąd na niższym i bliższym Ziemi łuku. Ponieważ zaś najwyższa absyda znajdowała się na 183 stopniach i 20 minutach, do średniego miejsca Słońca były 44 stopnie i 48 minut.



Niech będzie zatem znowu *ACB* średnicą wielkiej orbity, jak wyżej, i poprowadźmy ze środka *C* linię średniego ruchu Słońca *CE*, tak aby kąt *ACE* miał 44 stopnie i 48 minut, oraz nakreślmy wokół środka *I* małe koło, po którym niech się porusza środek koła ekscentrycznego *F*, zgodnie zaś z założeniem przyjmijmy kąt *BIF* jako dwa razy większy od kąta *ACE* i wynoszący 89 stopni i 36 minut, i poprowadźmy linie łączące *EF* i *EI*. Ponieważ tedy w trójkącie *ECI* dane są dwa boki, *CI* o 736 i pół częściach, jakich *CE* ma 10000, obejmujące dany kąt *ECI* równy 135 stopniom i 12 minutom i przyległy do kąta *ACE*, pozostały zatem bok *EI* będzie miał 10534 części, a kąt *CEI*, o który kąt *EIC* jest mniejszy od *ACE*, 2 stopnie i 49 minut. Dany jest więc także kąt *CIE* o 41 stopniach i 59 minutach. Lecz i kąt *CIF*, który przylega do kąta *BIF*, ma 90 stopni i 24 minuty. Cały więc kąt *EIF* wynosi 132 stopnie i 23 minuty, a obejmują go dane również boki trójkąta *EFI*, mianowicie *EI* o 10534 częściach i *IF* o 211 i pół częściach, jakich w *AC* zakłada się 10000. Z nich staje się wiadomy kąt *FEI*, równy 50 minutom, wraz z pozostałym bokiem *EF* o 10678 częściach oraz pozostały kąt *CEF* wynoszący jeden stopień i 59 minut.

Weźmy teraz małe koło *LM*, którego średnica *LM* niech ma 380 części, jakich w *AC* jest 10000, a łuk *LN*, zgodnie z założeniem, niech wynosi 89 stopni i 36 minut, i nakreślmy jego cięciwę *LN* oraz prostopadłą do *LM* linię *NR*. Ponieważ tedy kwadrat z *LN* równy jest prostokątowi z *LM* i *LR*, to według danej proporcji dana jest oczywiście i linia *LR* o długości około 189 części, jakich średnica *LM* ma 380, a z tej linii prostej lub jej równej rozpoznaje się oddalenie planety od środka jej koła *F* od tego czasu, w którym linia *EC* przebyła do końca kąt *ACE*: gdy się więc doda te części do 3573 części najmniejszej odległości, to dają one w sumie w tym miejscu 3762 części. Nakreślmy więc ze środka *F*, odległością zaś 3762 części, koło i poprowadźmy linię *EG*, która by przecięła sklepiony łuk w punkcie *G*, tak jednak, żeby kąt *CEG* miał 17 stopni i 28 minut, o które gwiazda zdawała się być oddalona od średniego miejsca Słońca, i nakreślmy linię łączącą *FG* i równoległą do *CE* linię *FK*. Gdy zaś odejmiemy kąt *CEF* od całego kąta *CEG*, pozostały kąt *FEG* będzie miał 15 stopni i 29 minut. Stąd dane są dwa boki trójkąta *EFG*, *EF* o 10678 i *FG* o 3762 częściach, a także kąt *FEG* równy 15 stopniom i 29 minutom, z czego będzie wiadomy kąt *EFG* o 33 stopniach i 46 minutach, a po odjęciu od niego kąta *EFK*, równego kątowi *CEF*, pozostaje kąt *KFG* i łuk *KG*, mające 31 stopni i 47 minut, jako odległość gwiazdy od średniego perigeum swojej orbity, którym jest *K*, i jeśli do niego doda się półkole, otrzymuje się w sumie 211 stopni i 47 minut średniego ruchu anomalii paralaksy w czasie tej obserwacji. I to należało wykazać.

NOWSZE OBSERWACJE RUCHÓW MERKUREGO *rozdział XXX*

Ten właśnie sposób sprawdzania biegu tej gwiazdy wskazali nam starożytni, lecz wspomagało ich pogodniejsze niebo, a mianowicie tam, gdzie Nil — jak powiadają — nie wydaje takich oparów, jakie u nas Wisła. Nam bowiem zamieszkującym surowszą krainę, gdzie cisza powietrza jest rzadsza, natura odmówiła tej wygody, a ponadto z powodu znacznej ukośności sfery rzadziej pozwala widzieć Merkurego, chociażby był w największej odległości od Słońca, ponieważ właśnie nie wschodzi dla naszego oka w konstelacji Barana i Ryb, ani też, odwrotnie, nie zachodzi w konstelacji Panny i Wagi. Ale i w konstelacji Raka lub Bliźniąt nie pokazuje się w jakiś inny sposób, jak tylko kiedy jest zmierzch nocny lub świt, nigdy zaś noc, chyba że Słońce oddali się dobry kawałek w konstelację Lwa.

Dlatego ta gwiazda kosztowała mnie wiele okrężnych dróg i trudu, aby zbadać jej błądzenia. Z tego powodu zapożyczyłem trzy miejsca spośród tych, które w Norymberdze zostały dokładnie zaobserwowane. Pierwsze przez Bernarda Waltera, ucznia Regiomontana, w 1491 roku Chrystusa, dziewiątego dnia września w pięć godzin równych po północy, za pomocą obręczy astrolabicznych nastawionych na Palilicium. A zobaczył on Merkurego na 13 i pół stopniach Panny przy szerokości północnej jednego i pół i jednej trzeciej stopnia, a była wtedy gwiazda na początku porannego skrywania się, ponieważ w ciągu poprzednich dni stale rano malała. Upłynęło przeto od początku lat Chrystusa 1491 lat egipskich, 258 dni i 12 i pół minut dniowych, a proste średnie miejsce Słońca było na 149 stopniach i 48 minutach, lecz od równonocy wiosennej na 26 stopniach i 47 minutach Panny. Stąd i odległość Merkurego wynosiła 13 i prawie jedną czwartą stopnia.

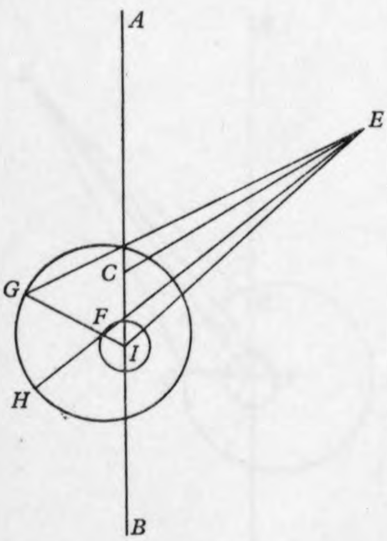
Drugie miejsce wypadło w 1504 roku Chrystusa, dziewiątego stycznia w sześć i pół godzin po północy, kiedy w Norymberdze kulminował dziesiąty stopień Skorpiona, obserwowane przez Jana Schonera, któremu gwiazda pokazała się na 3 i jednej trzeciej stopnia Koziorożca o 0 stopni i 45 minut na północ. Średnie zaś miejsce Słońca, które poranny Merkury wyprzedzał o 23 stopnie i 42 minuty, znajdowało się według obliczenia od równonocy wiosennej na 27 stopniach i 7 minutach Koziorożca.

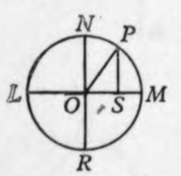
Trzecią obserwację przeprowadził tenże Jan w tym samym 1504 roku, osiemnastego marca w 7 i pół godzin po południu, w czasie której znalazł Merkurego na 26 i jedenastu dwunastych stopnia Barana o trzy prawie stopnie na północ, podczas gdy w Norymberdze według obręczy astrolabicznych, nastawionych na tę samą gwiazdę Palilicium, kulminowało 25 stopni Raka. W tym czasie średnie miejsce Słońca znajdowało się od równonocy wiosennej na 5 stopniach i 39 minutach Barana, a wieczorny Merkury na 21 stopniach i 17 minutach od Słońca.

Od pierwszego zatem miejsca do drugiego upłynęło 12 lat egipskich, 125 dni oraz 3 minuty i 45 sekund dniowych, w czasie których prosty ruch Słońca wynosi 120 stopni i 14 minut, a anomalii paralaksy Merkurego 316 stopni i 1 minutę.

W drugim odstępie czasu mieści się 69 dni oraz 31 minut i 45 sekund dniowych, proste zaś średnie miejsce Słońca wynosi 68 stopni i 32 minuty, a średnia anomalia paralaksy Merkurego 216 stopni.

Na podstawie więc tych trzech obserwacji chcę zbadać biegi Merkurego dla obecnego czasu, przy czym sądzę, że należy zgodzić się na to, iż wymiary kół pozostały bez zmiany od Ptolemeusza także teraz, ponieważ i przy innych obserwacjach nie przychwytuje się dawniejszych wybitnych autorytetów na tym, ażeby pod tym względem się mylili. Jeślibym wraz z tymi kołami miał także miejsce absydy koła ekscentrycznego, niczego poza tym nie potrzebowałbym dla widomego ruchu tej także planety. Przyjąłem zaś miejsce najwyższej absydy na 211 i pół stopniach, to jest na 28 i pół stopniach znaku Skorpiona, bo i nie można było przyjmować mniejszego bez uprzedzenia do obserwacji. Tak właśnie będziemy mieli anomalię koła ekscentrycznego, to jest odległość średniego ruchu Słońca od apogeum, wynoszącą w pierwszej granicy 298 stopni i 15 minut, w drugiej 58 stopni i 29 minut, a w trzeciej 127 stopni i 1 minutę.

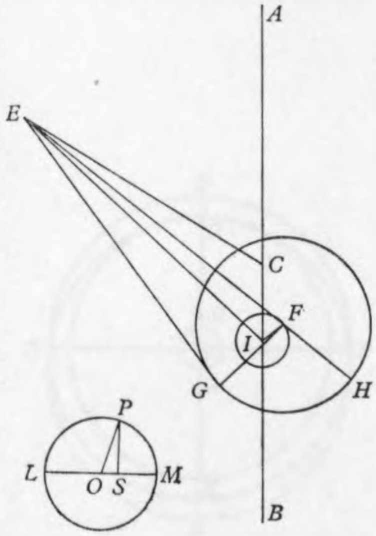




Nakreślmy zatem figurę w poprzedni sposób z tym, że kąt *ACE* ustalmy na 61 stopni i 45 minut, o jakie linia średniego ruchu Słońca wyprzedzała apogeum w czasie pierwszej obserwacji, a pozostałe dane, które z kolei następują, zgodnie z założeniem. Ponieważ zaś dana jest linia *IC* o 736 i pół częściach, jakich *AC* ma 10000, oraz kąt *ECI* w trójkącie *ECI*, dany także będzie kąt *CEI*, a wynosi on 3 stopnie i 35 minut, jak też bok *IE* o 10369 częściach, jakich *EC* ma 10000 i jakich też w *IF* jest 211 i pół. Są przeto i w trójkącie *EFI* dwa boki mające dany stosunek, kąt zaś *BIF* ma 123 i pół stopnia, mianowicie na mocy konstrukcji dwa razy tyle co *ACE*, a przyległy doń kąt *CIF* 56 i pół stopni. Cały więc kąt *EIF* wynosi 114 stopni i 40 minut. Przeto i kąt *IEF* ma jeden stopień i 5 minut, a bok *EF* 10371 części. Stąd także kąt *CEF* ma 2 i pół stopnia.

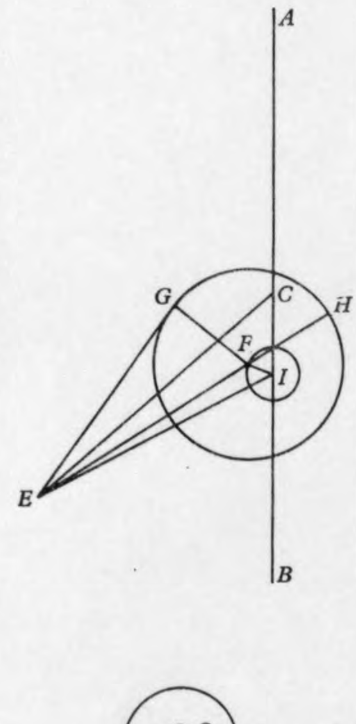
Abyśmy zaś wiedzieli, o ile przez ruch przesuwania się i cofania orbita, której środkiem jest *F*, wyrosła poza apogeum lub perigeum, nakreślmy malutkie koło przecięte na cztery części przez średnice *LM* i *NR* ze środkiem *O* i przyjmijmy kąt *POL* dwa razy większy od *ACE*, mianowicie równy 123 i pół stopniom, a z punktu *P* poprowadźmy prostopadłą do linii *LM*, którą niech będzie *PS*. Według danego zatem stosunku linia *OP* lub równa jej linia *LO* będzie miała się do *OS*, to jest 10000 do 5519, jak 190 do 105, co zarazem ustala *LS* na 295 części, jakich *AC* ma 10000, o które gwiazda wzniosła się wyżej nad środkiem *F*. Gdy się je doda do 3573 części najmniejszej odległości, dają w sumie obecną odległość równą 3868 częściom, którą opiszmy wokół punktu *F* koło *HG*, połączmy je linią *EG*, a *EF* przedłużmy w linię prostą *EFH*.

Ponieważ tedy kąt *CEF* został określony na 2 i pół stopnia, a kąt *GEC* odległości gwiazdy porannej od średniego Słońca zaobserwowany jako równy 13 i jednej czwartej stopnia, cały więc kąt *FEG* będzie miał 15 i trzy czwarte stopnia. Lecz także w trójkącie *EFG* stosunek *EF* do *FG*, jak 10371 do 3868, wraz z danym kątem *E* określi nam również kąt *EGF* na 49 stopni i 8 minut. Stąd i pozostały kąt zewnętrzny będzie miał 64 stopnie i 53 minuty, które odjęte od całego koła pozostawiają jako resztę 295 stopni i 7 minut prawdziwej anomalii paralaksy, a jeśli się do niej doda kąt *CEF*, wypadnie anomalia średnia i równa, której szukaliśmy, na 297 stopni i 37 minut. Jeśli do tej doda się 316 stopni i jedną minutę, będziemy mieli równą anomalię paralaksy z drugiej obserwacji o 253 stopniach i 38 minutach, która, jak tego dowiodę, jest także pewna i zgodna z obserwacją.



Przyjmijmy bowiem kąt *ACE* odpowiednio do wymiaru drugiej anomalii koła ekscentrycznego równy 58 stopniom i 29 minutom. Wtedy również w trójkącie *CEI* dane są dwa boki, *IC* o 736 i pół częściach, jakich *EC* ma 10000, oraz zawarty w nich kąt *ECI*, wynoszący 121 stopni i 31 minut, a więc także trzeci bok *EI* o 10404 takich samych częściach, jak też kąt *CEI* równy 3 stopniom i 28 minutom. Podobnie w trójkącie *EIF*, ponieważ kąt *EIF* zawiera 118 stopni i 3 minuty, a bok *IF* 211 i pół części, jakich *IE* ma 10404, będzie miał trzeci bok *EF* takich części 10505, kąt zaś *IEF* 61 minut, a więc i pozostały kąt *FEC* 2 stopnie i 27 minut, co jest prostaferezą koła ekscentrycznego i co dodane do średniego ruchu paralaksy daje w sumie prawdziwą o 256 stopniach i 5 minutach.

Weźmy teraz także na epicyklu łuk przysuwania się i cofania *LP* lub kąt *LOP* dwa razy większy od kąta *ACE* i równy 116 stopniom i 58 minutom. Wtedy także w trójkącie prostokątnym *OPS*, dzięki danemu stosunkowi boków *OP* do *OS*, jak 10000 do 4535, bok *OS* będzie miał 86 części, jakich *OP* lub *LO* ma 190, a długość całej linii *LOS* 276 części, co dodane do najmniejszej odległości, równej 3573, daje w sumie 3849. Tą odległością opiszmy wokół środka *F* koło *HG*, tak aby w punkcie *H* było apogeum paralaksy, i od niego niech będzie oddalona gwiazda o wyprzedzający ją łuk *HG*, równy 103 stopniom i 55 minutom, których braknie do pełnego obrotu ruchowi badanej paralaksy, wynoszącej 256 stopni i 5 minut, i dlatego przyległy kąt *EFG* ma 76 stopni i 5 minut. Tak znowu w trójkącie *EFG* dane są dwa boki, *FG* o 3849 częściach, jakich *EF* ma 10505. Wobec tego kąt *FEG* będzie miał 21 stopni i 19 minut, a wraz z *CEF* da cały kąt *CEG* na 23 stopnie i 46 minut, i to jest widoma odległość między środkiem wielkiej orbity *C* i planetą *G*, co także mało się różni od obserwacji.



To jeszcze po raz trzeci zostanie potwierdzone, gdy określimy kąt *ACE* na 127 stopni i jedną minutę lub przyległy doń kąt *BCE* na 52 stopnie i 59 minut. Otrzymamy znowu trójkąt, którego dwa boki są znane, *CI* o 736 i pół częściach, jakich *EC* ma 10000, i obejmują kąt *ECI* równy 52 stopniom i 59 minutom, z czego się pokazuje, że kąt *CEI* ma 3 stopnie i 31 minut, a bok *IE* 9575 części, jakich w *EC* jest 10000. Ponieważ zaś kąt *EIF* dany jest z konstrukcji figury na 49 stopni i 28 minut i objęty jest również danymi bokami, *FI* o 211 i pół częściach, jakich *EI* ma 9575, pozostały także bok będzie miał takich części 9440, a kąt *IEF* 59 minut, które odjęte od całego kąta *IEC* pozostawiają jako resztę ostatni kąt *FEC* równy 2 stopniom i 32 minutom. I to jest prostafereza odjemna anomalii koła ekscentrycznego i gdy się ją doda do średniej anomalii paralaksy, którą obliczyłem na 109 stopni i 38 minut, dodawszy do drugiej 216 stopni, wypadnie anomalia prawdziwa na 112 stopni i 10 minut.

Weźmy teraz na epicyklu kąt *LOP* dwa razy większy od kąta *ECI* i równy 105 stopniom i 58 minutom. Będziemy mieli tutaj także ze stosunku *PO* do *OS* linię *OS* równą 52, tak że cała linia *LOS* wynosi 242, a gdy je dodamy do najmniejszej odległości wynoszącej 3573, otrzymamy odległość wyrównaną wynoszącą 3815, którą opiszmy wokół środka *F* koło i na nim, po przedłużeniu w prostym kierunku linii *EFH*, niech *H* będzie najwyższą absydą paralaks, a nadto odpowiednio do rozmiaru prawdziwej anomalii paralaksy przyjmijmy łuk *HG* równy 112 stopniom i 10 minutom i połączmy *G* i *F*. Przyległy zatem kąt *GFE* będzie miał 67 stopni i 50 minut, obejmują go zaś dane boki, *GF* o 3815 częściach, jakich *EF* ma 9440, z czego wiadomy będzie kąt *FEG* o 23 stopniach i 50 minutach. Po odjęciu od niego prostaferezy *CEF* pozostaje kąt *CEG* 21 stopni i 18 minut widomej odległości między gwiazdą wieczorną i środkiem wielkiej orbity, jaka też prawie została znaleziona za pomocą obserwacji.

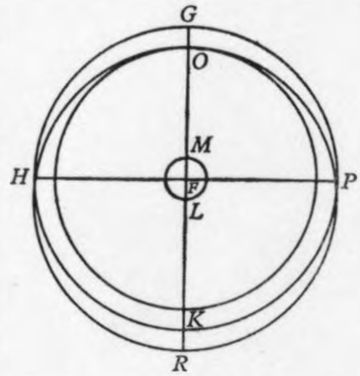
Te zatem trzy miejsca tak zgodne z zaobserwowanymi stwierdzają ponad wszelką wątpliwość, że miejsce najwyższej absydy koła ekscentrycznego wynosi, jak właśnie przyjmowałem, dla tego naszego czasu 211 i pół stopni na sferze gwiazd stałych i że niezawodne są dalsze tego następstwa, a mianowicie, że równa anomalia paralaksy wynosi w pierwszym miejscu 297 stopni i 37 minut, w drugim 253 stopnie i 38 minut i w trzecim 109 stopni i 38 minut. I tego należało dociec.

W czasie owej jednak obserwacji starożytnej w 21 roku Ptolemeusza Filadelfa, o świcie 19 dnia pierwszego miesiąca egipskiego Thoth, miejsce najwyższej absydy koła ekscentrycznego znajdowało się, zdaniem Ptolemeusza, na 183 stopniach i 20 minutach sfery gwiazd stałych, równej zaś anomalii paralaksy na 211 stopniach i 47 minutach. Czas natomiast między tą ostatnią obserwacją i ową starożytną zawiera 1768 lat egipskich, 200 dni i 33 minuty dniowe. W tym czasie najwyższa absyda koła ekscentrycznego przesunęła się na sferze gwiazd stałych o 28 stopni i 10 minut, a ruch paralaksy, poza całkowitymi obrotami w ilości 5570, o 257 stopni i 51 minut, ponieważ właśnie w 20 latach kończą się nieomal 63 pełne obiegi, które w ciągu 1760 lat dają w sumie 5544 obiegi, a w pozostałych 8 latach i 200 dniach 26 obrotów. W 1768 więc latach, 200 dniach i 33 minutach dniowych przybyło poza 5570 obrotami 257 stopni i 51 minut, o które różnią się zaobserwowane miejsca, owo pierwsze starożytne od mojego, i które także zgadzają się z liczbami podanymi przeze mnie w tablicach. Gdy zaś 28 stopni i 10 minut, o które przesunęło się apogeum koła ekscentrycznego, zestawimy z obecnym czasem, zobaczy się, że w 63 latach przesunęło się ono o jeden stopień, jeśli tylko ruch był równy. ×

USTALENIE MIEJSC PIERWIASTKOWYCH MERKUREGO *rozdział XXXI*

Ponieważ tedy od początku lat Chrystusa aż do ostatniej obserwacji minęły 1504 lata egipskie, 87 dni i 48 minut dniowych, w ciągu których ruch anomalii paralaksy Merkurego, po odrzuceniu całkowitych obrotów, wynosi 63 stopnie i 14 minut, to gdy się je odejmie od 109 stopni i 38 minut, pozostaje 46 stopni i 24 minuty jako miejsce pierwiastkowe anomalii paralaksy na początku lat Chrystusa, a od niego znowu od początku pierwszej Olimpiady upłynęło 775 lat egipskich i 12 i pół dnia, w ciągu których z rachunku wypada, oprócz pełnych obrotów, 95 stopni i 3 minuty, po odjęciu zaś ich od miejsca pierwiastkowego dla lat Chrystusa i po dodaniu jednego obrotu pozostaje jako miejsce pierwiastkowe dla pierwszej Olimpiady 311 stopni i 21 minut. Stąd także w ciągu 451 lat i 247 dni do śmierci Aleksandra miejsce to według przeprowadzonego obliczenia dochodzi do 213 stopni i 3 minut.

PEWNA INNA ZASADA PRZYSUWANIA SIĘ I COFANIA *rozdział XXXII*



Lecz zanim rozstanę się z Merkurym, postanowiłem rozważyć inny jeszcze sposób, nie mniej prawdopodobny od poprzedniego, za pomocą którego mogłoby się odbywać i być zrozumiane owo przysuwanie się i cofanie. Niech mianowicie będzie koło *GHKP*, przecięte przez środek *F* na cztery części, w które również wpiszmy maleńkie koło współśrodkowe *LM*, i znowu ze środka *L*, odległością zaś *LFO*, równą linii *FG* lub *FH*, nakreślmy inne koło *OR*. Załóżmy zaś, że cały ten układ kół porusza się wokół środka *F* w kierunku sekwencji razem ze swoimi liniami przecięć *GFR* i *HFP* codziennie o około 2 stopnie i 7 minut, o ile właśnie ruch paralaksy gwiazdy przewyższa ruch Ziemi na zodiaku, od apogeum koła ekscentrycznego gwiazdy, która by tymczasem pozostały ruch od punktu *G*, podobny prawie ruchowi Ziemi, uzupełniła po własnym kole paralaksy *OR*. Przyjmijmy także, że w tymże samym obrocie, to jest rocznym, środek koła *OR* unoszącego gwiazdę posuwa się ruchem wahadła, jak było wyżej powiedziane, tam i z powrotem po średnicy *LFM*, dwa razy większej od tej, którą przedtem przyjęliśmy.

Gdy, tak to ułożywszy, umieścimy Ziemię poruszającą się średnim ruchem naprzeciw apogeum koła ekscentrycznego gwiazdy i jednocześnie środek koła unoszącego gwiazdę w *L*, a samą gwiazdę w punkcie *O*, to wówczas ona, znajdując się w najmniejszej odległości od *F*, opisze ruchem całej tej odległości najmniejsze koło, którego promieniem będzie *FO*, a stąd dalsze następstwa, jak to, że gdy Ziemia znajdzie się przy średniej absydzie, to gwiazda wpadając na punkt *H* nakreśli największą odległością od *F* największe łuki, mianowicie po kole, którego środkiem jest *F*. Wtedy bowiem z powodu tożsamości środka w *F* koło deferensowe *OR* będzie zgodne z kołem *GH*. Gdy stąd Ziemia zdąża w stronę perigeum, a środek kręgu *OR* do drugiego z najdalszych punktów, którym jest *M*, wznosi się także sam krąg ponad *GK*, a gwiazda w *R* trafi znowu na najmniejszą odległość od punktu *F* i wypadnie jej to, co z początku. Zbiegają się bowiem tutaj trzy równe sobie obroty, a mianowicie Ziemi do apogeum koła ekscentrycznego Merkuriusza, libracja środka wzdłuż średnicy *LM* oraz planety od linii *FG* i do niej, a od nich jedynie, jak powiedziałem, różni się ruch przecięć *G*, *H*, *K* i *P* od absydy koła ekscentrycznego.

Tak to zaiste przy tej gwieździe zabawiła się natura w tak godną podziwu rozmaitość, którą jednak utrwaliła wiecznym, pewnym i niezmiennym ładem. Lecz należy tutaj zauważyć, że na środkowych przestrzeniach ćwiartek *G*, *H*, *K* i *P* gwiazda nie przebiega bez różnicy w długości, ponieważ zachodząca właśnie zmienność środków z konieczności wywoła pewną prostaferezę, ale zapobiega temu niestabilność jej środka. Gdyby bowiem, na przykład, gwiazda, mając środek stale się znajdujący w *L*, posuwała się z punktu *O*, powodowałaby przy *H* największą różnicę odpowiednio do rozmiaru mimośrodu *FL*. Lecz z założeń wynika, że gwiazda postąpiwszy naprzód z punktu *O* zaczyna wprawdzie i zapowiada wywołanie różnicy, jaką ma rozstęp środków *FL*, lecz gdy ruchomy środek zbliża się do środka w *F*, zapowiedziana różnica coraz więcej traci i do tego stopnia się niweczy, że przy środkowych przecięciach *H* i *P*, gdzie należałoby się jej spodziewać największej, zupełnie zanika. Niemniej jednak, co przyznaję, nawet zmalawszy ukrywa się w promieniach Słońca, a przy wschodzie lub zachodzie gwiazdy porannej lub wieczornej nie jest zgoła widoczna na punktach zwrotnych koła. I tego właśnie sposobu, nie mniej jak pierwszy racjonalnego, nie chciałem pominąć, a najodpowiedniejsze zastosowanie znajdzie on przy odchyleniach szerokości.

TABLICE PROSTAFEREZ PIĘCIU GWIAZD BŁĘDNYCH *rozdział XXXIII*

Te dane o ruchu równym i widomym Merkurego i pozostałych planet zostały wykazane i przedstawione w liczbach, za przykładem których stanie otworem droga do obliczenia różnic ruchów dla jakichkolwiek innych miejsc. Lecz dla łatwiejszego użytku sporządziłem dla każdej właściwe tabele o sześciu rubrykach, po trzydzieści zaś wierszy co trzy stopnie, jak mam zwyczaj. Pierwsze dwie rubryki będą miały wspólne liczby, tak anomalii koła ekcentrycznego, jak i paralaks, trzecia zaś zsumowane prostaferezy koła ekcentrycznego, to jest całe różnice, jakie zachodzą między równym i zmiennym ruchem owych orbit. W czwartej będą minuty proporcjonalne, które są sześćdziesiątymi częściami i o które paralaksy powiększają się lub zmniejszają z powodu większej lub mniejszej odległości Ziemi. W piątej te właśnie prostaferezy, które są paralaksami przypadającymi w najwyższej absydzie koła ekcentrycznego. W szóstej i ostatniej nadwyżki, jakimi przewyższają je te, które zachodzą w najniższej absydzie koła ekcentrycznego. A oto są te tabele.

TABLICA PROSTAFEREZ SATURNA

Liczby wspólne		Prostafereza koła ekscentrycznego		Minuty proporcjonalne	Paralaksa wielkiego kręgu		Nadwyżka paralaksy	
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
3	357	0	20	0	0	17	0	2
6	354	0	40	0	0	34	0	4
9	351	0	58	0	0	51	0	6
12	348	1	17	0	1	7	0	8
15	345	1	36	1	1	23	0	10
18	342	1	55	1	1	40	0	12
21	339	2	13	1	1	56	0	14
24	336	2	31	2	2	11	0	16
27	333	2	49	2	2	26	0	18
30	330	3	6	3	2	42	0	19
33	327	3	23	3	2	56	0	21
36	324	3	39	4	3	10	0	23
39	321	3	55	4	3	25	0	24
42	318	4	10	5	3	38	0	26
45	315	4	25	6	3	52	0	27
48	312	4	39	7	4	5	0	29
51	309	4	52	8	4	17	0	31
54	306	5	5	9	4	28	0	33
57	303	5	17	10	4	38	0	34
60	300	5	29	11	4	49	0	35
63	297	5	41	12	4	59	0	36
66	294	5	50	13	5	8	0	37
69	291	5	59	14	5	17	0	38
72	288	6	7	16	5	24	0	38
75	285	6	14	17	5	31	0	39
78	282	6	19	18	5	37	0	39
81	279	6	23	19	5	42	0	40
84	276	6	27	21	5	46	0	41
87	273	6	29	22	5	50	0	42
90	270	6	31	23	5	52	0	42

TABLICA PROSTAFEREZ SATURNA

Liczby wspólne		Prostafereza koła ekcentrycznego		Minuty proporcjonalne	Paralaksa wielkiego kręgu		Nadwyżka paralaksy	
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
93	267	6	31	25	5	52	0	43
96	264	6	30	27	5	53	0	44
99	261	6	28	29	5	53	0	45
102	258	6	26	31	5	51	0	46
105	255	6	22	32	5	48	0	46
108	252	6	17	34	5	45	0	45
111	249	6	12	35	5	40	0	45
114	246	6	6	36	5	36	0	44
117	243	5	58	38	5	29	0	43
120	240	5	49	39	5	22	0	42
123	237	5	40	41	5	13	0	41
126	234	5	28	42	5	3	0	40
129	231	5	16	44	4	52	0	39
132	228	5	3	46	4	41	0	37
135	225	4	48	47	4	29	0	35
138	222	4	33	48	4	15	0	34
141	219	4	17	50	4	1	0	32
144	216	4	0	51	3	46	0	30
147	213	3	42	52	3	30	0	28
150	210	3	24	53	3	13	0	26
153	207	3	6	54	2	56	0	24
156	204	2	46	55	2	38	0	22
159	201	2	27	56	2	21	0	19
162	198	2	7	57	2	2	0	17
165	195	1	46	58	1	42	0	14
168	192	1	25	59	1	22	0	12
171	189	1	4	59	1	2	0	9
174	186	0	43	60	0	42	0	7
177	183	0	22	60	0	21	0	4
180	180	0	0	60	0	0	0	0

TABLICA PROSTAFEREZ JOWISZA

Liczby wspólne		Prostafereza koła ekcentrycznego		Minuty proporcjonalne		Paralaksa wielkiego kręgu		Nadwyżka paralaksy	
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Sekundy	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
3	357	0	16	0	3	0	28	0	2
6	354	0	31	0	12	0	56	0	4
9	351	0	47	0	18	1	25	0	6
12	348	1	2	0	30	1	53	0	8
15	345	1	18	0	45	2	19	0	10
18	342	1	33	1	3	2	46	0	13
21	339	1	48	1	23	3	13	0	15
24	336	2	2	1	48	3	40	0	17
27	333	2	17	2	18	4	6	0	19
30	330	2	31	2	50	4	32	0	21
33	327	2	44	3	26	4	57	0	23
36	324	2	58	4	10	5	22	0	25
39	321	3	11	5	40	5	47	0	27
42	318	3	23	6	43	6	11	0	29
45	315	3	35	7	48	6	34	0	31
48	312	3	47	8	50	6	56	0	34
51	309	3	58	9	53	7	18	0	36
54	306	4	8	10	57	7	39	0	38
57	303	4	17	12	0	7	58	0	40
60	300	4	26	13	10	8	17	0	42
63	297	4	35	14	20	8	35	0	44
66	294	4	42	15	30	8	52	0	46
69	291	4	50	16	50	9	8	0	48
72	288	4	56	18	10	9	22	0	50
75	285	5	1	19	17	9	35	0	52
78	282	5	5	20	40	9	47	0	54
81	279	5	9	22	20	9	59	0	55
84	276	5	12	23	50	10	8	0	56
87	273	5	14	25	23	10	17	0	57
90	270	5	15	26	57	10	24	0	58

TABLICA PROSTAFEREZ JOWISZA

Liczby wspólne		Prostafereza koła ekcentrycznego		Minuty proporcjonalne		Paralaksa wielkiego kręgu		Nadwyżka paralaksy	
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Sekundy	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
93	267	5	15	28	33	10	25	0	59
96	264	5	15	30	12	10	33	1	0
99	261	5	14	31	43	10	34	1	1
102	258	5	12	33	17	10	34	1	1
105	255	5	10	34	50	10	33	1	2
108	252	5	6	36	21	10	29	1	3
111	249	5	1	37	47	10	23	1	3
114	246	4	55	39	0	10	15	1	3
117	243	4	49	40	25	10	5	1	3
120	240	4	41	41	50	9	54	1	2
123	237	4	32	43	18	9	41	1	1
126	234	4	23	44	46	9	25	1	0
129	231	4	13	46	11	9	8	0	59
132	228	4	2	47	37	8	56	0	58
135	225	3	50	49	2	8	27	0	57
138	222	3	38	50	22	8	5	0	55
141	219	3	25	51	46	7	39	0	53
144	216	3	13	53	6	7	12	0	50
147	213	2	59	54	10	6	43	0	47
150	210	2	45	55	15	6	13	0	43
153	207	2	30	56	12	5	41	0	39
156	204	2	15	57	0	5	7	0	35
159	201	1	59	57	37	4	32	0	31
162	198	1	43	58	6	3	56	0	27
165	195	1	27	58	34	3	18	0	23
168	192	1	11	59	3	2	40	0	19
171	189	0	53	59	36	2	0	0	15
174	186	0	35	59	58	1	20	0	11
177	183	0	17	60	0	0	40	0	6
180	180	0	0	60	0	0	0	0	0

TABLICA PROSTAFEREZ MARSA

Liczby wspólne		Prostafereza koła ekcentrycznego		Minuty proporcjonalne		Paralaksa wielkiego kręgu		Nadwyżka paralaksy	
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Sekundy	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
3	357	0	32	0	0	1	8	0	8
6	354	1	5	0	2	2	16	0	17
9	351	1	37	0	7	3	24	0	25
12	348	2	8	0	15	4	31	0	33
15	345	2	39	0	28	5	38	0	41
18	342	3	10	0	42	6	45	0	50
21	339	3	41	0	57	7	52	0	59
24	336	4	11	1	13	8	58	1	8
27	333	4	41	1	34	10	5	1	16
30	330	5	10	2	1	11	11	1	25
33	327	5	38	2	31	12	16	1	34
36	324	6	6	3	2	13	22	1	43
39	321	6	32	3	32	14	26	1	52
42	318	6	58	4	3	15	31	2	2
45	315	7	23	4	37	16	35	2	11
48	312	7	47	5	16	17	39	2	20
51	309	8	10	6	2	18	42	2	30
54	306	8	32	6	50	19	45	2	40
57	303	8	53	7	39	20	47	2	50
60	300	9	12	8	30	21	49	3	0
63	297	9	30	9	27	22	50	3	11
66	294	9	47	10	25	23	48	3	22
69	291	10	3	11	28	24	47	3	34
72	288	10	19	12	33	25	44	3	46
75	285	10	32	13	38	26	40	3	59
78	282	10	42	14	46	27	35	4	11
81	279	10	50	16	4	28	29	4	24
84	276	10	56	17	24	29	21	4	36
87	273	11	1	18	45	30	12	4	50
90	270	11	5	20	8	31	0	5	5

TABLICA PROSTAFEREZ MARSA

Liczby wspólne		Prostafereza koła ekcentrycznego		Minuty proporcjonalne		Paralaksa wielkiego kręgu		Nadwyżka paralaksy	
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Sekundy	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
93	267	11	7	21	32	31	45	5	20
96	264	11	8	22	58	32	30	5	35
99	261	11	7	24	32	33	13	5	51
102	258	11	5	26	7	33	53	6	7
105	255	11	1	27	43	34	30	6	25
108	252	10	56	29	21	35	3	6	45
111	249	10	45	31	2	35	34	7	4
114	246	10	33	32	46	35	59	7	25
117	243	10	11	34	31	36	21	7	46
120	240	10	7	36	16	36	37	8	11
123	237	9	51	38	1	36	49	8	34
126	234	9	33	39	46	36	54	8	59
129	231	9	13	41	30	36	53	9	24
132	228	8	50	43	12	36	45	9	49
135	225	8	27	44	50	36	25	10	17
138	222	8	2	46	26	35	59	10	47
141	219	7	36	48	1	35	25	11	15
144	216	7	7	49	35	34	30	11	45
147	213	6	37	51	2	33	24	12	12
150	210	6	7	52	22	32	3	12	35
153	207	5	34	53	38	30	26	12	54
156	204	5	0	54	50	28	5	13	28
159	201	4	25	56	0	26	8	13	7
162	198	3	49	57	6	23	28	12	47
165	195	3	12	57	54	20	21	12	12
168	192	2	35	58	22	16	51	10	59
171	189	1	57	58	50	13	1	9	1
174	186	1	18	59	11	8	51	6	40
177	183	0	39	59	44	4	32	3	28
180	180	0	0	60	0	0	0	0	0

TABLICA PROSTAFEREZ WENUS

Liczby wspólne		Prostafereza koła ekcentrycznego		Minuty proporcjonalne		Paralaksa wielkiego kręgu		Nadwyżka paralaksy	
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Sekundy	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
3	357	0	6	0	0	1	15	0	1
6	354	0	13	0	0	2	30	0	2
9	351	0	19	0	10	3	45	0	3
12	348	0	25	0	39	4	59	0	5
15	345	0	31	0	58	6	13	0	6
18	342	0	36	1	20	7	28	0	7
21	339	0	42	1	39	8	42	0	9
24	336	0	48	2	23	9	56	0	11
27	333	0	53	2	59	11	10	0	12
30	330	0	59	3	38	12	24	0	13
33	327	1	4	4	18	13	37	0	14
36	324	1	10	5	3	14	50	0	16
39	321	1	15	5	45	16	3	0	17
42	318	1	20	6	32	17	16	0	18
45	315	1	25	7	22	18	28	0	20
48	312	1	29	8	18	19	40	0	21
51	309	1	33	9	31	20	52	0	22
54	306	1	36	10	48	22	3	0	24
57	303	1	40	12	8	23	14	0	26
60	300	1	43	13	32	24	24	0	27
63	297	1	46	15	8	25	34	0	28
66	294	1	49	16	35	26	43	0	30
69	291	1	52	18	0	27	52	0	32
72	288	1	54	19	33	28	57	0	34
75	285	1	56	21	8	30	4	0	36
78	282	1	58	22	32	31	9	0	38
81	279	1	59	24	7	32	13	0	41
84	276	2	0	25	30	33	17	0	43
87	273	2	0	27	5	34	20	0	45
90	270	2	0	28	28	35	21	0	47

TABLICA PROSTAFEREZ WENUS

Liczby wspólne		Prostafereza koła ekcentrycznego		Minuty proporcjonalne		Paralaksa wielkiego kręgu		Nadwyżka paralaksy	
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Sekundy	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
93	267	2	0	29	58	36	20	0	50
96	264	2	0	31	28	37	17	0	53
99	261	1	59	32	57	38	13	0	55
102	258	1	58	34	26	39	7	0	58
105	255	1	57	35	55	40	0	1	0
108	252	1	55	37	23	40	49	1	4
111	249	1	53	38	52	41	36	1	8
114	246	1	51	40	19	42	18	1	11
117	243	1	48	41	45	42	59	1	14
120	240	1	45	43	10	43	35	1	18
123	237	1	42	44	37	44	7	1	22
126	234	1	39	46	6	44	32	1	26
129	231	1	35	47	36	44	49	1	30
132	228	1	31	49	6	45	4	1	36
135	225	1	27	50	12	45	10	1	41
138	222	1	22	51	17	45	5	1	47
141	219	1	17	52	33	44	51	1	53
144	216	1	12	53	48	44	22	2	0
147	213	1	7	54	28	43	36	2	6
150	210	1	1	55	0	42	34	2	13
153	207	0	55	55	57	41	12	2	19
156	204	0	49	56	47	39	20	2	34
159	201	0	43	57	33	36	58	2	27
162	198	0	37	58	16	33	58	2	27
165	195	0	31	58	59	30	14	2	27
168	192	0	25	59	39	25	42	2	16
171	189	0	19	59	48	20	20	1	56
174	186	0	13	59	54	14	7	1	26
177	183	0	7	59	58	7	16	0	46
180	180	0	0	60	0	0	16	0	0

TABLICA PROSTAFEREZ MERKUREGO

Liczby wspólne		Prostafereza koła ekcentrycznego		Minuty proporcjonalne		Paralaksa wielkiego kręgu		Nadwyżka paralaksy	
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Sekundy	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty
3	357	0	8	0	3	0	44	0	8
6	354	0	17	0	12	1	28	0	15
9	351	0	26	0	24	2	12	0	23
12	348	0	34	0	50	2	56	0	31
15	345	0	43	1	43	3	41	0	38
18	342	0	51	2	42	4	25	0	45
21	339	0	59	3	51	5	8	0	53
24	336	1	8	5	10	5	51	1	1
27	333	1	16	6	41	6	34	1	8
30	330	1	24	8	29	7	15	1	16
33	327	1	32	10	35	7	57	1	24
36	324	1	39	12	50	8	38	1	32
39	321	1	46	15	7	9	18	1	40
42	318	1	53	17	26	9	59	1	47
45	315	2	0	19	47	10	38	1	55
48	312	2	6	22	8	11	17	2	2
51	309	2	12	24	31	11	54	2	10
54	306	2	18	26	17	12	31	2	18
57	303	2	24	29	17	13	7	2	26
60	300	2	29	31	39	13	41	2	34
63	297	2	34	33	59	14	14	2	42
66	294	2	38	36	12	14	46	2	51
69	291	2	43	38	29	15	17	2	59
72	288	2	47	40	45	15	46	3	8
75	285	2	50	42	58	16	14	3	16
78	282	2	53	45	6	16	40	3	24
81	279	2	56	46	59	17	4	3	32
84	276	2	58	48	50	17	27	3	40
87	273	2	59	50	36	17	48	3	48
90	270	3	0	52	2	18	6	3	56

TABLICA PROSTAFEREZ MERKUREGO

Liczby wspólne		Prostafereza koła ekcentrycznego		Minuty proporcjonalne		Paralaksa wielkiego kręgu		Nadwyżka paralaksy	
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Minuty	Sekundy	Stopnie	Minuty	Stopnie	Stopnie
93	267	3	0	53	43	18	23	4	3
96	264	3	1	55	4	18	37	4	11
99	261	3	0	56	14	18	48	4	19
102	258	2	59	57	14	18	56	4	27
105	255	2	58	58	1	19	2	4	34
108	252	2	56	58	40	19	3	4	42
111	249	2	55	59	14	19	3	4	49
114	246	2	53	59	40	18	59	4	54
117	243	2	49	59	57	18	53	4	58
120	240	2	44	60	0	18	42	5	2
123	237	2	39	59	49	18	27	5	4
126	234	2	34	59	35	18	8	5	6
129	231	2	28	59	19	17	44	5	9
132	228	2	22	58	59	17	17	5	9
135	225	2	16	58	32	16	44	5	6
138	222	2	10	57	56	16	7	5	3
141	219	2	3	56	41	15	25	4	59
144	216	1	55	55	27	14	38	4	52
147	213	1	47	54	55	13	47	4	41
150	210	1	38	54	25	12	52	4	26
153	207	1	29	53	54	11	51	4	10
156	204	1	19	53	23	10	44	3	53
159	201	1	10	52	54	9	34	3	33
162	198	1	0	52	33	8	20	3	10
165	195	0	51	52	18	7	4	2	43
168	192	0	41	52	8	5	43	2	14
171	189	0	31	52	3	4	19	1	43
174	186	0	21	52	2	2	54	1	9
177	183	0	10	52	2	1	27	0	35
180	180	0	0	52	2	0	0	0	0

SPOSÓB OBLICZANIA MIEJSC TYCH PIĘCIU GWIAZD W DŁUGOŚCI *rozdział XXXIV*

Za pomocą tych więc tak przeze mnie ułożonych tabel obliczymy bez trudności miejsca długości tych pięciu gwiazd błędnych. Istnieje bowiem dla nich wszystkich prawie taki sam sposób obliczania, w którym jednak tamte trzy górne różnią się cośkolwiek od Wenus i Merkurego. Najpierw przeto powiedzmy o Saturnie, Jowiszu i Marsie, przy których rachunek jest taki, że dla każdego dowolnie wyznaczonego czasu szuka się w sposób wyżej podany średnich ruchów, to jest prostego ruchu Słońca i paralaksy planety. Następnie odejmijmy od prostego miejsca Słońca miejsce najwyższej absydy koła ekcentrycznego planety, a od tego, co pozostanie, ruch paralaksy. To, co z kolei zostanie jako reszta, jest anomalią koła ekcentrycznego gwiazdy, której liczbę wyszukamy wśród liczb wspólnych w jednej z dwóch pierwszych rubryk tabeli, a naprzeciwko w trzeciej kolumnie znajdziemy wyrównanie koła ekcentrycznego i następujące po nim minuty proporcjonalne. To wyrównanie dodamy do ruchu paralaksy i odejmiemy od anomalii koła ekcentrycznego, jeśli liczba, od której zaczniemy, znajdzie się w pierwszym rzędzie, i odwrotnie, odejmiemy je od anomalii paralaksy i dodamy do anomalii koła ekcentrycznego, jeśli ta liczba zajmie drugą rubrykę. I to, co będzie sumą lub różnicą, to będą wyrównane anomalie paralaksy i koła ekcentrycznego, przy czym minuty proporcjonalne zatrzymuje się na razie do użytku, o którym wkrótce trzeba powiedzieć.

Następnie tak wyrównanej anomalii poszukamy również wśród pierwszych liczb wspólnych i w tejże linii w piątej kolumnie znajdziemy prostaferezę paralaksy wraz z jej umieszczoną na końcu nadwyżką, od której to nadwyżki otrzymamy część proporcjonalną odpowiednio do liczby minut proporcjonalnych i będziemy ją zawsze dodawać do prostaferezy: i ta suma da prawdziwą paralaksę planety, którą należy odjąć od wyrównanej anomalii paralaksy, jeśli będzie mniejsza od półkola, albo dodać, gdy większa od półkola. W taki bowiem sposób będziemy mieli prawdziwą i widomą odległość gwiazdy od średniego miejsca Słońca w kierunku precedencji i gdy ją odejmiemy od miejsca Słońca, pozostanie szukane miejsce planety na sferze gwiazd stałych. Jeśli do niego wreszcie doda się precesję równonocy, określi się miejsce gwiazdy od przecięcia wiosennego. Przy Wenus i Merkurym zamiast anomalii koła ekcentrycznego posługujemy się odległością, która występuje od najwyższej absydy do średniego miejsca Słońca, i tą to anomalią, jak to już zostało powiedziane, wyrównujemy ruch paralaksy oraz samą anomalię koła ekcentrycznego. Lecz prostaferezę koła ekcentrycznego wraz z wyrównaną paralaksą, jeśli będą tego samego charakteru lub rodzaju, razem dodaje się lub odejmuje od średniego miejsca Słońca. Jeśli zaś będą odmiennych rodzajów, odejmijmy mniejszą od większej, a z tym, co pozostanie, zróbmy to, o czym dopiero co powiedziałem, odpowiednio do dodatniej lub odjemnej właściwości liczby większej, i wypadnie widome miejsce planety, którego się szuka.

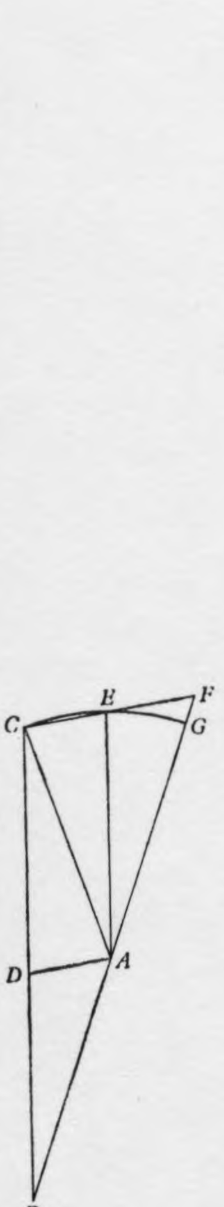
POSTOJE I COFANIA SIĘ PIĘCIU GWIAZD BŁĘDNYCH

rozdział XXXV

Do obliczenia ruchu, który odbywa się w długości, zdaje się należeć także znajomość ich postojów, powrotów i cofań się, gdzie i kiedy się odbywają i jak są wielkie. Nimi też niemało zajmowali się astronomowie, szczególnie Appollonios z Pergi, lecz w ten sposób, jak gdyby chodziło o jedną tylko nierówność, i to tę, z jaką same gwiazdy poruszają się w odniesieniu do Słońca i którą z powodu ruchu wielkiej orbity Ziemi nazwałem komutacją (paralaksą). Jeśliby bowiem koła gwiazd, po których wszystkie gwiazdy unoszą się nierównym biegiem w te same strony, to jest w kierunku sekwencji, były współśrodkowe z wielką orbitą Ziemi i któraś planeta, jak Wenus i Merkury, na swojej orbicie i wewnątrz wielkiej orbity byłaby szybsza niż ruch Ziemi, z której poprowadzona jakaś linia prosta tak przecinałaby orbitę gwiazdy, że połowa tego przecięcia zawarta w orbicie miałaby się w takim stosunku do tej linii, która idzie od naszego oka, to jest z Ziemi, aż do niższego i wklęsłego łuku przeciętnej orbity, jak ruch Ziemi do prędkości gwiazdy, wtedy punkt, utworzony przez tak poprowadzoną linię, oddziela na łuku przy perigeum koła gwiazdy cofanie się od posuwania się naprzód do tego stopnia, że gwiazda umieszczona w tym miejscu robi wrażenie postoju.

Podobnie przy pozostałych trzech zewnętrznych planetach, których ruch jest powolniejszy od prędkości Ziemi, linia prosta poprowadzona przez nasze oko tak przecinałaby wielką orbitę, że połowa przecięcia, która jest w orbicie, w takim miałaby się stosunku do tej linii, która idzie od gwiazdy do naszego oka, umieszczonego na bliższej i wklęsłej powierzchni orbity, jak ruch gwiazdy do prędkości Ziemi: w tym wtedy miejscu gwiazda przedstawi sobą naszemu wzrokowi widok stojącej.

Jeśli zaś połowa linii przecięcia, która jest w kole, jak to zostało powiedziane, będzie się miała w większym stosunku do pozostałego, zewnętrznego odcinka niż prędkość Ziemi do prędkości Wenus lub Merkurego, albo ruch którejś z trzech planet górnych do prędkości Ziemi, to gwiazda będzie się posuwała w kierunku sekwencji, jeśli natomiast stosunek ten będzie mniejszy, będzie się cofała w kierunku precedencji.

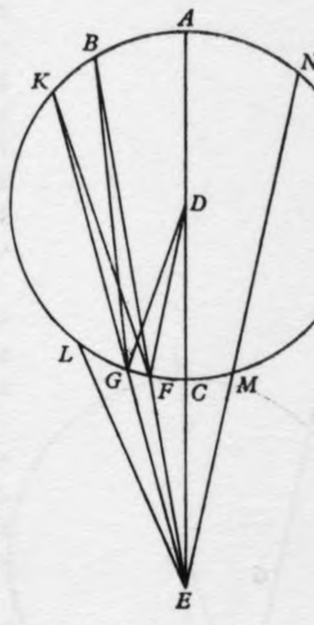


Dla udowodnienia tego przyjmuje Apollonios pewne założenie, które nawiązuje wprawdzie do hipotezy o nieruchliwości Ziemi, niemniej jednak zgadza się także z moimi założeniami o ruchliwości Ziemi i którym dlatego również się posłużę. A możemy je wyrazić w następującej formie. Jeśliby większy bok trójkąta tak był przecięty, że jeden z odcinków nie jest mniejszy od boku z nim połączonego, to stosunek tego odcinka do pozostałego odcinka będzie większy niż stosunek kątów położonych w odwrotnej kolejności przy tym przeciętym boku.

Niech będzie, powiadam, w trójkącie *ABC* większy bok *BC* i jeśliby się na nim przyjęło *CD* nie mniejsze niż *AC*, to twierdzę, że *CD* do *BD* będzie się miało w większym stosunku niż kąt *ABC* do kąta *BCA*.

Dowodzi się zaś tego w sposób następujący. Dopełnijmy mianowicie równoległobok *ADCE*, a przedłużone linie *BA* i *CE* niech schodzą się w punkcie *F*. Skoro tedy linia *AE* nie jest mniejsza od linii *AC*, przeto koło nakreślone wokół środka *A* i odległością *AE* przejdzie przez *C* lub ponad nim; niech tylko przejdzie przez *C* i niech nim będzie *GEC*. I tak ponieważ trójkąt *AEF* większy jest od wycinka *AEG*, trójkąt zaś *AEC* mniejszy od wycinka *AEC*, trójkąt *AEF* będzie się miał do trójkąta *AEC* w większym stosunku niż wycinek *AEG* do wycinka *AEC*. Lecz jak trójkąt *AEF* ma się do *AEC*, tak też podstawa *FE* do *EC*, w większym więc stosunku ma się *FE* do *EC* niż kąt *FAE* do kąta *EAC*. Lecz jak się ma *FE* do *EC*, tak też *CD* do *DB*, kąt *FAE* bowiem równy jest kątowi *ABC*, a kąt *EAC* kątowi *BCA*. Przeto i *CD* do *DB* ma się w większym stosunku niż kąt *ABC* do kąta *ACB*. Jest zaś rzeczą oczywistą, że o wiele większy będzie stosunek, jeśli się przyjmie, iż linia *CD*, to jest *AE*, nie jest równa linii *AC*, lecz założy się ją większą od tamtej.

Niech teraz *ABC* będzie kołem Wenus lub Merkurego ze środkiem *D*, a poza kołem poruszająca się dookoła tego samego środka *D* Ziemia *E*, od naszego zaś wzroku *E* poprowadźmy przez środek koła linię prostą *ECDA*. I niech *A* będzie najodleglejszym miejscem od Ziemi, a *C* najbliższym, i załóżmy, że *DC* ma się w większym stosunku do *CE* niż ruch oka do prędkości gwiazdy. Jest więc rzeczą możliwą znaleźć tak przedstawiającą się linię *EFB*, iżby połowa *BF* miała się do *FE* w takim stosunku jak ruch oka do biegu gwiazdy, ta bowiem linia *EFB* oddalana od środka *D* maleje na *FB*, a zwiększa się na *EF*, dopóki nie trafi się długość wymagana. Twierdzę, że gwiazda umieszczona w punkcie *F* da nam pozór postoju, i jakkolwiek mały weźmiemy łuk po obydwu stronach punktu *F*, znajdziemy go wprawdzie w kierunku apogeum jako postępowy, w kierunku jednak perigeum jako wsteczny.



Weźmy bowiem najpierw łuk *FG* zmierzający ku apogeum, przedłużmy *EGK* i poprowadźmy linie łączące *BG*, *DG* i *DF*. Ponieważ tedy w trójkącie *BGE* odcinek *BF* większego boku *BE* większy jest niż *BG*, *BF* ma się w większym stosunku do *EF* niż kąt *FEG* do kąta *GBF*. Zatem i połowa linii *BF* ma się w większym stosunku do *FE* niż kąt *FEG* do dwukrotności kąta *GBF*, to jest do kąta *GDF*, stosunek zaś połowy linii *BF* do *FE* jest taki sam, jak ruchu Ziemi do biegu gwiazdy, w mniejszym więc stosunku ma się kąt *FEG* do *GDF* niż prędkość Ziemi do prędkości gwiazdy. Kąt zatem, który ma się w takim samym stosunku do kąta *FDG*, jak ruch Ziemi do biegu gwiazdy, jest większy od kąta *FEG*; niech tedy będzie równy kątowi *FEL*. W tym więc czasie, w którym gwiazda przebiega łuk orbity *GF*, będzie się wydawało, że nasze oko przebiegło przeciwległą jej przestrzeń, która się znajduje między linią *EF* i linią *EL*. Jest rzeczą oczywistą, że w tym samym czasie, w którym łuk *GF* przeniósł gwiazdę do naszego oka w kierunku precedencji pod mniejszym kątem *FEG*, przejście Ziemi odciągnęło ją w kierunku sekwencji pod większym kątem *FEL*, tak że wydaje się, iż gwiazda, pozostając dotychczas pod kątem *GEL* i znajdując się z tyłu, jeszcze się nie zatrzymała.

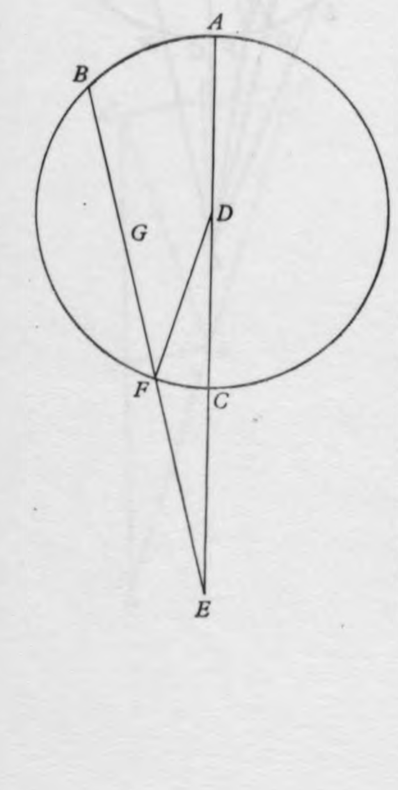
Jest zaś rzeczą oczywistą, że za pomocą tych samych środków wykaże się coś temu przeciwnego. Jeśli na tej samej figurze założymy, że połowa linii *GK* ma się do *GE* w tym stosunku, w jakim ruch Ziemi ma się do prędkości planety, łuk *GF* zaś przyjmiemy od linii prostej *EK* w kierunku perigeum, to po nakreśleniu linii łączącej *KF* i tworzącej trójkąt *KEF*, w którym linię *GE* wyznacza się większą od *EF*, linia *KG* będzie się miała do *GE* w mniejszym stosunku niż kąt *FEG* do *FKG*. Tak też połowa linii *KG* ma się do *GF* w mniejszym stosunku niż kąt *FEG* do dwukrotności kąta *FKG*, to jest do kąta *GDF*, odwrotnie więc, jak przedtem zostało pokazane. I dzięki temu właśnie dojdzie się do wniosku, że kąt *GDF* ma się do kąta *FEG* w mniejszym stosunku niż prędkość gwiazdy do prędkości oka. Jeśli przeto po powiększeniu się kąta *GDF* mają ten sam stosunek, gwiazda również dokona większego kroku w kierunku precedencji, niż tego wymaga posuwanie się naprzód.

Z tego również jasne jest, że jeśli przyjmiemy równe łuki *FC* i *CM*, to w punkcie *M* będzie drugi postój, ponieważ właśnie po przeprowadzeniu linii *EMN* stosunek połowy linii *MN* do *ME* będzie taki sam, jak prędkości Ziemi do prędkości gwiazdy, podobnie jak się miała połowa *BF* do *FE*, i dlatego punkty *F* i *M* będą mieścić obydwa postoje i określać cały łuk *FCM* jako wsteczny, a pozostały łuk koła jako postępujący naprzód.

Wynika także, że w tych odległościach, w których *DC* nie będzie się miała do *CE* w większym stosunku niż prędkość Ziemi do prędkości gwiazdy, ani nie będzie możliwe poprowadzenie innej linii prostej w stosunku równym powyższemu, ani też nie będzie się wydawało, że gwiazda stoi lub wyprzedza. Gdy bowiem w trójkącie *DGE* przyjmie się prostą *DC* nie mniejszą od linii *EG*, kąt *CEG* będzie się miał do *CDG* w stosunku mniejszym niż prosta *DC* do *CE*; lecz stosunek linii *DC* do *CE* nie jest większy niż prędkości Ziemi do prędkości gwiazdy, w mniejszym więc stosunku będzie się miał również kąt *CEG* do *CDG* niż prędkość Ziemi do prędkości gwiazdy. Skoro to nastąpi, gwiazda posunie się naprzód i nigdzie nie znajdziemy na orbicie planety łuku, po którym zdawałaby się cofać.

To o Wenus i Merkurym, które znajdują się wewnątrz wielkiej orbity. Przy trzech pozostałych planetach zewnętrznych przeprowadzi się dowód w ten sam sposób i za pomocą tej samej figury, zmieniwszy tylko nazwy tak, żebyśmy *ABC* uważali za wielką orbitę Ziemi i zarazem kołowy obieg samego wzroku, *E* zaś za gwiazdę, której ruch po własnej orbicie jest mniejszy niż prędkość naszego wzroku na wielkiej orbicie. Zresztą tok dowodu przebiegnie przez wszystkie ogniwa, co przedtem.

SPOSÓB OKREŚLANIA CZASÓW, MIEJSC I ŁUKÓW RUCHÓW WSTECZNYCH — *rozdział XXXVI*



Gdyby teraz z kolei orbity, po których unoszą się błędne gwiazdy, były współśrodkowe z wielką orbitą, to przy tym samym zawsze istniejącym stosunku prędkości gwiazdy do prędkości oka byłoby bez trudu wiadome to, co obiecują poprzednie dowodzenia, lecz są one ekscentryczne i stąd ruchy widome różne. Z tego powodu trzeba będzie nam przyjąć wszędzie ruchy odmienne i wyrównane oraz różnice ich prędkości i posłużyć się nimi przy dowodzeniach, a nie prostymi i równymi, chyba że zachodzi ten wypadek, iż gwiazda znajduje się w średnich długościach, gdzie zdaje się unosić po swojej orbicie tylko średnim ruchem.

To zaś pokażę na przykładzie Marsa, dzięki któremu to przykładowi staną się bardziej jasne regresje także pozostałych planet. Niech mianowicie *ABC* będzie wielką orbitą, po której krąży nasze oko, gwiazda zaś w punkcie *E*. Stąd poprowadźmy przez środek orbity linię prostą *ECDA* i *EFB*, a połowa linii *BF*, to jest *GF*, będzie się miała w takim stosunku do *EF*, jak zróżniczkowana prędkość gwiazdy do prędkości wzroku, którą on przewyższa gwiazdę. Zadaniem naszym jest znaleźć łuk połowy regresji *FC* albo *ABF*, aby wiedzieć, na ile gwiazda, robiąc postój, oddaliła się od najodleglejszego miejsca *A*, oraz poznać kąt *FEC*, z tego bowiem z góry określimy czas i miejsce takiej sytuacji gwiazdy. Umieśćmy zaś gwiazdę przy średniej absydzie koła ekscentrycznego, gdzie ruch długości i anomalii mało się różnią od równych.

Gdy więc u gwiazdy Marsa, dopóki jej średni ruch, to jest linia *GF*, będzie mieć jedną część oraz 8 pierwszych i 7 wtórnych sześćdziesiątych części, dopóty ruch paralaksy, to jest naszego oka w stosunku do średniego ruchu gwiazdy, a jest to linia prosta *EF*, wynosi jedną część, tak że cała linia *EB* ma takich części 3 oraz 16 pierwszych i 14 wtórnych sześćdziesiątych części, to zawarty w liniach *BE* i *EF* prostokąt ma też 3 oraz 16 pierwszych i 14 wtórnych sześćdziesiątych części. Wykazałem zaś, że promień orbity *DA* ma 6580 części, jakich w *DE* jest 10000, lecz jakich w *DE* będzie 60, takich części w *AD* będzie 39 i 29 sześćdziesiątych, a cała linia *AE* będzie się miała do *EC* jak 99 i 29 sześćdziesiątych do 20 i 31 sześćdziesiątych, objęty zaś nimi prostokąt, któremu jako równy przyjmuje się prostokąt z *BE* i *EF*, wyniesie 2041 i 4 sześćdziesiąte części. To zatem, co z równania wynika, to jest po dokonaniu podziału tych 2041 i 4 sześćdziesiątych części przez 3 oraz 16 pierwszych i 14 wtórnych sześćdziesiątych, wychodzi nam na 624 i 4 sześćdziesiąte, a jego bok, którym jest *EF*, na 24 oraz 58 pierwszych i 52 wtórne sześćdziesiąte części, jakich dla *DE* przyjęto 60, jakich zaś tam będzie 10000 i jakich również w *DF* jest 6580, linia *EF* będzie miała 4163 i 5 sześćdziesiątych.

W trójkącie więc *DEF* o danych bokach będziemy mieli kąt *DEF*, który jest kątem regresji gwiazdy, równy 27 stopniom i 15 minutom, a kąt anomalii paralaksy *CDF* 16 stopniom i 50 minutom. Gdyby zatem gwiazda, gdy się pokaże przy pierwszym postoju na linii *EF*, a sama właśnie będzie w opozycji na *EC*, nie poruszała się skutecznie w kierunku sekwencji, to te 16 stopni i 50 minut łuku *CF* obejmowałyby znalezione w kącie *AEF* 27 stopni i 15 minut regresji. Lecz według przedstawionego stosunku prędkości gwiazdy do prędkości wzroku przecięciom anomalii paralaksy o 16 stopniach i 50 minutach odpowiada 19 stopni, 6 minut i prawie 39 sekund długości gwiazdy, a po ich odjęciu od 27 stopni i 15 minut pozostaje 8 stopni i 8 minut od drugiego postoju do opozycji, oraz prawie 36 i pół dnia, w ciągu których powstają owe 19 stopni, 6 minut i 39 sekund długości. A stąd całą regresję obejmuje w ciągu 73 dni, 16 stopni i 16 minut.

Tak jest przy średnich długościach koła ekscentrycznego i podobnie też przedstawia się w innych miejscach, lecz przy zastosowaniu zróżniczkowanej zawsze prędkości gwiazdy odpowiednio, jak powiedziałem, do tego, jak samo miejsce wskaże.

A zatem i przy Saturnie, Jowiszu i Marsie jest wyraźna ta sama metoda dowodzenia, i niemniej przy Wenus i Merkurym, bylebyśmy tylko brali oko za gwiazdę, a gwiazdę za oko. Oczywiście to odwrócenie zachodzi na orbitach, które Ziemia okrąża, w przeciwieństwie do tych, które okrążają Ziemię, i dlatego, by tej samej piosenki raz po raz nie powtarzać, niech to wystarczy.

Ponieważ jednak ów zmienny ruch gwiazdy niemałą nastręcza trudność ze względu na odbiór wzrokowy oraz niepewność co do postojów, od których bynajmniej nie uwalnia nas owo założenie Apolloniosa, nie wiem, czy nie lepiej postąpi ktoś określając po prostu i z najbliższego miejsca postoje w ten sposób, w jaki określamy koniunkcję gwiazdy w opozycji z linią średniego ruchu Słońca lub zejście się którychkolwiek gwiazd, wiążąc z sob[illegible] wartości liczbowe ruchów, co pozostawiam własnemu upodobaniu kaž[illegible]

MIKOŁAJA KOPERNIKA OBROTÓW *księga szósta*

W miarę swoich możliwości przedstawiłem, jaki wpływ i skutek wywiera przyjęty obrót Ziemi na widomy ruch długości gwiazd błędnych i do jakiego je wszystkie nieuchronnie sprowadza układu, oczywiście stałego. Pozostaje, abym się zajął owymi ruchami tych gwiazd, którymi zbaczają one w szerokość, oraz pokazał, w jaki sposób również na nie ta sama ruchliwość Ziemi rozciąga władzę i w tym względzie także przepisała im prawa. Jest zaś i ta część wiedzy niezbędna, ponieważ odchylenia tych gwiazd powodują niemałą różnicę przy wschodzie i zachodzie, w pojawianiach się, znikaniach i innych zjawiskach, które w ogólności zostały wyżej przedstawione. A nawet prawdziwe ich miejsca wtedy uchodzą za znane, kiedy wiadoma będzie długość wraz z szerokością względem zodiaku. Co zatem dawni astronomowie uważali za udowodnione tu także nieruchliwością Ziemi, to samo zamierzam zrobić, być może krótszą drogą, a przeto w sposób bardziej odpowiedni, przez przyjęcie jej ruchliwości.

OGÓLNE PRZEDSTAWIENIE ODCHYLENIA PIĘCIU PLANET W SZEROKOŚCI *rozdział I*

Starożytni odkryli u wszystkich tych gwiazd dwojakie odchylenia szerokości, odpowiadające dwojakiej nierówności długości każdej z nich, oraz to, że jedno powstaje z powodu kół ekscentrycznych, drugie z epicyklów, w miejsce których to epicyklów przyjąłem jedną, często już wspominaną, wielką orbitę Ziemi. Nie dlatego, żeby ta orbita odchylała się w jakiś sposób od raz na zawsze zajętej płaszczyzny zodiaku, ponieważ są one tym samym, lecz dlatego, że orbity tych gwiazd są pochylone do tej płaszczyzny niestałym nachyleniem i że ta właśnie zmienność zależna jest od ruchu i obrotów wielkiej orbity Ziemi. Ponieważ zaś trzy górne planety, Saturn, Jowisz i Mars, posuwają się w długości według pewnych innych praw niż dwie pozostałe, tak też w ruchu szerokości niemało się różnią. Zbadano więc najpierw, gdzie i jak wielkie są ich najbardziej krańcowe granice szerokości północnej, które Ptolemeusz znalazł przy Saturnie i Jowiszu na początku Wagi, przy Marsie zaś przy końcu Raka, nieomal w apogeum koła ekscentrycznego.

W naszych natomiast czasach znalazłem te północne granice dla Saturna na siódmym stopniu Skorpiona, dla Jowisza na 27 stopniu Wagi i dla Marsa na 27 stopniu Lwa, odpowiednio do tego, jak do naszych czasów zmieniły się również apogea. Do samego bowiem ruchu orbit dostosowują się ich nachylenia i granice szerokości. Wydaje się, że między tymi granicami, w oddaleniu o ćwiartki kół odpowiednio do wyrównanych lub widomych odległości, nie robią żadnego zgoła odchylenia szerokości, gdziekolwiek by wtedy wypadło być Ziemi. Rozumie się więc, że na tych średnich długościach znajdują się na wspólnym przecięciu swoich orbit z zodiakiem, nie inaczej, jak Księżyc w przecięciach zaćmieniowych, które tutaj Ptolemeusz nazywa węzłami: wznoszącym się, od którego gwiazda wchodzi w strony północne, i opadającym, skąd przechodzi ona na południe. Nie dlatego, żeby wielka orbita Ziemi, pozostając zawsze ta sama na płaszczyźnie zodiaku, powodowała u nich jakąś szerokość, lecz że od nich pochodzi wszelkie odchylenie szerokości, które w innych niż te miejscach najbardziej się zmienia, i gdy do nich zbliża się Ziemia, a planety pokazują się przy zachodzie Słońca w opozycji do niego, to zawsze zbaczają z większym odchyleniem niż przy jakimkolwiek innym położeniu Ziemi: w północnym półkolu na północ, w południowym na południe, i to z większą różnicą, niż tego wymaga zbliżanie się i oddalanie Ziemi. Z tej okoliczności poznano, że nachylenie owych orbit nie jest stałe, lecz zmienia się ono wskutek pewnego ruchu libracji, współmiernego z obrotami wielkiej orbity Ziemi, jak o tym nieco niżej będzie mowa.

Wenus zaś i Merkury zdają się zbaczać pewnymi innymi sposobami, według stałego jednak prawa, dostrzeżonego przy średnich, najdalszych i najniższych absydach. Albowiem na średnich długościach, kiedy mianowicie linia średniego ruchu Słońca oddali się o ćwiartki koła od najwyższej lub najniższej ich absydy, a same gwiazdy odsuną się od tejże linii średniego ruchu o ćwiartki swoich orbit jako wieczorne lub poranne, nie znaleziono u nich żadnego odchylenia od zodiaku, z czego poznano, że znajdują się one wówczas na wspólnym przecięciu poszczególnych orbit i zodiaku, które to przecięcie przechodzi przez ich apogea i perigea. I dlatego, znajdując się wyżej lub niżej w stosunku do Ziemi, tworzą wtedy wyraźne odchylenia, najznaczniejsze zaś w największej odległości od Ziemi, to jest około wieczornego wynurzania się lub porannego znikania, kiedy Wenus zdaje się być najbardziej północna, a Merkury południowy.

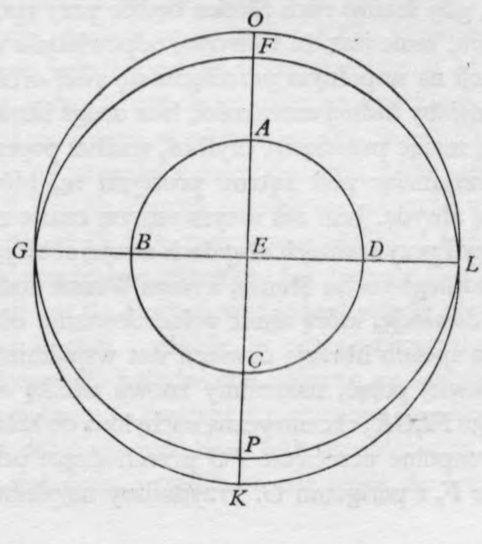
I na przemian, w miejscu bliższym Ziemi, kiedy nikną jako gwiazdy wieczorne lub wynurzają się jako poranne, Wenus jest południowa, a Merkury północny. I odwrotnie, gdy Ziemia znajduje się w miejscu przeciwległym tamtemu, a przy tym w drugiej średniej absydzie, kiedy mianowicie anomalia koła ekscentrycznego będzie wynosić 270 stopni, Wenus pokazuje się w większej odległości od Ziemi jako południowa, Merkury jako północny, a przy miejscu bliższym Ziemi Wenus jako północna, Merkury jako południowy. Przy nawracaniu natomiast Ziemi ku apogeum tych gwiazd znalazł Ptolemeusz u porannej Wenus szerokość północną, a u wieczornej południową, i toż samo na odwrót przy Merkurym, przy porannym południową, przy wieczornym północną. Podobnie zmienia się to w przeciwległym miejscu perigeum, tak że Wenus Jutrzenkę widzi się na południu, a jako gwiazdę wieczorną na północy, Merkurego natomiast porannego na północy, wieczornego na południu. A przy tym w tych obydwu miejscach znaleziono u Wenus odchylenie północne zawsze większe niż południowe, u Merkurego większe południowe niż północne. Z tej okoliczności wywnioskowano, że w tym miejscu są dwie szerokości, a w ogóle trzy. Pierwszą, która występuje na średnich długościach, nazwano inklinacją, drugą, która zachodzi w najwyższej i najniższej absydzie, oblikwacją, a pozostałą, z nią złączoną, dewiacją, przy Wenus zawsze północną, przy Merkurym południową. W tych czterech granicach mieszają się one z sobą oraz na przemian wzrastają i maleją, i wzajemnie sobie ustępują. Tym wszystkim zjawiskom towarzyszące podam okoliczności.

HIPOTEZY O KOŁACH, PO KTÓRYCH TE GWIAZDY PORUSZAJĄ SIĘ W SZEROKOŚCI *rozdział II*

Przyjąć więc należy u tych pięciu gwiazd, że ich orbity, których wspólne przecięcie znajduje się wzdłuż średnicy samego zodiaku, są nachylone do płaszczyzny zodiaku zmienną, ale regularną pochyłością. U Saturna bowiem, Jowisza i Marsa kąt przecięcia doznaje na owym przecięciu jakby na osi pewnego kołysania, jakie wykazałem przy precesji punktów równonocy, lecz niezłożonego i współmiernego z ruchem paralaksy, i dzięki niemu powiększa się lub zmniejsza w określonym odstępie czasu tak, że ile razy Ziemia znajdzie się najbliżej planety, mianowicie przy nocnej jej opozycji, zachodzi największe nachylenie orbity planety, w położeniu przeciwległym najmniejsze, a w środkowym średnie, jak na przykład: gdy planeta będzie na krańcu największej szerokości północnej albo południowej, szerokość jej pokazuje się o wiele większa w pobliżu Ziemi niż przy największym jej oddaleniu. I chociażby ta niejednakowa odległość Ziemi mogła być sama jedna przyczyną tej właśnie zmienności zgodnie z tym, że przedmioty bliższe wydają się większe od dalszych, to jednak szerokości tych gwiazd wzrastają i maleją z nazbyt wielką różnicą, co nie może się dziać, jeśliby także ich orbity nie kołysały się na swojej pochyłości. Lecz jak poprzednio powiedziałem, należy przy tym, co się kołysze, przyjąć pewien środek między krańcami.

Aby to stało się jaśniejsze, niech *ABCD*, mające środek *E*, będzie wielką orbitą, która znajduje się na płaszczyźnie zodiaku i do której niech będzie nachylona orbita planety *FGKL* o stale średniej deklinacji, mająca północną granicę szerokości *F*, południową *K*, węzeł opadający przecięcia *G*, wznoszący się *L*, a wspólnym przecięciem niech będzie *BED*, które przedłużmy o linie proste *GB* i *DL*, i niech te właśnie cztery punkty graniczne zmieniają się tylko z ruchem absyd. Wyobraźmy zaś sobie, że ruch długości gwiazdy nie odbywa się w płaszczyźnie samego koła *FG*, lecz na jakimś innym ukośnym kole współśrodkowym z *FG*, którym niech będzie *OP*, i niech one się wzajemnie przecinają na tej samej linii prostej *GBDL*.

Podczas gdy więc gwiazda porusza się po kręgu *OP*, ten niekiedy, schodząc się ruchem kołysania z płaszczyzną *FK*, przekracza ją w obie strony i wskutek tego sprawia, że szerokość pokazuje się zmienna. Niech bowiem najpierw gwiazda będzie w największej szerokości północnej w punkcie *O* najbliżej Ziemi, znajdującej się w *A*, i wtedy właśnie wzrośnie szerokość gwiazdy o kąt *OGF* największego nachylenia koła *OGP*. Ponieważ jej ruch przybliżania się i cofania jest z założenia współmierny z ruchem paralaksy, to jeśli wtedy Ziemia znajdzie się w *B*, *O* zejdzie



się z *F*, szerokość zaś gwiazdy okaże się w tym samym miejscu mniejsza niż przedtem, a o wiele jeszcze mniejsza, jeśli Ziemia będzie w punkcie *C*. Albowiem *O* przejdzie w najodleglejszą i przeciwną część swojej libracji i pozostawi tyle tylko, ile pozostanie jeszcze z odjemnej libracji szerokości północnej, mianowicie z kąta równego kątowi *OGF*. Odtąd na pozostałym półkolu *CDA* będzie wzrastać szerokość gwiazdy znajdującej się na północy przy *F*, aż Ziemia wróci do pierwszego punktu *A*, skąd wyszła.

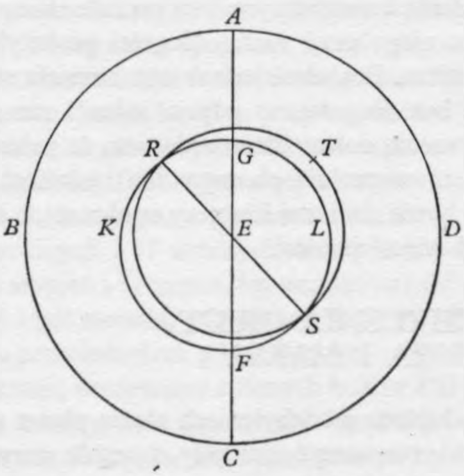
Taki sam przebieg i sposób postępowania będzie u gwiazdy umieszczonej na południu w punkcie *K*, gdy ruch Ziemi rozpocznie się od *C*. Jeżeli zaś gwiazda znajdzie się w jednym z dwóch węzłów *G* lub *L*, w opozycji nocnej lub zakryta Słońcem, chociaż wtedy koła *FK* i *OP* odsuną się od siebie o największe nachylenie, nie spostrzeże się z tego powodu żadnej szerokości gwiazdy, jako że planeta zajmie wspólne przecięcie się kół. Z tego, sądzę, łatwo zrozumieć, jakim sposobem północna szerokość planety maleje od *F* do *G*, a południowa się zwiększa od *G* do *K*, aby przy *L* zupełnie zaniknąć i przejść na północ.

I tak się zachowują owe trzy górne planety. Od nich tak w długości, jak i w szerokości niemało się różnią Wenus i Merkury, ponieważ wspólne przecięcia się kół mają umieszczone na apogeach i perigeach. Ich zaś największe nachylenia, zmienne wskutek libracji, zmieniają się przy średnich absydach, podobnie jak u tamtych górnych, lecz te podlegają nadto jeszcze innej libracji, niepodobnej do poprzedniej. Obydwie jednak są współmierne z obrotami Ziemi, lecz nie w jednakowy sposób. Albowiem pierwsza libracja to ma do siebie, że przy jednym obrocie Ziemi do absyd planet ruch libracji obraca się sam dwa razy, mając za stałą oś, jak powiedziałem, przecięcie przechodzące przez apogea i perigea, tak że ilekroć linia średniego ruchu Słońca znajdzie się w ich perigeum lub apogeum, powstaje największy kąt przecięcia, przy średnich zaś długościach zawsze najmniejszy.

Druga natomiast, do tamtej dochodząca, libracja różni się od niej tym, że mając oś ruchomą sprawia, iż przy ustawieniu się Ziemi w średniej długości planeta Wenus lub Merkury zawsze jest na osi, to jest na wspólnym przecięciu tej libracji, najbardziej zaś zbacza z drogi, kiedy Ziemia będzie zwrócona do jej apogeum lub perigeum: Wenus, jak się powiedziało, zawsze na północ, Merkury na południe, chociaż jednak z powodu poprzedniego, a przy tym prostego nachylenia powinny by były wtedy nie mieć szerokości.

Jak na przykład, gdy średni ruch Słońca będzie przy apogeum Wenus, a ona w tym samym miejscu, jasne jest, że wówczas, odpowiednio do prostego nachylenia i pierwszej libracji na wspólnym przecięciu się swej orbity z płaszczyzną zodiaku, planeta nie miałaby żadnej szerokości, lecz druga libracja narzuca jej swoją największą dewiację, mając przecięcie, czyli oś, wzdłuż poprzecznej średnicy koła ekscentrycznego i przecinając pod kątami prostymi tę, która przechodzi przez najwyższą i najniższą absydę. Jeśli zaś w tym samym czasie znajdzie się w którejś z dwóch ćwiartek, czyli przy średnich absydach swojej orbity, wtedy oś tej libracji zejdzie się z linią średniego ruchu Słońca, a sama Wenus doda do północnego odchylenia największą dewiację, którą ujmie południowemu odchyleniu i pozostawi je mniejsze. I w ten sposób libracja dewiacji jest współmierna z ruchem Ziemi.

Aby to jeszcze łatwiej pojąć, nakreślmy znowu wielką orbitę *ABCD*, orbitę Wenus lub Merkurego *FLGK*, ekscentryczną nachyloną do koła *ABC* podług równej inklinacji, oraz ich wspólne przecięcie *FG* przechodzące przez apogeum orbity, którym niech będzie *F*, i perigeum *G*. Przyjmijmy najpierw dla dogodniejszego



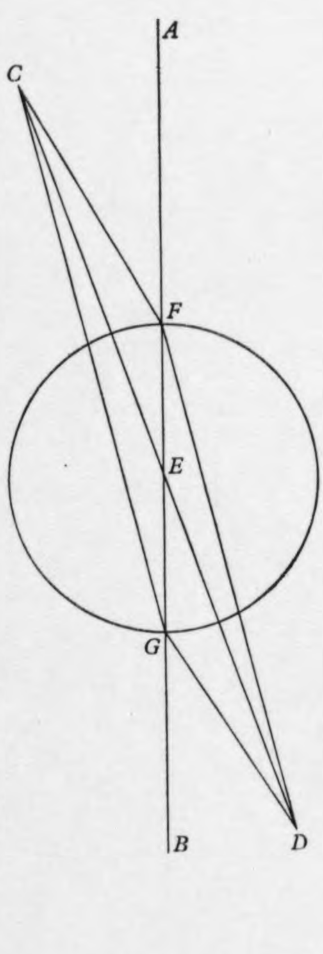
przeprowadzenia dowodu nachylenie tej ekcentrycznej orbity *GKF* jako proste i stałe lub, jeśli tylko dogadza, jako średnie między najmniejszym i największym, z tym że wspólne przecięcie *FG* zmienia się odpowiednio do ruchu perigeum i apogeum. Gdy na nim będzie Ziemia, mianowicie w *A* lub *C*, a planeta na tej samej linii, oczywistą jest rzeczą, że wówczas nie utworzyłaby ona żadnej szerokości, ponieważ wszelka szerokość znajduje się po bokach, w półkolach *GKF* i *FLG*, w których planeta, jak zostało powiedziane, dokonuje odchylenia ku północy lub południowi według wielkości nachylenia koła *FGK* do płaszczyzny zodiaku. To zaś odchylenie planety jedni nazywają oblikwacją, inni refleksją. Gdy zaś Ziemia będzie w *B* lub *D*, to jest przy średnich absydach planety, wyżej i niżej będą te same szerokości *FGK* i *GLF*, które się nazywa deklinacjami. Nazwą zatem raczej niż istotą rzeczy różnią się od poprzednich, z którymi też wspólnie używają tych nazw w miejscach pośrednich.

Ponieważ jednak kąt nachylenia tych kół okazuje się w oblikwacji większy niż w deklinacji, wywnioskowano, że dzieje się to dzięki pewnej libracji, kołyszącej się na przecięciu *FG* jakby na osi, jak o tym już wyżej była mowa. Gdy więc w obydwu wypadkach poznamy ten kąt przecięcia, łatwo nam z ich różnicy dowiedzieć się, jak wielka była ta libracja od najmniejszej do największej. Przedstawmy sobie teraz inne koło dewiacji, nachylone do koła *GKFL*, homocentryczne wprawdzie u Wenus, ekcentryczne jednak do koła ekcentrycznego u Merkurego, jak o tym później będzie mowa, których wspólnym przecięciem niech będzie *RS*, jako oś tej libracji poruszającej się w koło, w takim stosunku, że gdy Ziemia będzie w *A* lub *C*, planeta znajduje się na ostatniej granicy dewiacji, gdziekolwiek by była, jak na przykład w punkcie *T*. I na ile Ziemia posunie się naprzód z *A*, o tyle, rozumie się, planeta oddala się od *T*, gdy tymczasem ukośność koła dewiacji zmniejsza się tak, że gdy Ziemia przebędzie ćwiartkę *AB*, poznaje się, że planeta dotarła do węzła tej szerokości, to jest do *R*. Ponieważ jednak wtedy płaszczyzny schodzą się w średnim momencie libracji i zdążają w przeciwne strony, pozostałe półkole dewiacji, które przedtem było południowe, wysuwa się ku północy i na nie wchodząc Wenus porzuca południe i zmierza z powrotem na północ, nigdy z powodu tej libracji nie mając dojść do południa. Tak też Merkury, dążąc w przeciwne strony, pozostaje na południu, i tym także się różni, że kołysze się nie po kole współśrodkowym z kołem ekcentrycznym, lecz po kole ekcentrycznym do koła ekcentrycznego. Zamiast niego przy ruchu długości posłużyłem się w opisie nierównomierności epicyklem. Ponieważ jednak tam rozważa się długość bez szerokości, tutaj szerokość bez długości, to gdy je jeden i ten sam obrót obejmuje i razem odtwarza, jest rzeczą dostatecznie widoczną, że jeden jest ruch i ta sama libracja, która, będąc równocześnie ekcentryczna i ukośna, mogła spowodować obie zmienności, oraz że nie ma innej hipotezy oprócz tej, o której dopiero co powiedziałem i o której więcej poniżej.

WIELKOŚĆ NACHYLENIA ORBIT SATURNA, JOWISZA I MARSA

rozdział III

Po przedstawieniu hipotez o odchyleniach pięciu planet muszę przejść do samych faktów i dokładnie rozpatrzyć szczegóły, a przede wszystkim, jak wielkie są nachylenia poszczególnych kół, które mierzymy na tym największym kole, jakie przechodzi przez bieguny koła nachylonego, a pod kątami prostymi do koła przebiegającego środkiem znaków zwierzyńcowych, i w stosunku do którego określa się przejścia w szerokości. Po zapoznaniu się bowiem z tym stanie otworem droga do poznania szerokości każdej planety, gdy zaczniemy znowu od trzech górnych, ponieważ na najdalszych południowych krańcach szerokości wiadome są z opisu Ptolemeusza: odchylenia Saturna w czasie nocnej opozycji wynoszące 3 stopnie i 5 minut, Jowisza dwa stopnie i 7 minut i Marsa 7 stopni, w przeciwległych natomiast miejscach, gdy mianowicie schodzą się ze Słońcem, u Saturna 2 stopnie i 2 minuty, u Jowisza 1 stopień i 5 minut i u Marsa tylko 5 minut, tak że niemal dotyka zodiaku, jak to można było zmiarkować z tych szerokości, które on zaobserwował przy ich znikaniach i wynurzaniach się.



Po takim tych spraw przedłożeniu niech na płaszczyźnie, która przejdzie pod kątami prostymi i przez środek koła zwierzyńcowego, *AB* będzie wspólnym przecięciem z zodiakiem, *CD* zaś z kołem ekcentrycznym którejkolwiek z trzech górnych planet, przechodzącym przez najdalsze granice południowe i północne, ponadto *E* środkiem zodiaku, a *FEG* średnicą wielkiej orbity Ziemi. Niech dalej *D* będzie szerokością południową, a *C* północną, które połączmy liniami *CF*, *CG*, *DF* i *DG*.

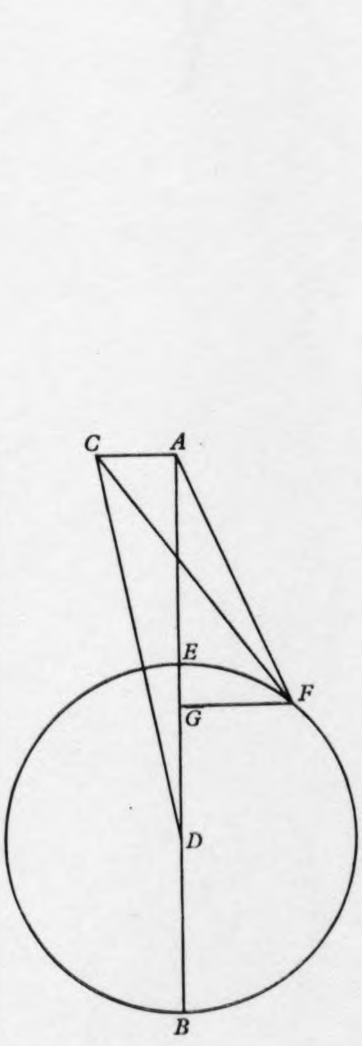
Już zaś wyżej przy poszczególnych planetach określone zostały dla dowolnie wziętych ich miejsc stosunki promienia wielkiej orbity Ziemi *EG* do promienia koła ekcentrycznego planety *ED*. Lecz są dane również z obserwacji miejsca największych szerokości. Gdy więc dany będzie kąt największej szerokości południowej *BGD*, jako zewnętrzny trójkąta *EGD*, dany będzie również na podstawie twierdzeń o trójkątach płaskich kąt wewnętrzny przeciwległy *GED* największego nachylenia południowego koła ekcentrycznego do płaszczyzny zodiaku. Podobnie z najmniejszej szerokości południowej, mianowicie z kąta *EFD*, określimy najmniejsze nachylenie. Ponieważ w trójkącie *EFD* dany jest stosunek boków *EF* do *ED* wraz z kątem *EFD*, będziemy mieli dany kąt zewnętrzny *GED* najmniejszego nachylenia południowego, a stąd przez różnicę obu deklinacji całą librację koła ekcentrycznego względem zodiaku. Z tych także kątów nachyleń obliczymy przeciwległe szerokości północne, jakimi mianowicie będą kąty *AFC* i *EGC*, które, jeśli się okażą zgodne z obserwacjmi, będą dowodem, żeśmy wcale nie popełnili omyłki.

Wyjaśnię zaś to na przykładzie Marsa, a to dlatego, że on więcej niż wszystkie inne zbacza w szerokość. Jego największą szerokość południową zanotował Ptolemeusz na 7 prawie stopni, i to w perigeum Marsa, a największą też północną na 4 stopnie i 20 minut w apogeum. Ja zaś, gdy otrzymałem kąt *BGD* o 6 stopniach i 50 minutach, znalazłem odpowiadający mu kąt *AFC* równy 4 stopniom i prawie 30 minutom. Skoro bowiem dany stosunek *EG* do ED tak się ma jak jeden do jednego oraz 22 pierwszych i 26 wtórnych sześćdziesiątych, otrzymamy z nich i z kąta *BGD* kąt *DEG* wynoszący 1 stopień i prawie 51 minut największego nachylenia południowego. A ponieważ *EF* tak się ma do *CE* jak jeden do jednego oraz 39 pierwszych i 57 wtórnych sześćdziesiątych, a kąt *CEF*, równy kątowi *DEG*, wynosi 1 stopień i 51 minut, kąt zewnętrzny *CFA*, o którym wspomniałem, wypadnie na 4 i pół stopnia, gdy planeta znajduje się w nocnej opozycji.

Podobnie w miejscu przeciwległym, gdy zbiega się ze Słońcem, jeśli przyjmiemy kąt *DFE* równy 5 minutom, otrzymamy z danych boków *DE* i *EF* oraz kąta *EFD* kąt *EDF* wynoszący 4 minuty oraz zewnętrzny kąt *DEG* najmniejszego nachylenia o 9 prawie minutach, który da także nam poznać kąt szerokości północnej *CGE* o 6 prawie minutach. Gdy więc odejmiemy najmniejsze nachylenie od największego, to jest 9 minut od jednego stopnia i 51 minut, pozostaje jeden stopień i 42 minuty, i to jest libracja tego nachylenia, a połowa jego wynosi około 50 i pół minuty.

W podobny sposób stały się wiadome kąty nachyleń wraz z szerokościami dwóch innych planet, Jowisza i Saturna, mianowicie największe nachylenie Jowisza ma jeden stopień i 42 minuty, najmniejsze jeden stopień i 18 minut, tak że cała jego libracja nie wynosi więcej jak 24 minuty, największe zaś nachylenie Saturna 2 stopnie i 44 minuty, najmniejsze 2 stopnie i 16 minut, a libracja między nimi 28 minut. Stąd z najmniejszych kątów nachyleń, które występują w przeciwległym miejscu, gdy planety będą się ukrywać za Słońcem, odchylenia szerokości od zodiaku u Saturna wypadną na 2 stopnie i 3 minuty, a u Jowisza na 1 stopień i 6 minut, co należało wykazać i zachować dla zestawianych poniżej tablic.

PRZEDSTAWIENIE WSZELKICH INNYCH, DOWOLNYCH W OGÓLE, SZEROKOŚCI TYCH TRZECH GWIAZD *rozdział IV*

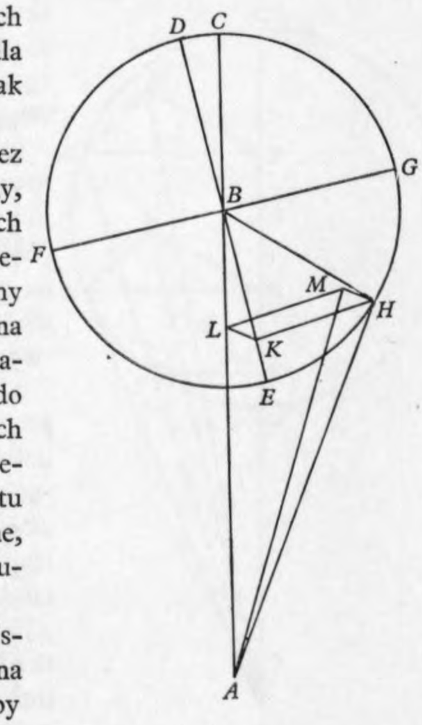


Z kolei z tych tak uwidocznionych danych wiadome będą w ogóle, jak też poszczególne szerokości tych trzech gwiazd. Wyobraźmy bowiem sobie, jak przedtem, wspólne przecięcie *AB* płaszczyzny prostopadłej do zodiaku, przechodzące przez krańce najdalszych odchyleń. I niech będzie granica północna w *A*, przecięciem zaś również wspólnym orbity planety prosta *CD*, która niech przetnie *AB* w punkcie *D*. Obrawszy go za środek, nakreślmy wielką orbitę Ziemi *EF*, a od nocnej opozycji, którą jest *E*, odetnijmy gdziekolwiek wiadomy łuk *EF* i poprowadźmy także od punktów *F* i miejsca planety *C* prostopadłe do linii *AB*, i niech nimi będą *CA* i *FG*, oraz połączmy je liniami *FA* i *FC*. Najpierw szukamy kąta nachylenia koła ekscentrycznego *ADC*, jak wielki jest mianowicie w tym układzie. Zostało zaś już wykazane, że był wtedy największy, kiedy Ziemia była w punkcie *E*. Było również wiadome, że cała jego libracja współmierna jest z obrotem Ziemi na kole *EF* względem średnicy *BE*, jak tego wymaga istota libracji. Dzięki zatem danemu łukowi *EF* będzie dany stosunek *ED* do *EG*, i taki jest stosunek całej libracji do tego, co ubyło właśnie kątowi *ADC*. Wobec tego dany jest na teraz kąt *ADC*. Dlatego trójkąt *ADC* o danych kątach dany jest ze wszystkimi swoimi bokami. Ponieważ jednak z poprzednich danych dany jest stosunek *CD* do *ED*, dany jest także do reszty *DG*, a więc i stosunek *CD* i *AD* do tejże linii *GD*, stąd i pozostała linia *AG* jest dana, a z nich dana jest także linia *FG*, jest bowiem połową cięciwy podwojonego łuku *EF*. Dzięki zatem dwom danym bokom trójkąta prostokątnego *AGF* dana jest przeciwprostokątna *AF* oraz stosunek *AF* do *AC*. Z tak dopiero danych dwóch boków trójkąta prostokątnego *ACF* będzie dany kąt *AFC*, i on jest właśnie kątem widomej szerokości, który był poszukiwany.

Wyjaśnię to znowu na przykładzie Marsa, którego największa granica szerokości południowej, występującej prawie w najniższej jego absydzie, niech będzie przy *A*. Miejsce zaś planety niech będzie w *C*, gdzie, jak zostało wykazane, był, gdy Ziemia znajdowała się w punkcie *E*, największy kąt nachylenia *ADC*, równy mianowicie jednemu stopniowi i 50 minutom. Umieśćmy teraz Ziemię w punkcie *F*, a ruch paralaksy po łuku *EF* wyznaczmy na 45 stopni: dana jest więc prosta *FG* wynosząca 7071 części, jakich *ED* ma 10000, a reszta promienia *GE* 2929 części. Zostało zaś już wykazane, że połowa kąta libracji *ADC* wynosi 0 stopni i 50 i pół minuty, tworząc taki w tym miejscu stosunek przyrostu i ubytku, że jak *DE* ma się do *GE*, tak 50 i pół do 15 prawie, które gdy odejmiemy od 1 stopnia i 50 minut, pozostanie 1 stopień i 35 minut jako kąt nachylenia *ADC* w obecnym położeniu. Wobec tego trójkąt *ADC* będzie miał dane kąty i boki, a ponieważ wyżej zostało wykazane, że *CD* ma 9040 części, jakich w *ED* jest 6580, *FG* będzie mieć takich samych części 4653, *AD* 9036, a reszta *AEG* 4383, oraz *AC* 249 i pół części. W trójkącie zatem prostokątnym *AFG*, wobec prostopadłej *AG* o 4383 częściach i podstawy *FG* o 4653 częściach, przeciwprostokątna *AF* wypada na 6392 części. I tak wreszcie w trójkącie *ACF*, mającym kąt prosty *CAF* z danymi bokami *AC* i *AF*, dany jest kąt *AFC* widomej szerokości w odniesieniu do Ziemi umieszczonej w *F*, równy 2 stopniom i 15 minutom. W ten sam sposób przeprowadzimy obliczenia dla dwóch innych planet, Saturna i Jowisza.

SZEROKOŚCI WENUS I MERKUREGO *rozdział V*

Pozostają Wenus i Merkury, których przesunięcia szerokości w szerokość zostaną wyjaśnione trzema naraz, jak powiedziałem, odchyleniami spirali. Aby je można z osobna rozpoznać, zacznę od tego, które nazywają deklinacją, jako od prostszego zajęcia. Jej bowiem tylko jednej zdarza się, że się niekiedy oddziela od pozostałych, co zachodzi przy średnich długościach oraz przy węzłach, gdy Ziemia, zgodnie ze zbadanymi już ruchami długości, umieściła się o ćwiartki kół od apogeum i perigeum planety, kiedy to w pobliżu Ziemi znaleziono następujące stopnie szerokości południowej lub północnej: u Wenus 6 stopni i 22 minuty, a u Merkurego 4 stopnie i 5 minut, przy największej zaś odległości od Ziemi u Wenus jeden stopień i 2 minuty, a u Merkurego 1 stopień i 45 minut, z czego też za pomocą załączonych tablic wyrównań stają się wiadome kąty nachyleń w tym położeniu, którym odpowiadają tam miejsca Wenus w najwyższej odległości od Ziemi na 1 stopniu i 2 minutach, w najniższej na 6 stopniach i 22 minutach, a łuk orbity w obu położeniach wynosi 2 i pół prawie stopnia, u Merkurego zaś jeden stopień i 45 minut w górnym położeniu i 4 stopnie i 5 minut w dolnym wyznaczają łuk jego orbity na 6 i jedną czwartą stopnia, tak że kąt nachylenia orbit wynosi



właśnie u Wenus 2 stopnie i 30 minut, u Merkurego zaś 6 i jedną czwartą takich stopni, jakich cztery kąty proste mają 360, z czego można wyprowadzić dla tego położenia wszelkie poszczególne szerokości, które zależą od deklinacji, jak to zaraz pokażę, i to najpierw na Wenus.

Niech mianowicie na leżącym niżej kole zwierzyńcowym przechodząca przez jego środek linia *ABC* będzie wspólnym przecięciem prostopadłej doń płaszczyzny, natomiast linia *DBE* wspólnym przecięciem powierzchni orbity Wenus. I niech *A* będzie właśnie środkiem Ziemi, *B* zaś orbity planety, a *ABE* kątem nachylenia orbity do zodiaku, i po nakreśleniu dookoła *B* orbity *DFEG* poprowadźmy średnicę *FBG*, prostopadłą do średnicy *DE*. Przedstawmy zaś sobie, że płaszczyzna orbity tak jest ustawiona do przyjętej płaszczyzny prostopadłej, że linie poprowadzone na niej pod kątami prostymi do linii *DE* są równoległe do siebie oraz do płaszczyzny zodiaku, na której leży tylko *FBG*. Zadaniem jest znaleźć z danych linii prostych *AB* i *BC* oraz danego kąta nachylenia *ABE*, jak daleko planeta odeszła w szerokość, jak na przykład, gdy się oddali od najbliższego Ziemi punktu *E* o 45 stopni, co, idąc za Ptolemeuszem, wybrałem dlatego, aby było widoczne, czy nachylenie orbity spowodowało u Wenus lub Merkurego jakąś różnicę w długości.

Takie zaiste różnice powinny by być najwięcej widoczne w pośrednich miejscach między krańcami *D*, *F*, *E*, *G*, a najbardziej dlatego, że gwiazda umieszczona w tych czterech granicach powoduje takie same długości, jakich dokonywałaby bez deklinacji, jak to jest samo przez się oczywiste. Przyjmijmy zatem, jak zostało powiedziane, łuk *EH* równy 45 stopniom i poprowadźmy prostopadłe, mianowicie linię *HK* do *BE*, a *KL* i *HM* do niżej położonej płaszczyzny zodiaku, oraz nakreślmy linie łączące *HB*, *LM*, *AM* i *AH*. Będziemy mieli równoległoboczny i prostokątny czworokąt *LKHM*, dlatego że linia *HK* jest równoległa do płaszczyzny zodiaku, bo i kąt *LAM* obejmuje ten bok prostaferezą długości, a kąt *HAM* zawiera przesunięcie szerokości, gdyż także *HM* pada prostopadle na tę samą płaszczyznę zodiaku. Skoro tedy dany jest kąt *HBE* o 45 stopniach, *HK*, połowa cięciwy podwojonego łuku *HE*, będzie wynosić 7071 części, jakich *EB* ma 10000. Podobnie w trójkącie *BKL* dany jest kąt *KBL* o 2 i pół stopniach i kąt prosty *BLK* oraz przeciwprostokątna *BK* o 7071 częściach, jakich także *BE* ma 10000; pozostałe również boki będą miały takich samych części: *KL* 308 i *BL* 7064. Ponieważ jednak na podstawie poprzednich danych *AB* ma się do *BE* jak 10000 do bez mała 7193, pozostałe zatem boki będą miały takich samych części: *HK* 5086, *HM*, równy bokowi *KL*, 221 i *BL* 5081, a stąd reszta *LA* 4919. Wreszcie także w trójkącie *ALM* z danych boków *AL* i *LM*, równego *HK*, oraz kąta prostego *ALM* będziemy mieli przeciwprostokątną *AM* równą 7075 częściom i kąt *MAL*, który jest prostaferezą, czyli wyliczoną wielką paralaksą Wenus, wynoszący 45 stopni i 57 minut.

Podobnie w trójkącie *MAH* z danych boków *AM* o 7075 częściach i *MH* równego *KL* będzie wiadomy kąt szerokości deklinacji *MAH*, mający jeden stopień i 47 minut. A jeżeli nie mierzi nas rozważanie, jaką różnicę w długości powoduje to nachylenie Wenus, weźmy trójkąt *ALH*, przedstawiając sobie, że *LH* jest przekątną równoległoboku *LKHM*. Ma mianowicie 5091 części, jakich w *AL* jest 4919, a *ALH* to kąt prosty: z nich obliczy się przeciwprostokątną *AH* na 7079. Wobec danego więc stosunku boków kąt *HAL* będzie wynosił 45 stopni i 59 minut. Lecz kąt *MAL* okazał się równy 45 stopniom i 57 minutom, przybywają więc tylko 2 stopnie, co należało wykazać.

Przy Merkurym znowu przedstawię w podobny sposób szerokości deklinacji na podobnej do poprzedniej figurze, na której weźmy łuk *EH* równy 45 stopniom, tak aby każda z obu prostych *HK* i *KB* zawierała także po 7071 takich części, jakich przeciwprostokątna *HB* ma 10000. Jakich więc części będzie miał promień *BH* 3953, a linia *AB* 9964, takich w tym miejscu, jak można obliczyć z poprzednio przedstawionych różnic długości, będą miały obie linie *BK* i *KH* po 2795. A ponieważ kąt nachylenia *ABE* okazał się równy 6 takim stopniom i 15 minutom, jakich 360 mają cztery kąty proste, w trójkącie więc prostokątnym *BKL* o danych kątach dana jest podstawa *KL* o 304 takich samych częściach oraz prostopadła *BL* o 2778, a przeto i reszta *AL* ma 7186. Lecz i linia *LM*, równa linii *HK*, wynosi 2795, w trójkącie zatem *ALM* o kącie prostym *L* i z dwoma danymi bokami *AL* i *LM* otrzymamy przeciwprostokątną *AM* równą 7710 częściom, a kąt *LAM* 21 stopniom i 16 minutom, i on właśnie jest wyliczoną prostaferezą.

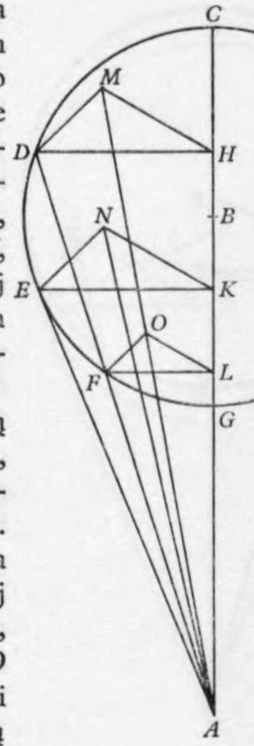
Podobnie w trójkącie *AMH* z dwóch danych boków *AM* i *MH*, równego *KL*, obejmujących kąt prosty *M*, będzie wiadomy kąt *MAH* szukanej szerokości równy 2 stopniom i 16 minutom. Jeśliby się miało ochotę zbadać, ile należy do prawdziwej i widomej prostaferezy, to po wzięciu przekątnej równoległoboku *LH*, która nam wypada z boków na 2811 części, i linii *AL* o 7186 częściach, pokażą one kąt widomej prostaferezy *LAH*, równy 21 stopniom i 23 minutom, który przewyższa przedtem obliczony prawie o 7 minut. To należało wykazać.

DRUGIE PRZESUNIĘCIE SIĘ W SZEROKOŚCI WENUS I MERKUREGO ODPOWIEDNIO DO POCHYŁOŚCI ICH ORBIT W APOGEUM I PERIGEUM

rozdział VI

Tyle o przesunięciu się szerokości tych gwiazd, które zachodzi przy średnich długościach ich orbit i które to szerokości nazywają się, jak powiedziałem, deklinacjami. Teraz należy powiedzieć o tych, które występują przy perigeach i apogeach i z którymi łączy się ów trzeci wyskok dewiacji, nie tak jednak, jak przy trzech górnych planetach, lecz można go łatwiej rozpoznać i wydzielić drogą rozumowania, jak następuje. Ptolemeusz mianowicie zaobserwował, że wtedy pojawiają się te największe szerokości, gdy gwiazdy znajdują się na liniach prostych od środka Ziemi, stycznych do orbity, co, jak powiedziałem, zdarza się w największych odległościach porannych i wieczornych od Słońca. Znalazł też szerokości północne Wenus o jedną trzecią stopnia większe niż południowe, Merkurego zaś południowe prawie o półtora stopnia większe niż północne. Lecz pragnąc zapobiec trudności i pracy nad obliczeniami przyjął według pewnego średniego stosunku pół trzecia stopnia po obu przeciwległych stronach szerokości, którą to ilość stopni zawierają właśnie szerokości na kole wokół Ziemi, prostopadłym do zodiaku i określającym szerokości, zwłaszcza że mniemał, iż z tego powodu wystąpi nieznaczny błąd, jak to również niebawem wykażę. Jeślibyśmy więc przyjęli tylko dwa i pół stopnia jako równe odchylenia w obie strony od zodiaku i wyłączyli na razie dewiację, aż określimy szerokości nachyleń, nasze dowody będą prostsze i łatwiejsze.

Należy więc najpierw wykazać, że największe odchylenie tej szerokości występuje na stykach koła ekscentrycznego, gdzie również są największe prostaferezy



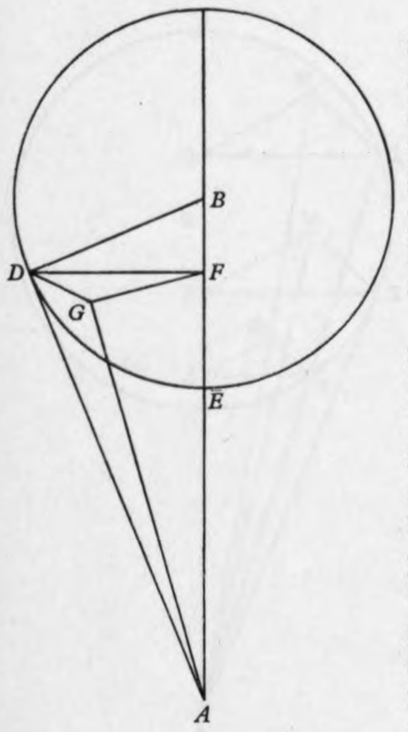
długości. Niech zatem będzie wspólne przecięcie płaszczyzn zodiaku i koła ekcentrycznego, czy to Wenus, czy Merkurego, przechodzące przez apogeum i perigeum, i na nim weźmy *A* za miejsce Ziemi, a *B* za środek koła ekcentrycznego *CDEFG* pochylonego do zodiaku, tak mianowicie, żeby jakiekolwiek linie proste poprowadzone pod kątami prostymi do linii *CG* obejmowały kąty równe pochyłości. Nakreślmy także styczną *AE* do koła i gdziekolwiek sieczną *AFD*. Poprowadźmy też z punktów *D*, *E* i *F* prostopadłe do *CG*, mianowicie *DH*, *EK* i *FL*, a do leżącej niżej płaszczyzny zodiaku linie *DM*, *EN* i *FO*, oraz linie łączące *MH*, *NK* i *OL*, a nadto *AN* i *AOM*. Otóż linia *AOM* jest prosta, gdyż trzy jej punkty znajdują się na dwóch płaszczyznach, mianowicie środkowego koła zwierzyńcowego i na płaszczyźnie *ADM* prostopadłej do płaszczyzny zodiaku.

Ponieważ tedy, przy przyjętej oblikwacji, kąty długości *HAM* i *KAN* zawierają właśnie prostaferezy tych gwiazd, kąty zaś *DAM* i *EAN* odchylenia szerokości, twierdzę najpierw, że kąt szerokości *EAN*, który leży na styku, gdzie także znajduje się prawie największa prostafereza długości, jest największy ze wszystkich. Skoro bowiem kąt *EAK* jest większy od wszystkich, to linia *KE* będzie się miała do *EA* w większym stosunku niż każda z obu linii *HD* i *LF* do odpowiedniej z dwóch linii *DA* i *FA*. Lecz jak *EK* ma się do *EN*, tak *HD* do *DM* i *LF* do *FO*, równe bowiem są, jak powiedziałem, kąty, które one spinają, a przy *M*, *N* i *O* są proste. Zatem i *NE* ma się do *EA* w większym stosunku niż każda z obu linii *MD* i *OF* do odpowiedniej z dwóch linii *DA* i *FA*, a kąty *DMA*, *ENA* i *FOA* są znowu proste: większy jest więc także kąt *EAN* od kąta *DAM* oraz od tych wszystkich, które w ten sposób są budowane.

Stąd jest rzeczą oczywistą, że także spośród różnic, które powstają z tej oblikwacji w długości między prostaferezami, największa jest ta, która się zawiera w największym przesunięciu się przy punkcie *E*. Albowiem linie *HD*, *KE* i *LF* z powodu równych kątów, które one spinają, są proporcjonalne do *HM*, *KN* i *LO*. A ponieważ stale pozostaje ten sam ich stosunek do własnych nadwyżek, stąd wynika, że nadwyżka *EK* nad *KN* ma się w większym stosunku do *EA* niż pozostałe do podobnych linii *AD*. Stąd też jest rzeczą widoczną, że jaki będzie miała stosunek największa w długości prostafereza do największego przesunięcia się szerokości, taki sam stosunek będą miały prostaferezy w długości odcinków koła ekcentrycznego do przesunięć się szerokości. Jak bowiem *KE* ma się do *EN*, tak i wszystkie podobne liniom *LF* i *HD* mają się do podobnych liniom *FO* i *DM*, co przedłożone było do udowodnienia.

RODZAJE KĄTÓW OBLIKWACJI OBU GWIAZD, WENUS I MERKUREGO — *rozdział VII*

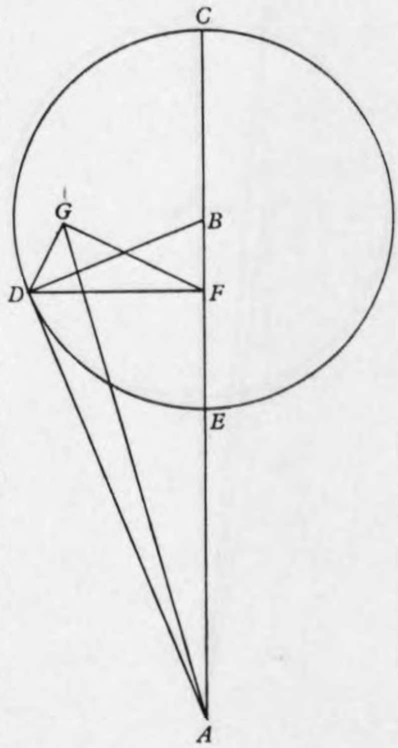
Po tych i takich wstępnych uwagach zobaczmy, jak wielki kąt zawiera się w nachyleniu płaszczyzn obu gwiazd, przypomniawszy sobie to, co przedtem zostało powiedziane, że między największą i najmniejszą odległością każdy z tych obu kątów staje się na przemian, odpowiednio do położenia orbity, bardziej północny i południowy co najwyżej o pięć stopni, ponieważ przesunięcie się Wenus powoduje oddalenie się przez apogeum lub perigeum koła ekcentrycznego mniej więcej o 5 stopni, bez wyraźnej różnicy, u Merkurego zaś mniej więcej o pół stopnia.



Niech będzie zatem *ABC*, jak przedtem, wspólnym przecięciem zodiaku i koła ekscentrycznego, nakreśliwszy zaś według podanego sposobu dookoła środka *B* ukośną do płaszczyzny zodiaku orbitę gwiazdy, poprowadźmy ze środka ziemi linię prostą *AD*, styczną do orbity w punkcie *D*, z którego wyprowadźmy prostopadłe, mianowicie *DF* do *CBE*, a *DG* do leżącej niżej płaszczyzny zodiaku, i połączmy je liniami *BD*, *FG* i *AG*. Przyjmijmy także kąt *DAG*, zawierający połowę podanej różnicy w szerokości którejkolwiek z obu gwiazd, równy 2 i pół stopniom, jakich 360 mają cztery kąty proste. Zadaniem byłoby ustalić, jak wielki jest kąt nachylenia płaszczyzn obu gwiazd, to jest kąt oznaczony *DFG*.

Skoro tedy dla gwiazdy Wenus większa odległość, która jest w apogeum, została określona na 10208 części, jakich promień orbity ma 7193, mniejsza zaś, która jest w perigeum, na 9792 części, a na 10000 części pośrednia między nimi, którą Ptolemeusz postanowił wziąć do tego dowodu, pragnąc zaradzić trudności i szukając, o ile to możliwe, uproszczeń (gdzie bowiem krańcowe wartości nie spowodują widocznej różnicy, bezpieczniej było trzymać się środka), przeto *AB* będzie się mieć do *BD* w takim stosunku, jak 10000 do 7193, a kąt *ADB* jest prosty: otrzymamy więc bok *AD* o długości 6947 części. W podobny sposób będziemy mieli także linię *DF* o długości 4997 części, bo jak *BA* do *AD* tak się ma *BD* do *DF*. Ponieważ znowu zakłada się, że kąt *DAG* wynosi 2 i pół stopnia, a kąt *AGD* jest prosty, w trójkącie więc o danych kątach bok *DG* będzie miał 303 takie same części, jakich *AD* ma 6947. Tak też dane są dwa boki *DF* i *DG* oraz kąt prosty *DGF*, a kąt nachylenia, czyli oblikwacji, *DFG* będzie wynosił 3 stopnie i 29 minut. Ponieważ jednak nadwyżka kąta *DAF* nad kątem *FAG* wyraża różnicę powstałą w długości paralaksy, przeto i ją należy określić ze znalezionych ich wielkości. Skoro bowiem zostało wykazane, że takich części, jakich w *DG* jest 303, przeciwprostokątna *AD* ma 6947, a *DF* 4997, i że gdy utworzony z *DG* kwadrat zostanie odjęty od każdego z tych dwóch kwadratów, które są utworzone z *AD* i *FD*, pozostają dwa kwadraty, które są z *AG* i *GF*, przeto dane są *AG* o długości 6940 części i *FG* o 4988. Jakich natomiast części w *AG* będzie 10000, *FG* będzie mieć 7187, kąt zaś *FAG* 45 stopni i 57 minut, a jakich części w *AD* będzie 10000, *DF* będzie mieć 7193, kąt zaś *DAF* prawie 46 stopni. Przy największej oblikwacji brakuje prostaferezie paralaksy prawie 3 minut. Było zaś już wiadome, że w średniej absydzie kąt nachylenia orbit wynosił 2 i pół stopnia, tutaj natomiast przybył prawie cały stopień, który dodał ów pierwszy, przeze mnie wspomniany, ruch libracji.

W ten sam sposób dowodzi się tego również przy Merkurym. Takich bowiem części, jakich promień orbity będzie miał 3573, największa odległość orbity od Ziemi ma 10948, najmniejsza natomiast 9052, a pośrednia między nimi 10 000. Także linia *AB* ma się do *BD* w takim stosunku, jak 10000 do 3573, będziemy więc mieli trzeci bok *AD* o 9340 takich samych częściach, a ponieważ jak *AB* ma się do *AD*, tak też *BD* do *DF*, przeto *DF* wynosi w długości takich części 3337. I ponieważ kąt szerokości *DAG* przyjęty został na 2 i pół stopnia, również *DG* będzie mieć 407 części, jakich *DF* ma 3337. I tak w trójkącie *DFG* o danym stosunku tych dwóch boków i kącie prostym *G* będziemy mieli kąt *DFG* równy bez mała 7 stopniom. A to jest właśnie kąt nachylenia, czyli ukośnego położenia orbity Merkurego do płaszczyzny zodiaku. Lecz przy średnich długościach, czyli ćwiartkach, ten kąt nachylenia okazał się równy 6 stopniom i 15 minutom. Wskutek więc ruchu pierwszej libracji przybyło teraz 45 minut. Po-



dobnie dla rozpoznania kątów prostaferezy i ich różnicy godzi się zwrócić uwagę na to, że jak się okazało, prosta *DG* ma 407 części, jakich w *AD* jest 9340, a w *DF* 3337. Jeślibyśmy zatem kwadrat o boku *DG* odjęli od tych kwadratów, które są utworzone z *AD* i *DF*, to pozostaną kwadraty z *AG* i *FG*, a zatem otrzymamy *AG* o długości 9331, *FG* zaś 3314, z czego wyprowadza się kąt prostaferezy *GAF* na 20 stopni i 48 minut, a na 20 stopni i 56 minut kąt *DAF*, od którego tamten, powstały z oblikwacji, jest mniejszy o 8 prawie minut.

Pozostaje jeszcze nam zobaczyć, czy takie kąty oblikwacji oraz szerokości przy największej i najmniejszej odległości orbity znajdujemy zgodne z tymi, które się otrzymało z obserwacji. Dlatego weźmy znowu na tej samej figurze najpierw dla największej odległości orbity Wenus stosunek *AB* do *BD* jak 10208 do 7193, ponieważ zaś kąt *ADB* jest prosty, *AD* będzie o długości 7238 takich samych części, a według stosunku *AB* do *AD* jak *BD* do *DF* będzie *DF* mieć długość 5102 takich części; lecz kąt pochyłości *DFG* został określony na 3 stopnie i 29 minut, pozostały więc bok *DG* będzie miał 309 części, jakich również *AD* ma 7238. Takich więc części, jakich w *AD* będzie 10000, *DG* będzie mieć 427, z czego się wnioskuje, że kąt *DAG* przy największej odległości od Ziemi wynosi 2 stopnie i 27 minut, ale przy najmniejszej, ponieważ w *AB* jest 9792 takich części, jakich promień orbity *BD* ma 7193, prostopadła do niego *AD* ma 6644. I podobnie ze stosunku *BD* do *DF* jak *AB* do *AD* dana jest linia *DF* o długości 4883 takich części. Lecz kąt *DFG* przyjęty został na 3 stopnie i 29 minut, dana więc jest linia *DG* o 297 częściach, jakich również *AD* ma 6644. I dlatego w trójkącie o danych bokach dany jest kąt *DAG* o 2 stopniach i 34 minutach. Lecz ani trzy minuty, ani cztery nie są tak wielkie, aby je można uchwycić za pomocą przyrządów astrolabicznych, prawdziwie więc się przedstawia największa szerokość odchylenia, jaką przyjmowano dla gwiazdy Wenus.

Przyjmijmy tak samo największą odległość orbity Merkurego, to jest stosunek *AB* do *BD* jak 10948 do 3573, aby za pomocą dowodzeń podobnych poprzednim obliczyć *AD* równe 9452 części, *DF* zaś 3085. Lecz tu także mamy podany kąt oblikwacji *DFG* równy 7 stopni, stąd zaś prostą *DG* na 376 takich części, jakich *DF* ma 3085 lub *DA* 9452. I w trójkącie więc prostokątnym *DAG* o danych bokach będziemy mieli kąt *DAG* największego oddalenia się w szerokość równy 2 stopniom i bez mała 17 minutom. Przy najmniejszej zaś odległości zakłada się stosunek *AB* do *BD* jak 9052 do 3573, dlatego *AD* ma takich samych części 8317, a *DF* 3283. Gdy zaś dla tej samej oblikwacji zakłada się stosunek *DF* do *DG* jak 3283 do 400 części, jakich również *AD* ma 8317, to stąd także kąt *DAG* wynosi 2 stopnie i 45 minut. Od tego zatem odsunięcia się szerokości, które ze średniego stosunku przyjęte jest tu także za równe 2 i pół stopnia, różni się to, które zachodzi w apogeum, najmniej o 13 minut, a to zaś, które w perigeum, najwyżej o 15 minut, zamiast których przy obliczeniach będę się posługiwał podług średniego rachunku tu i tam jedną czwartą stopnia, nie różniącą się istotnie od obserwacji.

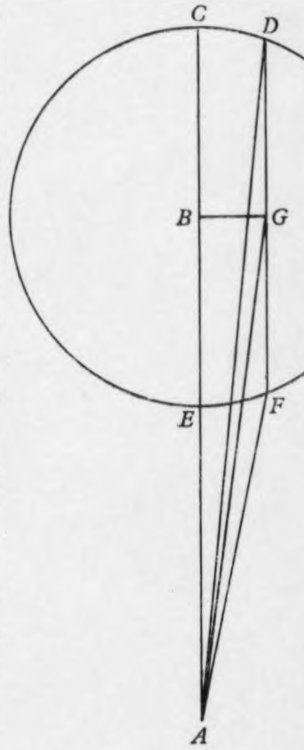
Z tych tak przeprowadzonych dowodzeń, a nadto z tego, że największe prostaferezy długości mają się w tym samym stosunku do największego przesunięcia się szerokości, jak części prostaferez do poszczególnych przesunięć szerokości na pozostałych odcinkach orbity, będziemy mieli w ręku wszystkie liczby szerokości, które występują wskutek ukośności orbity Wenus i Merkurego, ale tylko te jedynie, które oblicza się podług średniej odległości, jak powiedziałem, między apogeum i perigeum i z których największa okazała się szerokość 2 i pół stopnia, największa

zaś prostafereza Wenus wynosi 46 stopni, a Merkurego około 22. I właśnie w tablicach nierównych ruchów mamy prostaferezy przydatne do poszczególnych odcinków orbit. O ile zatem każda z nich będzie mniejsza od największej, taką proporcjonalną do niej część weźmiemy dla każdej z dwóch gwiazd z owych 2 i pół stopnia, dopiszemy ją w zestawionej niżej tablicy do właściwych jej liczb i w ten sposób wszelkie poszczególne szerokości oblikwacji, które zachodzą, gdy Ziemia znajduje się w najwyższej i najniższej ich absydzie, będziemy mieli odpowiednio wyjaśnione tak, jak przedstawiłem również szerokości deklinacji dla średnich ćwiartek i średnich długości. Te zaś, które przypadają między tymi czterema granicami, można będzie wprawdzie wytłumaczyć, ale nie bez trudu, za pomocą ścisłej sztuki matematycznej na podstawie przedłożonej hipotezy kół. Ptolemeusz zaś, wszędzie stosujący uproszczenia, na ile to było możliwe, widząc, że każda ×
z tych obu postaci szerokości, sama przez się cała i we wszystkich swoich częściach, proporcjonalnie wzrastała i malała na kształt szerokości Księżyca, przez mnożenie tedy każdej dowolnej jej części przez dwanaście, jako że największa jego szerokość wynosi pięć stopni, która to liczba jest dwunastą częścią sześćdziesiątki, zestawił z nich minuty proporcjonalne i uważał, że należy nimi się posługiwać nie tylko przy tych dwu gwiazdach, lecz także przy trzech górnych, jak się to okaże poniżej.

TRZECI RODZAJ SZEROKOŚCI WENUS I MERKUREGO, NAZYWANY DEWIACJĄ *rozdział VIII*

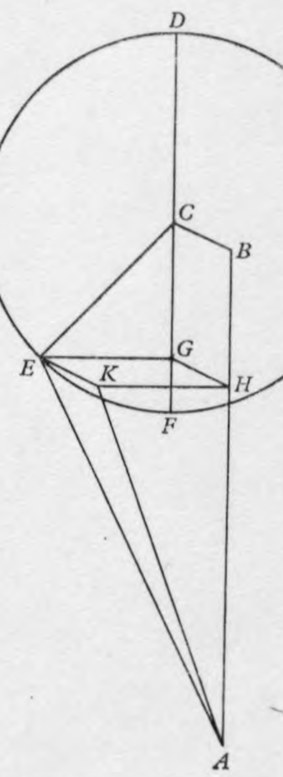
Po tych też tego rodzaju wywodach pozostaje jeszcze powiedzieć coś o trzecim ruchu szerokości, jakim jest dewiacja. Dawniejsi astronomowie, którzy przytrzymują Ziemię w środku świata, mniemają, że ta dewiacja powstaje wskutek pochylenia koła ekscentrycznego wraz z epicyklem wokół środka Ziemi, szczególnie gdy epicykl znajduje się w apogeum lub perigeum, u Wenus o jedną szóstą stopnia zawsze ku północy, u Merkurego natomiast o trzy czwarte stopnia zawsze na południe, jak o tym przedtem powiedziałem. Nie jest jednak rzeczą dosyć jasną, czy utrzymywali, że takie nachylenie orbit jest zawsze równe i takie samo. Na to bowiem wskazują ich liczby, gdy zalecają brać zawsze jedną szóstą część minut proporcjonalnych dla dewiacji Wenus, a trzy czwarte dla Merkurego. A to nie ma miejsca, jeśli nie pozostanie ten sam zawsze kąt nachylenia, jak tego wymaga stosunek owych minut, na czym się właśnie opierają. Co więcej, nawet przy stałym istnieniu tego samego kąta, nie będzie można zrozumieć, w jaki sposób ta szerokość owych gwiazd odskakuje nagle z powrotem od wspólnego przecięcia do tej samej szerokości, którą przedtem opuściła, chyba że się twierdzi, iż dzieje się to na sposób załamania świateł, jak w optyce. Lecz tutaj rozprawiamy o ruchu, który nie jest migawkowy, lecz ze swojej właśnie natury współmierny z czasem. Należy więc przyznać, że występuje u nich libracja, jaką już przedstawiłem, która sprawia, że części koła zmieniają kierunek w strony przeciwne, i z której także musi wyniknąć to, że ich liczby różnią się u Merkurego o jedną piątą stopnia. Tym mniej powinno to wydawać się dziwne, jeśli także według mojej hipotezy szerokość ta jest zmienna i nie tak bardzo prosta, a jednak nie powodująca widocznego błędu, a można ją rozpoznać we wszystkich odmianach w następujący sposób.

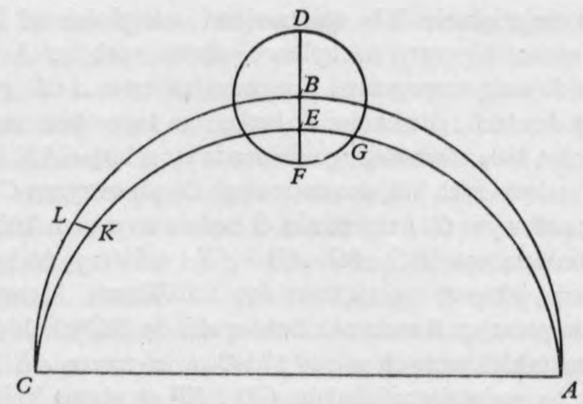
Niech mianowicie na leżącej niżej płaszczyźnie, prostopadłej do zodiaku, będzie wspólne przecięcie, na którym A byłoby środkiem Ziemi, a B środkiem koła *CDF* — w największej lub najmniejszej odległości od Ziemi — jakby przechodzącego przez bieguny nachylonej właśnie orbity. A ponieważ, gdy środek orbity znajduje się w apogeum i perigeum, to jest w *A* i *B*, gwiazda znajduje się w największej dewiacji, gdziekolwiek będzie na kole równoległym do orbity, to i *DF* jest średnicą koła równoległego do średnicy orbity *CBE*, które przyjmuje się za wspólne przecięcia tych kół, prostopadłych do płaszczyzny *CDF*. Przetnijmy dalej *DF* na dwie połowy w *G*, i ten punkt *G* będzie środkiem koła równoległego, oraz nakreślmy linie łączące *BG*, *AG*, *AD* i *AF* i załóżmy, że kąt *BAG* wynosi jedną szóstą stopnia, jak przy największej dewiacji Wenus. Mamy zatem w trójkącie *ABG* o kącie prostym *B* stosunek boków *AB* do *BG* jak 10000 do 29. Lecz cała linia *ABC* ma takich samych części 17193, a jej reszta *AE* 2807, w jakich także połowy cięciw podwojonych łuków *CD* i *EF* są równe linii *BG*. Kąt więc *CAD* będzie miał 6 minut, a kąt *EAF* prawie 15 minut, różniąc się od kąta *BAG*: pierwszy tylko o 4 minuty, drugi o 5, których przeważnie nie bierze się pod uwagę ze względu na ich małą ilość. Widoma zatem dewiacja Wenus, gdy Ziemia znajduje się w jej apogeum i perigeum, będzie mało większa lub mniejsza od 10 minut, w którejkolwiek części swojej orbity znajdzie się gwiazda.



Gdy natomiast przy Merkurym wyznaczymy kąt *BAG* na trzy czwarte jednego stopnia, a stosunek *AB* do *BG* jak 10000 do 131, oraz *ABC* na 13573 i jej resztę *AE* na 6427, to kąt *CAD* będzie miał 33 minuty, *EAF* zaś prawie 70 minut. Tam więc brakuje 12 minut, tu zbywa 25 minut. A jednak te różnice w promieniach Słońca nieomal nikną, zanim Merkury wynurzy się naszym oczom, wskutek czego starożytni mieli na względzie tylko widomą jego dewiację jako niezłożoną. Niemniej jednak, jeśli ktoś nie zrażając się wcale trudem będzie chciał także dochodzić dokładnego rachunku tych ukrywających się w Słońcu dróg, w następujący sposób pokażę, jak to się robi.

I to mianowicie dla przykładu na Merkurym, dlatego że dokonuje wyraźniejszej dewiacji niż Wenus. Niech bowiem będzie *AB* linią prostą na wspólnym przecięciu orbity gwiazdy i zodiaku, podczas gdy Ziemia, którą niech będzie *A*, będzie się znajdowała w apogeum lub perigeum orbity gwiazdy. Przyjmijmy zaś linię *AB* okrągło na 10000 części jako średnią długość między największą i najmniejszą, jak to postąpiliśmy przy oblikwacji. Opiszmy dalej wokół środka *C* koło *DEF*, które by było równoległe do orbity ekscentrycznej w odległości *CB*, i przedstawmy sobie, że gwiazda na tym równoległym kole dokonuje wtedy największej dewiacji, i niech *DCF* będzie średnicą tego koła, która także będzie musiała być równoległa do *AB*, a obie linie na tej samej płaszczyźnie prostopadłej do orbity gwiazdy. Weźmy zatem łuk *EF*, według którego badamy dewiację gwiazdy, równy, na przykład, 45 stopniom i poprowadźmy prostopadłe *EG* do *CF* oraz *EK* i *GH* do niżej leżącej płaszczyzny orbity, a nakreśliwszy linię *HK* dopełnijmy prostokątny równoległobok i poprowadźmy także linie łączące *AE*, *AK* i *EC*. Gdy więc *BC* będzie odpowiednio do największej dewiacji mieć u Merkurego 131 części, jakich w *AB* byłoby 10000 i jakich też *CE* ma 3573, a trójkąt prostokątny jest o danych kątach, będzie również bok *EG* lub *KH* miał takich samych części 2526, lecz po odjęciu linii *BH*, która jest równa *EG* lub *CG*, pozostaje *AH* o 7474 częściach. W trójkącie więc *AHK* o danych bokach, obejmujących kąt prosty *H*, przeciwprostokątna *AK* będzie miała 7889 części, lecz zostało przyjęte, że linia *EK* równa *CB* lub *GH* ma takich części 131. Przeto i w trójkącie *AKE* o danych dwóch bokach *AK* i *KE*, obejmujących kąt prosty *K*, dany jest





kąt *KAE*, odpowiadający stosownie do przyjętego łuku *EF* dewiacji, której szukaliśmy i która mało się różni od obserwacji. Podobnie postąpimy dla innych łuków także przy Wenus, i zapiszemy w niżej zestawionej tabeli.

Po takim przedstawieniu tych danych dostosujemy dla tych, które się znajdują w ich granicach, sześćdziesiąte części, czyli minuty proporcjonalne. Niech mianowicie koło *ABC* będzie orbitą ekscentryczną Wenus lub Merkurego i niech *A* i *C* będą węzłami tej szerokości, a punkt *B* granicą największej dewiacji, i obrawszy go za środek nakreślmy małe koło *DFG*, którego średnicą poprzeczną niech będzie *DBF*, i po niej niech się odbywa libracja ruchu dewiacji. A ponieważ zostało przyjęte, że gdy Ziemia znajduje się w apogeum lub perigeum ekcentrycznej orbity gwiazdy, to sama gwiazda dokonuje największej dewiacji w punkcie *F*, w którym koło unoszące gwiazdę dotyka małego koła. Niech właśnie Ziemia będzie gdziekolwiek oddalona od apogeum lub perigeum ekcentrycznego koła gwiazdy i stosownie do tego ruchu przyjmijmy podobny łuk małego koła, którym niech będzie *FG*, oraz nakreślmy koło *AGC*, przecinające średnicę *DF* w punkcie *E*, umieśćmy na nim gwiazdę w *K* na łuku *EK*, podobnym według założenia łukowi *FG*, i poprowadźmy prostopadłą *KL* do koła *ABC*. Zadaniem jest znaleźć z *FG*, *EK* i *BE* wielkość *KL*, to jest odległość gwiazdy od koła *ABC*. Ponieważ z łuku *FG* dana będzie linia *EG*, jakby prosta i minimalnie różniąca się od linii kołowej, czyli wypukłej, i podobnie *EF* w częściach, w jakich też jest *BF* i reszta *BE*, *BF* zaś ma się tak do *BE*, jak cięciwa podwojonej ćwiartki *CE* do cięciwy podwojonego łuku *CK*, i podobnież *BE* do *KL*, przeto jeżeli każdą z dwóch linii, *BF* i promień *CE*, oznaczymy tą samą liczbą 60, otrzymamy z nich liczby, które określają linię *BE*, i gdy ta zostanie pomnożona przez siebie, a iloczyn podzielimy przez 60, będziemy mieli *KL*, minuty proporcjonalne łuku *EK*, które podobnie dopisałem do następującej tabeli w piątej i ostatniej kolumnie. ×

SZEROKOŚCI SATURNA, JOWISZA I MARSA

Liczby wspólne		Szerokość Saturna				Szerokość Jowisza				Szerokość Marsa				Minuty proporcjonalne	
		północna		południowa		północna		południowa		północna		południowa			
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Minuty	Sekundy
3	357	2	3	2	2	1	6	1	5	0	6	0	5	59	48
6	354	2	4	2	2	1	7	1	5	0	7	0	5	59	36
9	351	2	4	2	3	1	7	1	5	0	9	0	6	59	6
12	348	2	5	2	3	1	8	1	6	0	9	0	6	58	36
15	345	2	5	2	3	1	8	1	6	0	10	0	8	57	48
18	342	2	6	2	3	1	8	1	6	0	11	0	8	57	0
21	339	2	6	2	4	1	9	1	7	0	12	0	9	55	48
24	336	2	7	2	4	1	9	1	7	0	13	0	9	54	36
27	333	2	8	2	5	1	10	1	8	0	14	0	10	53	18
30	330	2	8	2	5	1	10	1	8	0	14	0	11	52	0
33	327	2	9	2	6	1	11	1	9	0	15	0	11	50	12
36	324	2	10	2	7	1	11	1	9	0	16	0	12	48	24
39	321	2	10	2	7	1	12	1	10	0	17	0	12	46	24
42	318	2	11	2	8	1	12	1	10	0	18	0	13	44	24
45	315	2	11	2	9	1	13	1	11	0	19	0	15	42	12
48	312	2	12	2	10	1	13	1	11	0	20	0	16	40	0
51	309	2	13	2	11	1	14	1	12	0	22	0	18	37	36
54	306	2	14	2	12	1	14	1	13	0	23	0	20	35	12
57	303	2	15	2	13	1	15	1	14	0	25	0	22	32	36
60	300	2	16	2	15	1	16	1	16	0	27	0	24	30	0
63	297	2	17	2	16	1	17	1	17	0	29	0	25	27	12
66	294	2	18	2	18	1	18	1	18	0	31	0	27	24	24
69	291	2	20	2	19	1	19	1	19	0	33	0	29	21	21
72	288	2	21	2	21	1	21	1	21	0	35	0	31	18	18
75	285	2	22	2	22	1	22	1	22	0	37	0	34	15	15
78	282	2	24	2	24	1	24	1	24	0	40	0	37	12	12
81	279	2	25	2	26	1	25	1	25	0	42	0	39	9	9
84	276	2	27	2	27	1	27	1	27	0	45	0	41	6	24
87	273	2	28	2	28	1	28	1	28	0	48	0	45	3	12
90	270	2	30	2	30	1	30	1	30	0	51	0	49	0	0

SZEROKOŚCI SATURNA, JOWISZA I MARSA

Liczby wspólne		Szerokość Saturna				Szerokość Jowisza				Szerokość Marsa				Minuty proporcjonalne	
		północna		południowa		północna		południowa		północna		południowa			
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Minuty	Sekundy
93	267	2	31	2	31	1	31	1	31	0	55	0	52	3	12
96	264	2	33	2	33	1	33	1	33	0	59	0	56	6	24
99	261	2	34	2	34	1	34	1	34	1	2	1	0	9	9
102	258	2	36	2	36	1	36	1	36	1	6	1	4	12	12
105	255	2	37	2	37	1	37	1	37	1	11	1	8	15	15
108	252	2	39	2	39	1	39	1	39	1	15	1	12	18	18
111	249	2	40	2	40	1	40	1	40	1	19	1	17	21	21
114	246	2	42	2	42	1	42	1	42	1	25	1	22	24	24
117	243	2	43	2	43	1	43	1	43	1	31	1	28	27	12
120	240	2	45	2	45	1	45	1	44	1	36	1	34	30	0
123	237	2	46	2	46	1	46	1	46	1	41	1	40	32	36
126	234	2	47	2	48	1	47	1	47	1	47	1	47	35	12
129	231	2	49	2	49	1	49	1	49	1	54	1	55	37	36
132	228	2	50	2	51	1	50	1	51	2	2	2	5	40	0
135	225	2	52	2	53	1	51	1	53	2	10	2	15	42	12
138	222	2	53	2	54	1	52	1	54	2	19	2	26	44	24
141	219	2	54	2	55	1	53	1	55	2	29	2	38	46	24
144	216	2	55	2	56	1	55	1	57	2	37	2	48	48	24
147	213	2	56	2	57	1	56	1	58	2	47	3	4	50	12
150	210	2	57	2	58	1	58	1	59	2	51	3	20	52	0
153	207	2	58	2	59	1	59	2	1	3	12	3	32	53	18
156	204	2	59	3	0	2	0	2	2	3	23	3	52	54	36
159	201	2	59	3	1	2	1	2	3	3	34	4	13	55	48
162	198	3	0	3	2	2	2	2	4	3	46	4	36	57	0
165	195	3	0	3	2	2	2	2	5	3	57	5	0	57	48
168	192	3	1	3	3	2	3	2	5	4	9	5	23	58	36
171	189	3	1	3	3	2	3	2	6	4	17	5	48	59	6
174	186	3	2	3	4	2	4	2	6	4	23	6	15	59	36
177	183	3	2	3	4	2	4	2	7	4	27	6	35	59	48
180	180	3	2	3	5	2	4	2	7	4	30	6	50	60	0

SZEROKOŚCI WENUS I MERKUREGO

Liczby wspólne		Wenus Deklinacja		Wenus Oblikwacja		Merkury Deklinacja		Merkury Oblikwacja		Wenus Dewiacja		Merkury Dewiacja		Minuty proporcjonalne dewiacji	
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Minuty	Sekundy
3	357	1	2	0	4	1	45	0	5	0	7	0	33	59	36
6	354	1	2	0	8	1	45	0	11	0	7	0	33	59	12
9	351	1	1	0	12	1	45	0	16	0	7	0	33	58	25
12	348	1	1	0	16	1	44	0	22	0	7	0	33	57	14
15	345	1	0	0	21	1	44	0	27	0	7	0	33	55	41
18	342	1	0	0	25	1	43	0	33	0	7	0	33	54	9
21	339	0	59	0	29	1	42	0	38	0	7	0	33	52	12
24	336	0	59	0	33	1	40	0	44	0	7	0	34	49	43
27	333	0	58	0	37	1	38	0	49	0	7	0	34	47	21
30	330	0	57	0	41	1	36	0	55	0	8	0	34	45	4
33	327	0	56	0	45	1	34	1	0	0	8	0	34	42	0
36	324	0	55	0	49	1	30	1	6	0	8	0	34	39	15
39	321	0	53	0	53	1	27	1	11	0	8	0	35	35	53
42	318	0	51	0	57	1	23	1	16	0	8	0	35	32	51
45	315	0	49	1	1	1	19	1	21	0	8	0	35	29	41
48	312	0	46	1	5	1	15	1	26	0	8	0	36	26	40
51	309	0	44	1	9	1	11	1	31	0	8	0	36	23	34
54	306	0	41	1	13	1	8	1	35	0	8	0	36	20	39
57	303	0	38	1	17	1	4	1	40	0	8	0	37	17	40
60	300	0	35	1	20	0	59	1	44	0	8	0	38	15	0
63	297	0	32	1	24	0	54	1	48	0	8	0	38	12	20
66	294	0	29	1	28	0	49	1	52	0	9	0	39	9	55
69	291	0	26	1	32	0	44	1	56	0	9	0	39	7	38
72	288	0	23	1	35	0	38	2	0	0	9	0	40	5	39
75	285	0	20	1	38	0	32	2	3	0	9	0	41	3	57
78	282	0	16	1	42	0	26	2	7	0	9	0	42	2	34
81	279	0	12	1	46	0	21	2	10	0	9	0	42	1	28
84	276	0	8	1	50	0	16	2	14	0	10	0	43	0	40
87	273	0	4	1	54	0	8	2	17	0	10	0	44	0	10
90	270	0	0	1	57	0	0	2	20	0	10	0	45	0	0

SZEROKOŚCI WENUS I MERKUREGO

Liczby wspólne		Wenus Deklinacja		Wenus Oblikwacja		Merkury Deklinacja		Merkury Oblikwacja		Wenus Dewiacja		Merkury Dewiacja		Minuty proporcjonalne dewiacji	
Stopnie	Stopnie	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Stopnie	Minuty	Minuty	Sekundy
93	267	0	5	2	0	0	8	2	23	0	10	0	45	0	10
96	264	0	10	2	3	0	15	2	25	0	10	0	46	0	40
99	261	0	15	2	6	0	23	2	27	0	10	0	47	1	28
102	258	0	20	2	9	0	31	2	28	0	11	0	48	2	34
105	255	0	26	2	12	0	40	2	29	0	11	0	48	3	57
108	252	0	32	2	15	0	48	2	29	0	11	0	49	5	39
111	249	0	38	2	17	0	57	2	30	0	11	0	50	7	38
114	246	0	44	2	20	1	6	2	30	0	11	0	51	9	55
117	243	0	50	2	22	1	16	2	30	0	11	0	52	12	20
120	240	0	59	2	24	1	25	2	29	0	12	0	52	15	0
123	237	1	8	2	26	1	35	2	28	0	12	0	53	17	40
126	234	1	18	2	27	1	45	2	26	0	12	0	54	20	39
129	231	1	28	2	29	1	55	2	23	0	12	0	55	23	34
132	228	1	38	2	30	2	6	2	20	0	12	0	56	26	40
135	225	1	48	2	30	2	16	2	16	0	13	0	57	29	41
138	222	1	59	2	30	2	27	2	11	0	13	0	57	32	51
141	219	2	11	2	29	2	37	2	6	0	13	0	58	35	53
144	216	2	25	2	28	2	47	2	0	0	13	0	59	39	15
147	213	2	43	2	26	2	57	1	53	0	13	1	0	42	0
150	210	3	3	2	22	3	7	1	46	0	13	1	1	45	4
153	207	3	23	2	18	3	17	1	38	0	13	1	2	47	21
156	204	3	44	2	12	3	26	1	29	0	14	1	3	49	43
159	201	4	5	2	4	3	34	1	20	0	14	1	4	52	12
162	198	4	26	1	55	3	42	1	10	0	14	1	5	54	9
165	195	4	49	1	42	3	48	0	59	0	14	1	6	55	41
168	192	5	13	1	27	3	54	0	48	0	14	1	7	57	14
171	189	5	36	1	9	3	58	0	36	0	14	1	7	58	25
174	186	5	52	0	48	4	2	0	24	0	14	1	8	59	12
177	183	6	7	0	25	4	4	0	12	0	14	1	9	59	36
180	180	6	22	0	0	4	5	0	0	0	14	1	10	60	0

OBLICZANIE SZEROKOŚCI PIĘCIU GWIAZD BŁĘDNYCH *rozdział IX*

Sposób zaś obliczania szerokości pięciu gwiazd błędnych z tych tablic jest następujący. Skoro dla Saturna, Jowisza i Marsa otrzymamy już z odpowiednich liczb wspólnych określoną, czyli wyrównaną anomalię koła ekscentrycznego, dla Marsa wprawdzie jego własną, jaka zostanie znaleziona, dla Jowisza jednak po uprzednim odjęciu 20 stopni, a dla Saturna po dodaniu 50 stopni, zanotujemy tedy te sześćdziesiąte części, czyli minuty proporcjonalne, które występują w tymże rzędzie umieszczone w ostatniej kolumnie. Podobnie za pomocą określonej anomalii paralaksy i właściwej dla niej liczby otrzymamy znajdującą się obok szerokość, pierwszą mianowicie i północną, jeśli minuty proporcjonalne będą w górnej połowie, co zachodzi wówczas, gdy anomalia koła ekscentrycznego będzie miała mniej niż 90 lub więcej niż 270 stopni, południową zaś i drugą szerokość, jeśli minuty proporcjonalne są w dolnej połowie, to jest wtedy, gdyby w anomalii koła ekscentrycznego (od której się rozpoczyna poszukiwania w tabeli) było więcej niż 90 lub mniej niż 270 stopni. Jeślibyśmy tedy jedną z tych dwóch szerokości pomnożyli przez jej części sześćdziesiąte, wypadnie odległość od koła zwierzyńcowego na północ lub południe zgodnie z nazwą wziętych liczb stopni.

Przy Wenus jednak i Merkurym należy wziąć najpierw dla określonej anomalii paralaksy trzy występujące szerokości: deklinacji, oblikwacji i dewiacji, które są oznaczone z osobna, z tym że przy Merkurym odrzućmy jedną dziesiątą część oblikwacji, jeśliby anomalia koła ekscentrycznego i jej liczba znajdowała się w wyższej części tablicy, lub tyleż dodajmy, jeśli w niższej, i zachowajmy ich różnicę lub sumę.

Należy zaś odróżniać ich nazwy, czy były północne czy południowe. Jeśli bowiem anomalia określonej paralaksy znajdzie się w półkolu apogeum, to jest będzie mniejsza od 90 lub większa od 270 stopni, także anomalia koła ekscentrycznego będzie mniejsza od półkola (albo odwrotnie, jeśli anomalia paralaksy będzie na łuku perigeum, mianowicie będzie większa od 90 i mniejsza od 270 stopni, to i anomalia koła ekscentrycznego będzie większa od półkola), a deklinacja Wenus będzie północna, Merkurego zaś południowa. Jeśli zaś przy anomalii paralaksy znajdującej się na łuku perigeum anomalia koła ekscentrycznego będzie mniejsza od półkola, lub anomalia paralaksy będzie w części apogeum, a anomalia koła ekscentrycznego większa od półkola, będzie z kolei deklinacja Wenus południowa, Merkurego północna.

Przy oblikwacji zaś, jeśli anomalia paralaksy będzie mniejsza od półkola, a anomalia koła ekscentrycznego po stronie apogeum, albo anomalia paralaksy większa od półkola, a anomalia koła ekscentrycznego po stronie perigeum, oblikwacja Wenus będzie północna, Merkurego południowa, co też ulega odwróceniu. Dewiacje zaś pozostają u Wenus zawsze północne, u Merkurego południowe.

Następnie wraz z określoną anomalią koła ekscentrycznego weźmy wspólne dla wszystkich pięciu planet, chociaż dopisane tylko do trzech górnych, minuty proporcjonalne, które dodajmy do oblikwacji, a ostatnie do dewiacji. Potem po dodaniu do tejże anomalii koła ekscentrycznego 90 stopni należy znowu wspólne minuty proporcjonalne, które odpowiadają tej sumie, dodać do szerokości deklinacji.

Po takim ułożeniu tego wszystkiego w kolejności pomnóżmy każdą z przedstawionych osobno trzech szerokości przez swoje minuty proporcjonalne, i wypadną wszystkie one dokładnie wyliczone dla danego miejsca i czasu, tak że w końcu mamy wszystkie trzy szerokości tych dwóch gwiazd. Jeśli wszystkie będą jednoimienne, to się je razem dodaje, jeśli zaś nie, to łączy się przynajmniej dwie, które są tej samej nazwy, i odpowiednio do tego, czy będą większe czy mniejsze, odejmijmy je od trzeciej odmiennej szerokości, lub odwrotnie, a pozostanie nadwyżka jako szukana szerokość.

KOMENTARZ

List dedykacyjny

Str. 3,1. Aleksander Farnese (ur. w 1468 r.) został wybrany papieżem w 1534 r. i przybrał imię Paweł III; zmarł w 1549 r. Z nazwiskiem jego łączą się m. in. takie fakty związane z początkami kontrreformacji, jak rzucenie klątwy na angielskiego króla Henryka VIII (grudzień 1538 r.), zatwierdzenie reguły zakonu jezuitów (wrzesień 1540 r.), powołanie do życia tzw. Świętego Oficjum, które w składzie sześciu kardynałów drastycznymi środkami zwalczało wszelkie objawy nieprawowierności w świecie katolickim (lipiec 1542 r.), wreszcie początek obrad soboru trydenckiego (grudzień 1545 r.), przygotowanego zresztą już przez poprzedniego papieża, Klemensa VII. Wśród współczesnych znany był poza tym ze swego wszechstronnego wykształcenia i jako mecenas sztuki, literatury i nauk. Kopernik nadmienia o tym w przedostatnim ustępie dedykacji, a w ostatnim jej zdaniu nawet jakby zalicza samego papieża do „uczonych" matematyków. Nie wykluczone, że właśnie te dwie wzmianki nasunęły niektórym historykom domysł, że autor i adresat dedykacji znali się osobiście, a mianowicie, że zetknęli się w Rzymie w 1500 r., na co jednak nie ma żadnego poza tym dowodu. Co natomiast jest pewne, to to, że Paweł III był zwolennikiem astrologii wieszczbiarskiej i często zasięgał rady astrologów, jak to zresztą było wówczas powszechnym zwyczajem. – *List dedykacyjny*, który tu się rozpoczyna, napisał Kopernik w czerwcu 1542 r., a więc niecały rok przed śmiercią. Autograf tej dedykacji uległ zatracie i jej tekst znamy jedynie z pierwszej edycji *De revolutionibus*, która (jak wiadomo) ukazała się drukiem w Norymberdze na wiosnę w 1543 r. Natomiast tekst samego dzieła doszedł nas także we własnoręcznym rękopisie wielkiego astronoma, wskazującym liczne zmiany i poprawki. Ten wymowny świadek długoletnich trudów, wśród których się krystalizowała i doskonaliła teoria heliocentryczna, stanowi obecnie własność Biblioteki Jagiellońskiej w Krakowie.

* W wydaniu norymberskim z roku 1543 *List* poprzedzają dwa teksty obcej ręki. Pierwszy (k. I^v–II) to anonimowa przedmowa napisana przez Andrzeja Osjandra, kierującego w Norymberdze, pod nieobecność Retyka, drukiem *Obrotów*:

„Do czytelnika o teoriach zawartych w tym dziele

„Nie wątpię, że niektórzy uczeni, gdy już rozeszła się wieść o nowości wyłożonych w tym dziele teorii, które poruszają ziemię, a jako nieruchome w środku wszechświata stawiają słońce, bardzo tym byli oburzeni, uważając, że nie należy wprowadzać zamieszania w nauki wyzwolone, mające już od dawna silne podstawy. Ale jeżeli zechcą to sobie dokładnie rozważyć, przekonają się, że autor tego dzieła nie dopuścił się niczego takiego, co by zasługiwało na potępienie.

„Istotnym bowiem obowiązkiem astronoma jest przecież rekonstruować dzieje ruchów niebieskich na podstawie nieustannej i ścisłej obserwacji, a następnie wymyślić jakiekolwiek ich przyczyny albo hipotezy, jeśli prawdziwych przyczyn w żaden sposób osiągnąć się nie da, i tak powiązać je w całość, żeby na ich podstawie te same ruchy można było trafnie obliczać, według zasad geometrii, zarówno dla przyszłości, jak i dla przeszłości.

„A właśnie ten mistrz w wyborny sposób dał tutaj jedno i drugie. Nie potrzebują bowiem te hipotezy być prawdziwe, ani nawet zbliżone do prawdy, lecz wystarczy to jedno, że dają obliczenia zgadzające się z obserwacjami. Chyba że ktoś do tego stopnia jest nieukiem w dziedzinie geometrii i optyki, że epicykl planety Wenus będzie uważał za prawdopodobny albo przyczyny jego dopatrywał się w fakcie, że ta planeta raz wyprzedza słońce o czterdzieści stopni, i więcej, to znowu postępuje za nim. Któż bowiem nie widzi, że przy takim założeniu wynikałoby z konieczności, by średnica tej planety ukazywała się w perigeum przeszło czterokrotnie większa, a cała jej bryła więcej niż szesnaście razy większa niż w czasie apogeum? A temu przecież sprzeciwia się doświadczenie wszystkich czasów.

„Jest również wiele innych jeszcze nie mniejszych niedorzeczności w tej nauce, których nie ma tu potrzeby w tej chwili roztrząsać. Dosyć bowiem jasną jest rzeczą, że sztuka ta nie zna dogłębnie i jasno przyczyn obserwowanych ruchów nieregularnych. I jeżeli jakieś przyczyny wynajduje z pomocą wyobraźni, a wynajduje ich rzeczywiście jak najwięcej, to nie na to przecież wymyśla je, żeby kogokolwiek przekonać, iż tak jest rzeczywiście, lecz żeby obliczeniom dać właściwą podstawę. Skoro zaś co do jednego i tego samego ruchu różne się nieraz nastręczają hipotezy, jak np. przy ruchu Słońca mimośrodowość i epicykl, astronom tej się przede wszystkim chwyta, która do zrozumienia jest najłatwiejsza. Filozof będzie może szukał raczej prawdopodobieństwa, lecz ani jeden, ani drugi nie jest w stanie uchwycić czy podać niczego pewnego, chyba że mu to objawi boskie natchnienie.

„Pozwólmy zatem, by i te nowe teorie stały się znane na równi ze starymi, wcale nie bardziej bliskimi prawdy, zwłaszcza że są godne podziwu i łatwe, a przy tym przynoszą z sobą olbrzymie bogactwo najbardziej uczonych spostrzeżeń. A niech nikt co do założeń w astronomii nie oczekuje od niej niczego pewnego, skoro ona sama nic takiego dać z siebie nie może, by człowiek, biorąc za prawdę rzeczy wymyślone do innego użytku, nie wyszedł z tej nauki głupszy, niż do niej przystąpił. Bądź zdrów."

Na karcie II następuje list kardynała Mikołaja Schönberga (por. przyp. do s. 3,33):

„Mikołaj Schönberg, kardynał kapuański, Mikołajowi Kopernikowi pozdrowienie.

„Kiedy jednozgodne wypowiedzi wszystkich doniosły mi przed kilku laty o twojej dzielności, zacząłem wtedy nabierać żywszych dla ciebie uczuć, i nawet gratulować naszym ludziom, w których opinii tak wielką błyszczysz sławą. Dowiedziałem się mianowicie, że ty nie tylko jesteś wyjątkowym znawcą nauki dawnych matematyków, ale nadto sam ustanowiłeś nowy system wszechświata, w którym uczysz, że Ziemia się porusza, a Słońce zajmuje we wszechświecie najniższe i tym samym środkowe miejsce; że niebo jako ósma sfera pozostaje na stałe w miejscu w wiecznym bezruchu; że Księżyc razem z włączonymi do jego kręgu elementami, umieszczony między polem Marsa i Wenus, dokonuje rocznego obiegu dokoła Słońca; oraz żeś ty na temat całego tego systemu astronomicznego napisał dzieło i obliczone w cyfrach ruchy planet ułożyłeś w tablice, czym budzisz u wszystkich nadzwyczajny podziw.

„Dlatego to, mężu wielce uczony, jeżeli ci nie sprawiam kłopotu, proszę cię jak najusilniej, żebyś tym swoim wynalazkiem podzielił się z żądnymi wiedzy i przysłał mi jak najprędzej te owoce żmudnej swej pracy razem z tablicami i ze wszystkim, co byś jeszcze posiadał, a co by dotyczyło tego samego zagadnienia. Teodorykowi Redenowi powierzyłem tę sprawę, żeby tam na miejscu wszystko na mój koszt zostało przepisane i tutaj mi przysłane. Jeśli więc będziesz mógł pójść mi w tym na rękę, poznasz niebawem, że masz do czynienia z człowiekiem, który pragnie rozgłosu twego imienia i twojej tak wielkiej dzielności chce oddać to, co się jej należy. Bądź zdrów.

„W Rzymie, 1 listopada 1536 roku."

Str. 3,5. Miejsce to nie jest bez znaczenia dla odpowiedzi na często dyskutowane pytanie, jak Kopernik zatytułował swe genialne dzieło, a nawet mogłoby się zdawać, że je wręcz rozstrzyga na korzyść tytułu *De revolutionibus sphaerarum mundi*, tj. *O obrotach sfer wszechświata*. Nie brak wszakże dowodów na to, że taki wniosek byłby zbyt pochopny. Nie tutaj miejsce, żeby je przytaczać i szczegółowo rozbierać; rzecz wymagałaby osobnej rozprawy, która może niebawem ukaże się w druku. Uprzedzając jej wyniki wypadnie podać na razie, że wedle wszelkiego prawdopodobieństwa Kopernik zatytułował swe dzieło dwoma tylko wyrazami, *De revolutionibus*, może wzorując się pod tym względem na zaginionym dziele perypatetyka Sosigenesa (II w. n. e.). περὶ τῶν ἀνελιττουσῶν, o którym wspomina Proklos (V w. n. e.). Widocznie był zdania, że taki tytuł, mimo swej zwięzłości, dostatecznie będzie zrozumiały dla współczesnych mu astronomów, a zwłaszcza dla tych, co tak jak on zżyli się z antykiem.

Ale innego zdania byli ci, których staraniem doszło do skutku pierwsze wydanie dzieła Kopernika, toteż to wydanie nosi (jak wiadomo) tytuł *De revolutionibus orbium coelestium*, który zyskał sobie prawo obywatelstwa w literaturze. I istotnie, dla dzisiejszego zwłaszcza czytelnika, tytuł *De revolutionibus*, tj. *O obrotach*, zbyt jest lakoniczny na to, by był wystarczająco zrozumiały. Jakkolwiek zatem dodatek *orbium coelestium* jest nieautentyczny w tym znaczeniu, że nie pochodzi od samego autora (o czym dobrze wiedzieli najbliżsi jego znajomi i, skutkiem tego, skreślali te dwa wyrazy na swych egzemplarzach norymberskiego wydania), to przecież w wielu razach nie możemy się bez niego obejść, przede wszystkim zaś wtedy, gdy zależy nam na tym, by w którymś z nowożytnych języków jednoznacznie scharakteryzować treść nieśmiertelnego dzieła za pomocą jego tytułu.

Gdy tak postawimy sprawę, natenczas pytanie, od którego wyszliśmy, ograniczy się do dwu zagadnień bardziej szczegółowych i pozostających z sobą w najściślejszym związku: po pierwsze, czy tytuł wydania z 1543 r., mimo swej formalnej nieautentyczności, trafnie oddaje myśl Kopernika; po drugie, jak należy przetłumaczyć dwa ostatnie wyrazy owego tytułu. Najwnikliwszą, choć nie całkiem wyczerpującą, pracą na temat obu tych pytań jest dotychczas rozprawa E. Rosena (*Three Copernican Treatises*, New York 1939, s. 11–21), która na pierwsze z wyróżnionych pytań odpowiada twierdząco, ale pod warunkiem, że odrzucimy dość rozpowszechnione mniemanie, jakoby Kopernik wyraźnie się odgrodził od tych swoich poprzedników, którzy sobie wyobrażali, że wszechświat składa się z szeregu kul, czyli sfer, włożonych niejako jedna w drugą. Za przewodem L. A. Birkenmajera (Mikołaj Kopernik: *Wybór pism w przekładzie polskim*, Kraków 1920, s. 3, w przypisie) stwierdza mianowicie Rosen, że Kopernik używał słowa *orbis*, podobnie jak klasyczni pisarze łacińscy, dość swobodnie, a mianowicie zarówno w znaczeniu koła, jak i kuli; lecz równocześnie wykazuje w sposób przekonywający, że pierwsze z tych znaczeń zachodzi u Kopernika przede wszystkim tam, gdzie mowa o szczegółach systemu planetarnego, a drugie z reguły tam, gdzie bardziej ogólnie jest mowa o budowie wszechświata jako całości. Jeśli w świetle tego rozgraniczenia znaczeń bliżej się przyglądniemy takim ustępom w pismach Kopernika, gdzie on wyłożył naczelne zasady swej nowej nauki, to przyznamy słuszność Rosenowi, że kopernikański model wszechświata składa się również ze sfer, czyli kul, wchodzących jedna w drugą, choć te sfery (rzecz jasna) nie są u niego geocentryczne, jak u jego poprzedników, lecz heliocentryczne; a wątpliwość nastręczy się jedynie co do tego, czy pojmował on te sfery jako coś konkretnego, materialnego, na podobieństwo owych „sfer kryształowych", o których rozprawiano, zwłaszcza w wiekach średnich, czy też raczej jako coś pomyślanego, nierealnego, czym wolno wprawdzie posługiwać się w kinematyce ruchów niebieskich (a więc w teorii astronomicznej), ale co jeszcze nie przesądza o „rzeczywistej" strukturze świata. Na ten bowiem temat Kopernik nigdzie się nie wypowiada i w ogóle tej alternatywy nigdzie nie porusza – jak to stwierdził Ch. Frisch już przed stu prawie laty.

Na podstawie wszystkich tych ustaleń faktycznych możemy więc powiedzieć, że tradycyjny tytuł *De revolutionibus orbium coelestium* pozostaje w zgodzie z treścią dzieła i ze słownictwem jego autora tak długo, jak długo pamiętamy, co w ustach Kopernika znaczy słowo *orbis*. Gdy więc z kolei przejdziemy do drugiego z wyróżnionych pytań, tj. jak należy to słowo przetłumaczyć na język polski czy inny nowożytny, to mamy do wyboru dwie drogi: albo rozglądnąć się za takim wyrazem, który by oddawał ową chwiejność czy dwoistość znaczenia, o której była mowa w poprzednim ustępie, albo też ją rozstrzygnąć na korzyść słowa „sfera". Pierwszą z tych dróg obrał L. A. Birkenmajer w cytowanym już miejscu, proponując w polskim języku „użyć wyrazu krąg, któremu wolno będzie nadawać to albo tamto znaczenie". Ale to rozstrzygnięcie nie zadowoliło widać samego projektodawcy, skoro o parę stronic dalej (s. 16) oddał nagłówek *Listu dedykacyjnego* słowami: „Przedmowa do ksiąg o obrotach sfer niebieskich". Nie zauważył tego Rosen, toteż na s. 13 niezbyt słusznie krytykuje polskiego kopernikanistę za ów dwuznaczny „krąg"; zgodzimy się wszakże z Rosenem, gdy na s. 19 silnie przemawia za tytułem *Concerning the Revolutions of the Heavenly Spheres.*

Ogólny tedy wynik naszych wywodów da się streścić w trzech następujących tezach: W pełni autentyczny jest tylko tytuł *De revolutionibus*, czyli *O obrotach.* Tytuł wydania z 1543 r. nie pochodzi wprawdzie od Kopernika, ale pod względem rzeczowym jest uzasadniony. Polskim jego równoważnikiem jest tytuł *O obrotach sfer niebieskich* lub, jeśli kto woli, *O obrotach sfer wszechświata*, jak to czytamy w *Liście dedykacyjnym.* – W każdym zaś razie należy bezwarunkowo odrzucić tytuł *O obrotach ciał niebieskich*, jaki widnieje na karcie tytułowej wydania warszawskiego z 1854 r. i który (niestety) zadomowił się nie tylko w polskim piśmiennictwie, lecz również i w zagranicznym (por. przykłady u Rosena, s. 19, przypis 50).* W roku 1958 wydana została pośmiertnie rozprawa Ryszarda Gansińca, *Tytuł dzieła astronomicznego Mikołaja Kopernika* (Kwartalnik Historii Nauki i Techniki, 1958, r. 3, s. 195–222). Autor potwierdza w konkluzji pogląd o nieautentyczności przydawki *orbium coelestium.* Przyjmując za podstawę rekonstrukcji tytułu napisany własnoręcznie przez Kopernika kolofon V księgi (autograf *Obrotów*, k. 141v) oraz elementy pierwodruku norymberskiego, nagłówki rozdziałów i żywą paginę, Gansiniec stwierdza, że oryginalny tytuł dzieła Kopernika brzmiał *Revolutionum libri VI.*

Str. 3,20 Jeden z uczniów Pitagorasa, niejaki Hipparch (różny od astronoma tego imienia, a przez niektórych filologów raczej utożsamiany z pitagorejczykiem Hippasosem z Metapontu), miał podobno rozgłosić niektóre tajniki filozofii swego mistrza; na podstawie tego podania powstał apokryficzny utwór, na który właśnie powołuje się tu Kopernik. W tym „liście" Lizys, wierny przysiędze pitagorejczyków, gorzko wyrzuca Hipparchowi jego przeniewierstwo i wzywa go do poprawy. Grecki tekst tego apokryfu wyszedł drukiem w Wenecji w 1499 r., a w lipcu 1503 r. ukazało się tamże również jego łacińskie tłumaczenie, dokonane niegdyś przez kard. Bessariona (zm. w 1472 r.). Nie uszło ono uwagi Kopernika, ale przywiązywał on tak wielką wagę do owego rzekomego „pitagorejskiego" zabytku, że ponownie przełożył go na łacinę i ten swój przekład zamierzał pierwotnie przytoczyć na końcu I księgi *Obrotów*, jak o tym świadczy autograf tego dzieła (por. nasz przypis do s. 26,18). Ostatecznie jednak został ten ustęp w autografie skreślony i nie wszedł do pierwodruku z 1543 r.

Str. 3,33 Dominikanin Mikołaj Schönberg (1472–1537) zasiadł w 1520 r. na arcybiskupiej stolicy w Kapui, a w 1535 r. został kardynałem; odtąd powszechnie zwano go kardynałem kapuańskim, chociaż w 1536 r. zrzekł się arcybiskupstwa. Zanim zaś na nie postąpił, sprawował w 1518 r. poselstwo do Albrechta Hohenzollerna, ówczesnego wielkiego mistrza zakonu krzyżackiego, i przy tej sposobności odwiedził biskupa warmińskiego Fabiana Luzjańskiego. Nie jest wykluczone, że zetknął się wówczas również z Kopernikiem; o czym natomiast wiemy na pewno, to o tym, że na niedługi czas przed śmiercią, a mianowicie dnia 1 listopada 1536 r., wystosował uprzejmy list do wielkiego astronoma zachęcając go, by swoje dzieło wydał drukiem, a przynajmniej rękopiśmienną jego kopię kazał sporządzić i jak najprędzej przesłał do Rzymu (p. s. 328).

Str. 3,35. Gdańszczanin Tideman Giese (1480–1550), najserdeczniejszy przyjaciel Kopernika, kolegował z nim w kapitule warmińskiej przez trzydzieści parę lat, zanim na Wielkanoc 1538 r. nie postąpił na biskupstwo chełmińskie; w 1548 r. (a więc już po śmierci Kopernika) został biskupem warmińskim. On to był najgorętszym rzecznikiem wydania *Obrotów* drukiem i (obok Jerzego Joachima Retyka) najbardziej się zasłużył koło doprowadzenia tego wydania do skutku. W sprawach religijnych zajmował stanowisko pojednawcze między katolicyzmem a protestantyzmem, co go później (w kilkanaście lat po śmierci) naraziło ze strony kardynała Hozjusza na zarzut sprzyjania „heretykom".

Str. 3,39. Kopernik czyni tu aluzję do znanej rady Horacego (*De arte poetica*, w. 388–389), by napisanego utworu nie ogłaszać na gorąco, lecz „przez dziewięć lat" trzymać go w ukryciu i wciąż go poprawiać. Powiada wszakże, że dzieło *O obrotach* przeleżało w ukryciu nie przez 9 lat, lecz przez czas znacznie dłuższy, który w łacińskim tekście *Listu dedykacyjnego* określony jest słowami: *in quartum novennium.* Słowa te różnie rozumiano; najprawdopodobniej jednak należy je pojąć w ten sposób, że ów okres czasu „zachodził na czwarte dziewięciolecie", czyli zawierał się w granicach 27–36 lat. Są to granice zbyt obszerne na to, żeby nam dawały w rękę coś więcej niż tylko ogólną orientację co do „dziewięciolecia" (1507–1515), od jakiego Kopernik, w chwili gdy pisał *List dedykacyjny* (1542), liczył ów czasokres, kiedy jego dzieło „leżało w ukryciu". Jeśli ponadto uwzględnimy fakt, że także i tym ostatnim słowom można nadać rozmaite, tj. mniej lub więcej dosłowne znaczenia, to jedynym wnioskiem chronologicznym, na którym się tutaj wolno zatrzymać, będzie oczywiście ten, że pracę nad spisywaniem *Obrotów* rozpoczął wielki astronom nie wcześniej niż w 1507 r., a nie później niż w 1515 r. Warto podkreślić, że takie ujęcie sprawy da się całkiem dobrze pogodzić z wynikami, jakie L. A. Birkenmajer (I, s. 350–387) osiągnął na podstawie swych wnikliwych badań nad dziejami myśli Kopernika.

Str. 4,8. Tutaj (i wielokrotnie dalej) używa Kopernik słowa *mathematicus* w szerokim znaczeniu, ogarniając nim także i astronomów.

Str. 4,20. System astronomiczny, znany pod nazwą systemu sfer homocentrycznych (współśrodkowych), opracowali głównie dwaj astronomowie greccy Eudoksos z Knidos i Kallippos z Kyzikos (IV w. przed n.e.); jego wyznawcą był także Arystoteles i wyłożył go szkicowo w swych dziełach (*O niebie* i *Metafizyka*). W jego ślady wstąpili potem niemal wszyscy jego komentatorowie greccy, arabscy i łacińscy, skutkiem czego ten bardzo niedoskonały mechanizm ruchów planetarnych utrzymywał się w nauce i w nauczaniu uniwersyteckim aż do czasów Kopernika (a nawet i dłużej), mimo że stał w sprzeczności z tym, czego nauczali fachowi astronomowie.

Str. 4,23. Niedoskonałość systemu sfer homocentrycznych sprawiła, że co najpóźniej w II w. przed n. e. powstał w Grecji tzw. system ekscentryków (kół lub kul mimośrodowych) i epicyklów, o wiele dokładniej zdający sprawę ze zjawisk obserwowanych na niebie. Aż do Kopernika była to jedyna teoria astronomiczna, jaką opracowano szczegółowo, przy użyciu całego arsenału starożytnej i średniowiecznej wiedzy matematycznej. Wyszedł jej na korzyść zwłaszcza rozwój trygonometrii płaskiej i sferycznej, który umożliwił obliczenie odpowiednich tablic astronomicznych, a te ze swej strony dawały możność bądź przewidywania zjawisk na niebie, bądź kontrolowania teorii przy pomocy obserwacji. Szczytowym osiągnięciem systemu ekscentryków i epicyklów było w starożytności obszerne dzieło Klaudiusza Ptolemeusza (II w. n.e.) pt. *Wielka składnia* (Ἡ μεγάλη σύνταξις μαθηματική), szerzej znane pod arabską nazwą *Almagestu*. Toteż ten system nazywany jest również systemem Ptolemeusza, jakkolwiek ten wybitny astronom aleksandryjski nie był pierwszym jego twórcą.

Str. 4,26. Główna sprzeczność, jaką Kopernik ma tu na myśli, polega na tym, że Ptolemeusz, choć doskonale wiedział o tym, co to jest ruch jednostajny po kole, a nawet podał wyraźną jego definicję (*Almagest*, ks. III, rozdz. 3), to przecież w praktyce nie zawsze się do niej stosował, a – wręcz przeciwnie – kazał planetom i epicyklom wykonywać ruchy koliste, które tylko na pozór są jednostajne. Bliższe szczegóły podaje np. A. Birkenmajer w broszurze pt. *Jak tworzył Kopernik*, Warszawa 1936, s. 85.

Str. 4,28. Od podobnego porównania rozpoczyna Horacy swój *List do Pizonów* (*De arte poetica*, w. 1–5).

Str. 4,48. Cicero, *Academica priora*, ks. II, § 123: *Hicetas Syracosius, ut ait Theophrastus, ... supera... omnia stare censet neque praeter terram rem ullam in mundo moveri, quae cum circum axem se summa celeritate convertat et torqueat, eadem effici omnia, quae si stante terra caelum moveretur.* Taki tekst mają wszystkie nowsze wydania, natomiast w niektórych starszych nazwisko tego pitagorejczyka (współczesnego Sokratesowi?) brzmi Nicetas, tak jak u Kopernika.

Str. 5,2. Plutarchus, *De placitis philosophorum*, ks. III, rozdz. 13.

Str. 5,4. Filolaos z Krotony, jeden z ostatnich uczniów Pitagorasa, żył pod koniec V w. przed n. e. i nauczał, że środek świata zajmuje ogień centralny, naokoło którego krąży całe niebo wraz z gwiazdami stałymi, a także planety, Słońce, Księżyc i Ziemia.

Str. 5,5. Heraklejdes z Pontu (współczesny Arystotelesowi) wznowił naukę Hiketasa i Ekfantosa o dziennym obrocie Ziemi, a Wenerze i Merkuremu kazał krążyć wokoło Słońca.

Str. 5,6. Pitagorejczyk Ekfantos, zgodnie z Hiketasem, objaśniał zjawisko wschodu i zachodu gwiazd obrotowym ruchem Ziemi.

Str. 5,45. Caelius Firmianus Lactantius, pisarz kościelny z przełomu III i IV w. n. e., odznaczał się wytwornym stylem łacińskim i bywał przez humanistów nazywany chrześcijańskim Cyceronem. Ustęp, który Kopernik ma tu na myśli, znajduje się w głównym dziele Laktancjusza pt. *Divinarum institutionum libri*, a mianowicie w księdze III, rozdz. 24.

Str. 6,3. Obrady V soboru laterańskiego, rozpoczęte za Juliusza II w maju 1512 r., zakończyły się za pontyfikatu Leona X w marcu 1517 r.

Str. 6,8. Wszechstronnie wykształcony (choć nie wolny od przesądów astrologicznych) uczony flamandzki Paweł z Middelburga został biskupem w Fossombrone (Włochy środkowe) w 1494 r.; zmarł w 1534 r. Podczas V soboru laterańskiego stał na czele komisji, która miała zreformować kalendarz kościelny. Za jego sprawą poszły w świat wezwania do przedstawicieli hierarchii kościelnej, do uniwersytetów i oddzielnych uczonych, by wyrazili swoje zdanie w tej materii. Wśród licznych odpowiedzi była także i odpowiedź Kopernika, dzisiaj niestety w szczegółach nie znana. Wiemy tylko, że bp Paweł otrzymał ją co najpóźniej z początkiem czerwca 1516 r.; por. L. A. Birkenmajer, *Stromata Copernicana*, Kraków 1924, s. 225–231, a zwłaszcza s. 378–382.

Księga pierwsza

Str. 7,3. Przedmowa do I księgi, przekazana nam przez autograf Kopernika, została opuszczona w wydaniu z 1543 r., które tę księgę rozpoczyna dopiero od pierwszego rozdziału; tak samo ma się sprawa w wydaniu bazylejskim z 1566 r. i w wydaniu amsterdamskim z 1617 r. Ta więc przedmowa pozostała nieznana szerszemu ogółowi aż do połowy XIX w., kiedy po raz pierwszy ogłosiło ją drukiem wydanie warszawskie z 1854 r.

Str. 7,11. Etymologię łacińskich nazw *mundus* i *caelum* przejął Kopernik z Pliniusza, który w *Historia naturalis* (ks. II, rozdz. 4) pisze, co następuje: *Namque et Graeci nomine ornamenti appellavere eum et nos a perfecta absolutaque elegantia mundum. Caelum quidem haud dubie caelati argumento diximus, ut interpretatur M. Varro.*

Str. 7,13. Zwyczaj utożsamiania „nieba" z „bogiem" (choćby w znaczeniu przenośnym) był istotnie szeroko rozpowszechniony u starożytnych pisarzy; szereg na to przykładów podaje np. monachijskie wydanie *De revolutionibus* (1949), na s. 435. Z nich warto przytoczyć przede wszystkim następujący urywek z Makrobiusza (*In somnium Scipionis*, ks. I, rozdz. 14, § 2): ...*propter illos, qui aestimant nihil esse aliud deum, nisi caelum ipsum et caelestia ista, quae cernimus.*

Str. 7,15. Słowo „astrologia" jest tu oczywiście użyte w swym pierwotnym znaczeniu (jako synonim astronomii), a nie w znaczeniu astrologii wieszczbiarskiej, jak to jest dzisiaj w powszechnym użyciu.

Str. 7,28. *Psalm XCI*, w. 5: *Quia delectasti me, Domine, in factura tua et in operibus tuis.*

Str. 7,33. Plato, *De legibus*, ks. VII, 809 CD. Kopernik parafrazuje tu tłumaczenie Marsiliusa Ficina, które opiewa, jak następuje: *Item ea, quae utilia sunt ex divinis in circuitionibus astrorum et Solis et Lunae, quae circa haec necessarium est disponere totam civitatem. De quibus vero dicimus? De ordine dierum in mensem mensiumque in annum, utque ita tempora, sollennitates, sacrificia (ut decet disposita) naturali quodam ductu vivam civitatem vigilantemque reddant et diis honorem tribuant et homines ad haec prudentiores efficiant.*

Str. 7,36. Plato, *De legibus*, ks. VII, 818 D (bezpośrednio po zdaniu, które przytaczamy w następnym przypisie); por. przekład Ficina: *Quae si quis necessaria neget homini pulcherrimarum doctrinarum quamlibet percepturo, stultissime cogitabit.*

Str. 7,39. Plato, *De legibus*, ks. VII, 818 BC; por. przekład Ficina: *Quaenam igitur ... non humanae, sed divinae doctrinarum necessitates sunt? Illas arbitror, quas qui non discit..., nunquam hominibus deus fit nec daemon nec heros...; longe etiam aberit, ut homo divinus fiat, si nec... numerare novit, nec dies et noctes dinumerare, nec Solis et Lunae caeterorumque astrorum circulationes accepit.*

Str. 8,5. Ściśle biorąc, Ptolemeusz nie pochodził „z Aleksandrii", gdyż urodził się w mieście Ptolemais (ok. 100 r. n. e.); większą część życia spędził jednak w Aleksandrii i tutaj też napisał swe główne dzieło astronomiczne (ok. połowy II w.). Obserwacje astronomiczne, które w nim przytacza (poza swoimi własnymi), sięgają wstecz do czasów Timocharisa (astronom aleksandryjski z II w. przed n. e.), a wyjątkowo nawet i dalej, bo najstarsza z nich pochodzi z 721 r. przed n. e.

Str. 8,12. Plutarchus, *Quaestiones Romanae*, § 24. W łacińskim przekładzie Wilhelma Xylandra (1570) miejsce to opiewa, jak następuje: ... *quando hodieque, caelestium motuum observatione artificiosa interim tanto aucta incremento, tamen inaequalitas motionum peritiam mathematicorum vincit ratiocinationemque subterfugit.*

Str. 8,25. Jak dowodzi ten rozdział (a także np. rozdz. 10 tejże I księgi), Kopernik podzielał w zasadzie powszechny i odwieczny pogląd swych poprzedników, że wszechświat posiada kształt ogromnej kuli, a więc jest ograniczony co do swej przestrzennej wielkości, jakkolwiek w jednym z następnych rozdziałów (ks. I, rozdz. 8) zajmuje w tym ostatnim względzie mniej zdecydowane stanowisko, kiedy powiada, że dociekania, czy świat jest „skończony" czy też nie, należy pozostawić „filozofom przyrody". Tę niekonsekwencję najłatwiej chyba objaśnić tą okolicznością, że uwaga Kopernika skupiła się przede wszystkim na kinematyce tego, co dziś nazywamy układem słonecznym, co się zaś tyczy ciał niebieskich, istniejących poza tym układem, czyli tzw. gwiazd stałych, to te w systemie Kopernika są przecież nieruchome, a zatem dla głównego tematu dzieła *O obrotach* nie było rzeczą istotną pytanie, co sądzić o rozmieszczeniu tych gwiazd w przestworzach niebieskich. Wystarczyło stwierdzić, że wszystkie one są od Ziemi tak ogromnie odległe, iż – praktycznie rzecz biorąc – rozmiary Ziemi i jej orbity są w stosunku do tej (czy też: do tych) odległości „nieskończenie małe" (por. s. 13, 40 i n.).

Takie wszakże postawienie sprawy nie tłumaczy jeszcze, dlaczego Kopernik na czoło swego dzieła wysunął rozdział o kulistym kształcie wszechświata. Otóż wydaje się niewątpliwe, że wśród innych przyczyn (w które tu nie będziemy wchodzić) skłonił go do tego przykład Ptolemeusza, którego dzieło (po wywodach wstępnych) rozpoczyna się również od podobnego rozdziału (*Almagest*, ks. I, rozdz. 3). Ponieważ zaś w tym miejscu mamy po raz pierwszy sposobność, by nieco szczegółowiej naświetlić ważne pytanie, przez pośrednictwo jakich tekstów, jakich wydań i w jakich epokach swego życia zapoznał się Kopernik z tą najbogatszą skarbnicą starożytnej wiedzy astronomicznej, jaką jest *Almagest*, przeto – zanim pod koniec niniejszego przypisu powrócimy do jego punktu wyjściowego – poświęcimy trochę uwagi temu właśnie pytaniu.

Pierwsze i aż do XIX w. jedyne wydanie greckiego tekstu *Almagestu* wyszło drukiem w Bazylei w 1538 r., tj. dopiero wówczas, kiedy *Revolutiones* już od dawna były gotowe, w głównym przynajmniej zrębie. Jest więc rzeczą zrozumiałą, że to wydanie nie wywarło na myśl Kopernika prawie żadnego wpływu, jakkolwiek znalazło się w jego ręku już w 1539 r. (por. L. A. Birkenmajer, I, s. 344). Innymi słowy, prawie przez całe życie był Kopernik skazany na wyłączne posługiwanie się *Almagestem* łacińskim.

Przez długie jednak lata nie miał on nawet dostępu do pełnego tekstu *Almagestu* w tej właśnie szacie językowej, bo choć od XII w. istniały przekłady tego dzieła na język łaciński, to krążyły one tylko w kopiach rękopiśmiennych. Taki stan trwał aż do 1515 r., w którym *Almagest* po raz pierwszy ukazał się drukiem. Było to tłumaczenie wykonane przez Gerharda z Kremony jeszcze około 1175 r., i to wykonane nie wprost z języka greckiego, lecz z wcześniejszego przekładu arabskiego, skutkiem czego nie odzwierciedlało oryginału z całą wiernością, a wręcz przeciwnie roiło się od przekręceń, zwłaszcza co do imion własnych. Mimo to stanowiło ono dla Kopernika jedno z najważniejszych źródeł informacyjnych o osiągnięciach greckiej astronomii, szczególnie zaś o obserwacjach wykonanych bądź przez samego Ptolemeusza, bądź przez jego poprzedników. W Bibliotece Uniwersyteckiej w Uppsali zachował się aż do naszych czasów egzemplarz owego wydania (Syg. Obr. W. 19), stanowiący niegdyś własność Kopernika i zawierający przeszło 150 własnoręcznych jego poprawek do skażonego tekstu Gerharda; składają się one na niezmiernie wymowne świadectwo benedyktyńskiej pracy, jaką wielki astronom podjął w tym celu, ażeby przy pomocy wszelkich dostępnych mu środków przeniknąć do autentycznej treści *Almagestu*, a zarazem w znacznym zakresie pozwalają nam ustalić, z jakich dzieł starożytnych i średniowiecznych czerpał on te środk (por. L. A. Birkenmajer, I, s. 242–292; co do Pliniusza, należy uwzględnić *Stromata Copernicana*, Kraków 19i24, s. 327–335).

Były to przede wszystkim dzieła pisarzy antycznych, takie jak *Geografia* samego Ptolemeusza (łacińskie wydanie z 1486 r.), Theona aleksandryjskiego *Komentarz do Aratosa* (greckie wydanie z 1499 r.), Pliniusza *Historia naturalis* (wydanie rzymskie z 1473 r. i wydanie weneckie z 1487 r.), pisemko Censorina *De die natali* (wydanie bolońskie z 1497 r.), Marcjana Kapelli *De nuptiis Philologiae et Mercurii* itp., ale prócz tego co najmniej jedno dzieło średniowieczne, które także i pod innymi względami wywarło bardzo doniosły wpływ na dzieje myśli Kopernika. Chodzi tu o obszerny i różnymi dodatkami pomnożony wyciąg z *Almagestu*, dokonany w trzeciej ćwierci XV w. przez Jerzego Peuerbacha i Jana Regiomontana, a wydany drukiem w Wenecji w 1496 r. pt. *Epytoma Joannis de Monte Regio in «Almagestum» Ptolomei* (Io. Hamann de Landoia; MC 13806). Można uważać za rzecz całkowicie pewną, że Kopernik nabył ten foliant na własność już w czasie swych studiów bolońskich (tj. przed 1500 r.) i że nie rozstawał się z nim aż do końca życia (por. L. A. Birkenmajer, I, s. 3–25); niestety ten egzemplarz zaginął na przełomie XVI i XVII w. i dotychczas go nie odnaleziono. Co nas jednak w tej chwili najbardziej interesuje, to to, że Kopernik aż do 1515 r. (a może nawet nieco dłużej) znał treść i tekst *Almagestu* tylko przez pośrednictwo tego wyciągu, a dalej to, że liczne cytaty z Ptolemeusza, jakie znajdujemy w *Obrotach*, pochodzą bądź z *Epitomatu* Peuerbacha i Regiomontana (wydanie z 1496 r.), bądź z *Almagestu* w przekładzie Gerharda z Kremony (wydanie z 1515 r.). Tekst grecki został ogłoszony przez J. L. Heiberga w obrębie dzieł zbiorowych Ptolemeusza, a mianowicie w dwu pierwszych tomach tej jeszcze nie ukończonej edycji. Wyszły one w Lipsku w latach 1898–1903 i wydawniczo są oznaczone jako vol. I pars I i vol. I pars II; ale my, dla wygody, będziemy je oznaczali liczbami I i II. Niekiedy potrzebne będzie uzupełnienie odsyłacza wskazaniem odpowiedniej karty łacińskiego wydania weneckiego (oznaczonego jako „wyd. 1515 r."), zwłaszcza ze względu na różnice między przekładem Gerharda z Kremony i jego greckim pierwowzorem.

Właśnie taka różnica ma istotne znaczenie dla kwestii poruszonej na początku niniejszego przypisu.

Grecki bowiem tekst *Almagestu* nie jest jeszcze sam przez się przekonywającym dowodem na wyrażone przez nas twierdzenie, że przykład Ptolemeusza był dla Kopernika jednym z powodów, dla których *Revolutiones* rozpoczynają się od rozdziału o kulistości wszechświata. Rozdział mianowicie, od którego (po dwu wstępnych rozdziałach) rozpoczyna się *Almagest*, nosi w wydaniu Heiberga nagłówek: „Ὅτι σφαιροειδῶς ὁ οὐρανὸς φέρεται", tzn. „O tym, że niebo obraca się jak kula" i w zgodzie z tym nagłówkiem Ptolemeusz skupia swą uwagę nie tyle na „kształcie nieba", ile na jego „obrocie". Ale nieco inaczej ma się sprawa w tłumaczeniu Gerharda z Kremony i w *Epitomacie*, gdyż tu i tam oba te zagadnienia są wyraźnie od siebie oddzielone, a kulisty kształt „nieba" jest wysunięty na plan pierwszy (por. cytaty u L. A. Birkenmajera, I, s. 7). Nie bez wymowy jest przy tym ten szczegół, że *Epitomat* prawie bezpośrednio po nagłówku: *Celi figuram esse sphericam et motum eius circularem* zamieszcza zdanie: *Celo igitur, cuncta reliqua comprehensuro, (natura) figuram impressit sphericam, omnium capacissimam*, które Kopernik prawie dosłownie powtarza w niniejszym rozdziale.

Zależność Kopernika od *Almagestu* (a w szczególności od *Epitomatu*) jest tu więc niewątpliwa; z *Almagestu* również przejął on dalszy argument, mianowicie ten, który się powołuje na kulisty kształt oddzielnych ciał niebieskich (por. wydanie Heiberga, I, s. 14, w. 9–15, wyd. 1515 r., k. 3). Reszta natomiast argumentów pochodzi skądinąd: przekonanie o „doskonałości" kulistego kształtu przewija się u greckich pisarzy co najmniej od czasów Pitagorasa i Platona, a wyrażenie *nulla indigua compagine* jest prawie na pewno pogłosem lektury Pliniusza, od którego Kopernik mógł zapożyczyć także i inne „dowody" na kulistość wszechświata (por. cytaty u Zellerów, s. 437).

Str. 8,37. Także i tutaj wzoruje się autor poniekąd na Ptolemeuszu, z tą wszakże różnicą, że ten ostatni poświęca jeden tylko rozdział (*Almagest*, ks. I, rozdz. 4) tym tematom, jakie Kopernik znacznie szerzej omawia w dwu kolejnych rozdziałach (*Obroty*, ks. I, rozdz. 2–3; ten drugi rozdział całkowicie jednak odbiega od *Almagestu*). Dalsza różnica polega na tym, że mniej więcej połowa ptolemeuszowego rozdziału sprowadza do absurdu inne wyobrażenia o kształcie Ziemi, co Kopernik załatwia pobieżną całkiem wzmianką o tego rodzaju przestarzałych wyobrażeniach (por. zakończenie rozdziału 3). Analogia między oboma dziełami jest tu zatem tylko cząstkowa: do porównania z *Revolutiones* nadają się jedynie te ustępy *Almagestu*, które w wydaniu Heiberga czytamy na s. 14, w. 19 – s. 15, w. 15 oraz na s. 16, w. 7–18 (wyd. 1515 r., k. 3v). Oba te ustępy istotnie zużytkowuje Kopernik (w swym rozdz. 2), choć w nieco odmiennym porządku (por. następne przypisy).

Str. 8,42. Ten sam argument znajdujemy u Ptolemeusza (Heiberg, I, s. 16, w. 7–13), ale Kopernik szerzej go rozwija, konkretnie go ilustrując na przykładzie, który zaczerpnął z Pliniusza (por. przypis następny).

Str. 9,2. Kanopus (α Argus) – jasna gwiazda w południowej konstelacji Okrętu Argonautów. Jak już wspomniano, Kopernik obrał ten przykład pod wpływem Pliniusza (*Historia naturalis*, ks. II, rozdz. 70, § 178), u którego widzialność owej gwiazdy w Egipcie dość wyraźnie i prawie tymi samymi słowami, co w *Revolutiones*, jest przeciwstawiona jej niewidzialności w Italii. Natomiast zarówno Ptolemeusz w swej *Geografii* (ks. I, rozdz. 7, § 8), jak Manilius w swym poemacie astronomicznym (*Astronomica*, ks. I, w. 215–217) ogólniej tylko mówi o tym, że Kanopus jest widzialna w Egipcie, ale nie po drugiej stronie Morza Śródziemnego, co w dosłownym brzmieniu nie jest całkiem ścisłe, gdyż za ich czasów była ona widzialna aż do szerokości geogr. 37°26′, a więc także przy południowych wybrzeżach Peloponezu i Sycylii. Miał więc słuszność Pliniusz (*l.c.*) kiedy pisał, że na wyspie Rhodos można ową jasną gwiazdę dostrzec tuż nad widnokręgiem. W V w. n.e. powtórzył to Proklos na samym końcu swojej rozprawki *De sphaera*.

Str. 9,3. Chodzi tu o gwiazdę pierwszej wielkości, którą Kopernik w swym katalogu gwiazd (*Revol.* ks. II, rozdz. 14) oznacza nazwą *In extremo Fluminis fulgens*, przydzielając jej długość uranograficzną 353°30′ (liczoną od γ Arietis), a południową szerokość 53°30′; w wiekach średnich nazywano ją Achernar, dzisiaj się ją oznacza symbolem α Eridani. Ale twierdzenie, że jest ona widzialna „w Italii", nie jest prawdziwe (por. L. A. Birkenmajer, I, s. 341). * Wynikło ono z rozpowszechnionej w astronomii średniowiecznej błędnej identyfikacji α Eridani z inną, położoną bardziej na północ gwiazdą tegoż gwiazdozbioru, ϑ Eridani.

Str. 9,10. Ten sam argument podaje Ptolemeusz (Heiberg, I, s. 15, w. 3–15), ale krótkie jego sformułowanie przejął Kopernik prawie dosłownie z Pliniusza (*Historia nat.*, ks. II, rozdz. 70, § 180): *Ideo defectus Solis ac Lunae vespertinos orientis incolae non sentiunt nec matutinos ad occasum habitantes; meridianos vero serius nobis illi.*

Str. 9,13. Por. słowa Pliniusza (*Historia nat.*, ks. II, rozdz. 65, § 165): *Ergo totas... aquas vergere in centrum ..., quoniam in interiora nitantur.*

Str. 9,14. Nie pomija tego argumentu Ptolemeusz, choć go formułuje odmiennie (Heiberg, I, 16, w. 13–18). Kopernik znów poszedł prawie dosłownie za Pliniuszem (*Historia nat.*, ks. II, rozdz. 65, § 164): *Eadem est causa, propter quam e navibus terra non cernatur, e navium malis conspicua. Ac procul recedente navigio si quid, quod fulgeat, religetur in mali cacumine, paulatim descendere videatur et postremo occultetur.*

Str. 9,23. W nagłówku tego rozdziału (dla którego nie znajdujemy paraleli w *Almageście*) słowo „ziemia" nie oznacza kuli ziemskiej, lecz jeden z tzw. czterech „elementów" (żywiołów), o których rozprawiała cała starożytna i średniowieczna „filozofia przyrody"; były nimi, jak wiadomo, dwa pierwiastki „ciężkie", ziemia i woda, i dwa pierwiastki „lekkie", powietrze i ogień. To należy mieć na uwadze przy lekturze niniejszego rozdziału, a zwłaszcza przy czytaniu polemiki Kopernika z „perypatetykami".

Str. 9,32. To twierdzenie ma pochodzić od Aleksandra z Afrodisias, który żył około 200 r. n.e. i napisał szereg komentarzy do dzieł Arystotelesa. Być jednak może, że Kopernik natknął się na ów dziwny pogląd u któregoś ze scholastyków średniowiecznych.

Str. 9,39. Treściwe rozumowanie Kopernika można sparafrazować w następujący sposób. Przyjmijmy na chwilę, że w obrębie całej kuli ziemskiej element „ziemia" zajmuje 7 razy mniej miejsca niż element „woda"; inaczej mówiąc załóżmy, że „ziemia" stanowi na objętość ósmą część całego globu ziemskiego. Załóżmy dalej (w zgodzie z twierdzeniem „perypatetyków"), że cała ta masa „ziemi" skupiona jest wokoło swego środka ciężkości, a więc stanowi kulę „pływającą" w elemencie „woda". Skoro tedy średnice kul stoją do siebie w takim stosunku liczbowym jak trzecie pierwiastki z objętości tych kul, przeto średnica kuli, o której ostatnio była mowa, będzie wynosić tyle, co połowa średnicy całego globu ziemskiego, czyli dokładnie tyle, co promień tego globu. Z przyjętych założeń wynika zatem następująca alternatywa: albo kula elementu „ziemia" tylko w jednym punkcie styka się z powierzchnią Ziemi (przez duże Z), albo też kula ta, „wystając" nieco ponad oblewające ją wody, drugim końcem swej średnicy nie dosięga środka Ziemi. Pierwsza część tej alternatywy nie dozwala, by (jak się wyraża Kopernik) „jakaś część Ziemi pozostała sucha“, a druga część prowadzi do wniosku, że środek Ziemi zajmuje woda. Tak jedno jak drugie nie jest możliwe do przyjęcia, a tym większym absurdem jest twierdzenie „perypatetyków“, że w obrębie całej kuli ziemskiej element „ziemia“ zajmuje nie 7, lecz 10 razy mniej miejsca niż element „woda“.

Str. 9,46. W rozumowaniu Kopernika należy domyślić się wniosku, że skoro lądowa część powierzchni Ziemi nie stanowi jednej zwartej całości, przeciwstawiającej się drugiej (tj. przeciwległej) części, pokrytej wodami oceanu, to nie ma powodu do mniemania, że środek ciężkości Ziemi odchyla się od jej geometrycznego środka w kierunku owej części lądowej.

Str. 10,11. Wielkie geograficzne dzieło Ptolemeusza, które Kopernik cytuje tu pod tytułem *Cosmographia*, było mu dostępne we wspaniałym wydaniu łacińskim, które wyszło w Ulm w 1486 r. (L. A. Birkenmajer, I, s. 337–340).

Str. 10,11. Słowami „do połowy jej obwodu“ (w łacińskim tekście *ad medium usque circulum*) wyraża Kopernik ten fakt, że opis „ziemi zamieszkałej“ (οἰκουμένη) nie sięga u Ptolemeusza dalej jak do południka położonego o 180° na wschód od południka Wysp Kanaryjskich, który dla uczonego aleksandryjskiego stanowił południk zerowy przy rachubie długości geograficznej. Wspominając mianowicie o krainie, którą zowie *Serike*, tj. „krainą jedwabiu“, powiada Ptolemeusz (*Geographia*, ks. VI, rozdz. 16), że ta kraina „sąsiaduje na wschodzie z krajem nieznanym... wzdłuż południka, posiadającego 180° długości geograficznej“. Zresztą już w I księdze tegoż dzieła zapowiada Ptolemeusz parokrotnie (rozdz. 24, § 2, 8, 17), że – co do długości geograficznej – jego mapa „ziemi zamieszkałej“ obejmuje 180°.

Str. 10,12. W polskim tłumaczeniu użyto tu współczesnej nam nazwy „Chiny“ na oznaczenie tej krainy, którą Kopernik nazywa *Cathagya*. Ta ostatnia nazwa wywodzi się etymologicznie od słowa Kithan (plur. Kithat), jaka występuje u geografów arabskich na oznaczenie ludu mongolsko-tunguskiego zwanego też Kidanami, który na początku X w. n.e. zdobył przewagę w Chinach północnych; stąd też (jak wiadomo) Chiny w języku rosyjskim do dziś dnia nazywają się Kitaj. Wiadomo również, że pierwszym podróżnikiem europejskim, który w wiekach średnich zwiedził Chiny i szczegółowo je opisał, był sławny wenecjanin Marco Polo (1254–1324), którego dzieło wyszło drukiem już w XV w. Jest więc prawdopodobne, że jego to właśnie ma Kopernik na myśli, kiedy idąc w porządku chronologicznym wymienia między Ptolemeuszem a współczesnymi sobie żeglarzami owych „nowszych“, którzy odkryli Chiny, tym więcej że w dziele weneckiego podróżnika i na czternastowiecznych mapach geograficznych, które się na nim opierają, Chiny istotnie nazywają się Catai lub Catayo.

Str. 10,17. Miejsce to dowodzi, że Kopernik za właściwego odkrywcę Ameryki uważał nie Krzysztofa Kolumba, lecz florenckiego żeglarza Ameriga Vespucciego (1454–1512), który odbył dwie podróże odkrywcze w poprzek Oceanu Atlantyckiego; pierwsza trwała od maja 1499 r. do czerwca 1500 r., druga od maja 1501 r. do lipca 1502 r. Są to lata, które Kopernik prawie całkowicie spędził w ojczyźnie Kolumba i Vespucciego, a więc niepodobna przypuścić, żeby dokładnie nie wiedział o tym, czego dokonał jeden, a czego drugi. Jeśli zatem przemilcza nazwisko Kolumba, to niewątpliwie dlatego, że wielki odkrywca sam był przekonany o tym, iż odkryte przez niego wyspy nie należą do nowego kontynentu, lecz do Azji, ściślej mówiąc do tych samych Indii Nadgangesowych, które znali już starożytni; a dalej dlatego, że dopiero Vespucci podważył to mniemanie, opływając znaczny odcinek wschodnich wybrzeży Ameryki Południowej. Objaśnimy więc słowa Kopernika tymi samymi słowami, jakie do Kolumba stosuje jeden z ostatnich jego biografów, A. Magnaghi (1931): *Nessun torto gli fecero i contemporanei nell' accogliere la proposta, fatta nel 1507 da cosmografo tedesco Martino Waldseemüller, di denominare la grande terra meridionale... col nome di America; la sorte fu, se mai, ingiusta solo nell'aver permesso che il nome a poco si fosse esteso a tutto il continente: è una granda ingiustizia credere che il Vespucci sia stato un usurpatore della gloria di Colombo.*

Str. 10,19. Zagadnienie, czy przeciwległa półkula jest zamieszkała (przez tzw. „antypodów“ czyli „antychtonów“), było – jak wiadomo – przedmiotem naukowych sporów już w starożytności, a potem w średniowieczu.

Str. 10,29. Z tymi naiwnymi wyobrażeniami wczesnogreckich myślicieli o kształcie Ziemi zapoznał się Kopernik przede wszystkim z Plutarcha *De placitis philosophorum*, ks. III, rozdz. 9–10; por. następujące wyjątki z w.w. tłumaczenia Xylandra (1570): *Xenophanes (statuit) ex inferiori parte radices eam* (sc. *terram*) *egisse in infinitam profunditatem, compactam autem esse ex aere et igne... Thales... globi forma, Anaximander planae columnae lapideae, Anaximenes mensae, Leucippus tympani, Democritus disci in superficie, in medio cavam.* Tę litanię nazwisk uzupełnił jednak poglądami Empedoklesa i Heraklita, które znalazł w jakimś innym źródle.

Str. 10,35. Przekonanie o tym, że na niebie są „dopuszczalne“ jedynie ruchy koliste, i to jednostajne (tj. odbywające się ze stałą prędkością), czyli o tym, że wszelkie obserwowane przez nas biegi ciał niebieskich muszą się dać sprowadzić do stosownej kombinacji takich właśnie ruchów, stanowiło jeden z niewzruszonych pewników całej astronomii od głębokiej starożytności aż do czasów Kopernika, a nawet i później. Toteż zbędne wydaje się tutaj przytaczanie równoległych ustępów z pisarzy antycznych czy średniowiecznych (gdzie niejednokrotnie można spotkać i tę także myśl – powtórzoną tu przez Kopernika – że koło i kula nie posiadają ani „początku“, ani „końca“). Wyjątek uczynimy dla Ptolemeusza, który tej sprawie (jako dla niego wręcz „oczywistej“) poświęca jedno zaledwie zdanie (*Almagest*, ks. III, rozdz. 3; Heiberg, I, s. 216, w. 6–16, wyd. 1515 r, k. 29, podając przy tej sposobności zupełnie poprawną definicję ruchu jednostajnego po kole. Szerzej się nad tymże „pewnikiem“ rozwodzi i „boską naturą“ ciał niebieskich go uzasadnia Proklos we wstępie do swego *Wykładu o założeniach astronomii* (Ὑποτυπωσις τῶν ἀστρονομικῶν ὑποθέσεων), rozdz. I, § 7–9 (wyd. K. Manitiusa, Leipzig 1909, s. 4–6). Parę innych paralel, zaczerpniętych z takich pisarzy starożytnych, którzy nie byli „fachowymi“ astronomami, przytaczają Zellerowie na s. 438. Dodajmy na koniec, że dla „pewnika“, o którym tu mówimy, ukuł P. Duhem (*Le système du monde*, I, Paris 1913, s. 487) poręczną nazwę: „aksjomat Platona“, z tego mianowicie powodu, że właśnie u tego filozofa bodaj po raz pierwszy czytamy dobitne jego sformułowanie.

Str. 11,25. Słowem „jednolity“ oddano tu łacińskie *simplex*, które czytamy u Kopernika, a które wyrazić ma to, że ciała niebieskie (w przeciwstawieniu do rzeczy ziemskich) posiadają „naturę“ niezłożoną, wolną od wszelkich przeciwieństw. Był to znowu jeden z „pewników“ antycznej i średniowiecznej „filozofii przyrody“; na nim właśnie (m. in.) opierała się wiara w „boskość“ ciał niebieskich, w ich niezniszczalność, w to wreszcie, że nie podlegają one żadnym zmianom oprócz przemieszczeń w przestrzeni, które jednak muszą się odbywać w „najdoskonalszy“ sposób, jaki jest do pomyślenia (por. przypis poprzedni). Od obu tych metafizycznych i apriorystycznych założeń nie zdołał się Kopernik nigdy wyzwolić; co więcej, liczne jego wypowiedzi dowodzą, że wyższość swego systemu nad systemem Ptolemeusza w tym właśnie upatrywał, iż zdołał osiągnąć całkowitą (a nie tylko pozorną i przybliżoną) zgodność z „aksjomatem Platona“.

Str. 11,34. Słowo „przypadkowo (wydają się)“ – w łacińskim tekście *accidat (videri)* – dodaje tu Kopernik po to, ażeby tym silniej zaznaczyć różnicę między rzeczywistym ruchem jednostajnym, jaki przysługuje ciałom niebieskim z racji ich doskonałej natury, a pozornym ruchem niejednostajnym, który jest zjawiskiem „przypadkowym“ (por. greckie κατὰ συμβεβηκός i scholastyczne *per accidens*). Prawdopodobnie zaś wzorował się pod tym względem na Ptolemeuszu, który ową różnicę jeszcze wyraźniej podkreśla w powołanym już miejscu (*Almagest*, ks. III, rozdz. 3): αἱ τῶν πλανωμένων... μετακινήσεις ὁμαλαὶ... εἰσιν τῇ φύσει... καὶ οὐδὲν ἀλλότριον αὐτῶν τῆς ἀιδιότητος περὶ τὴν... τῶν φαινομένων ἀταξίαν τῷ ὄντι πέφυκε συμβαίνειν.

Str. 11,36. Euklides, *Optica*, recensio Theonis, § 5 (*Opera*, wyd. Heiberg, VII, s. 158). Odsyłacz do redakcji Theona wydaje się tu właściwszy niż odsyłacz do pierwotnego tekstu Euklidesa (jak postąpili Zellerowie na s. 438), gdyż za życia Kopernika tylko tamta redakcja była łatwo dostępna, a to dzięki łacińskim tłumaczeniom Jerzego Valli i Bartłomieja Zambertiego, z których pierwsze ukazało się drukiem w 1501 r., drugie w 1505 r.; por. przedmowę Heiberga, s. XLI–XLII. Grecki tekst *Optyki*, znów w redakcji Theona, po raz pierwszy ogłosił J. Pena w 1557 r.

Str. 12,11. Wbrew dość rozpowszechnionemu mniemaniu (por. np. *Wybór pism M. Kopernika*, Kraków 1926, s. 32 w przypisie), że Kopernik był pierwszym matematykiem czy astronomem, który stwierdził na piśmie, iż zjawisko ruchu jest uzależnione od spoczynku lub ruchu obserwatora, należy zaznaczyć, że mówi o tym już Euklides w swej *Optyce* (rec. Theona, § 50, jw., s. 238; por. też § 49, 51, 53, 54); to samo można znaleźć u innych optyków starożytnych, arabskich i średniowiecznych łacińskich. W związku z tym warto też zwrócić uwagę na stare scholion do wymienionego § 50, które w dwu słowach powołuje się na przykład okrętu, a więc na ten sam, który za Wergiliuszem poda niebawem Kopernik w rozdz. 8; na podstawie czterech greckich rękopisów ogłosił to scholion Heiberg na s. 283. * Por. M. Heller, *Kopernik jako relatywista*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki“ R. 17, 1972, s. 235–242.

Str. 12,25. Sens całego zdania nakazuje przyjąć, że Kopernik użył tu czasownika *caelat* jako obocznej formy do *celat;* i istotnie wiemy skądinąd, że ten drugi czasownik pisywano niekiedy przez dwugłoskę *ae* (Forcellini, *Lexicon totius Latinitatis*, I, s. 574).

Str. 12,28. Twierdzenie, że o „miejscu“ (τόπος, *locus*) może być mowa jedynie w obrębie sfery gwiazd stałych, było utartym komunałem „fizyki“ starożytnej i średniowiecznej; wyraźnie je sformułował Arystoteles w *De caelo* (ks. I, rozdz. 9; grecki tekst przytaczają Zellerowie na s. 439).

Str. 12,30. O poglądach Heraklejdesa, Ekfantosa i Niketasa (Hiketasa) por. przypisy do *Listu dedykacyjnego*, gdzie również wskazano na ustęp Cycerona, który tu Kopernik ma na myśli.

Str. 13,2. O poglądach Filolaosa por. tamże (przypis do s. 5,4).

Str. 13,5. O tej podróży Platona wspomina Diogenes Laertios (VIII, 84), ale Kopernik dowiedział się o niej raczej z lektury Bessariona (wyd. weneckie z 1503 r.); por. L. A. Birkenmajer, I, s. 131, w przypisie.

Str. 13,6. Zakończenie rozdziału stanowi przejście do następnego, którego drugą połowę poświęcił Kopernik na druzgocącą krytykę tej „geometrycznej“ argumentacji.

Str. 13,11. Pierwsza połowa tego rozdziału dotyczy tej samej sprawy, co w I księdze *Almagestu*, rozdz. 6, ale Kopernik uwzględnia tylko drugi z przytoczonych przez Ptolemeusza dowodów (Heiberg, I, s. 20, w. 20 – s. 21, w. 6), szerzej go zresztą rozwijając. – W drugiej połowie rozdziału Kopernik obraca w niwecz „geometryczny dowód“ na nieruchomość Ziemi, o których wspomniał w zakończeniu poprzedniego rozdziału.

Str. 13,23. O wymienionych tu narzędziach mierniczych (łacińskie – a raczej greckie – ich nazwy są następujące: *dioptra, horoscopium* i *chorobates*) por. L. A. Birkenmajer, I, s. 295–297, 299, 336–337, gdzie również wskazano na antyczne źródła (Plinius, Vitruvius), w których Kopernik mógł o nich znaleźć wiadomości. Wielkie dzieło Pliniusza znał Kopernik doskonale (jak tego dowodzą choćby poprzednie nasze przypisy), a wiemy również na pewno, że czytał także i Witruwiusza (L. A. Birkenmajer, I, s. 219). Wobec tego trudno się zgodzić z Dobsonem, który kategorycznie twierdzi, że *the dioptra was known to Copernicus from works circulating at the time in the names of Euclid and Heron of Alexandria*, ale nie popiera tego żadnym dowodem.

Str. 13,43. Euklides, *Optica* (rec. Theonis), § 3 (*Opera*, VII, s. 156–158).

Str. 14,7. O ile wiemy, żaden z dotychczasowych badaczy twórczości Kopernika nie wskazał jeszcze konkretnie, jakich to pseudomatematyków miał on tu na myśli. Może należy ich szukać wśród filozofów scholastycznych?

Str. 14,12. Oba te gwiazdozbiory leżą w pobliżu zodiaku: Orzeł na półkuli północnej, Mały Pies, czyli Prokyon, na południowej.

Str. 14,38. Końcowe zdanie rozdziału zostało w autografie Kopernika przekreślone (przez J. J. Retyka?) i skutkiem tego nie weszło do wydania z 1543 r. (a także do następnych aż po warszawskie włącznie). Jest to zdanie dość ważne, bo na przykładzie „atomów" wykazuje *a contrario*, że „znikomość" rozmiarów orbity ziemskiej, w porównaniu z rozmiarami „sfery gwiazd stałych", wcale jeszcze nie przesądza o tym, że odległość Ziemi od „środka wszechświata" jest znikoma także w porównaniu z odległościami występującymi w obrębie układu słonecznego. Przyznać wprawdzie należy, że tę myśl wyraża Kopernik w sposób bardzo lakoniczny, a skutkiem tego niezbyt jasny. Z tej prawdopodobnie przyczyny pominęli to zdanie wydawcy norymberscy; przy powierzchownym czytaniu mogli je mianowicie uznać za niepotrzebne powtórzenie poprzednich wywodów autora o „znikomości" rozmiarów Ziemi w porównaniu z ogromem wszechświata.

Str. 15,1. Z treścią tego rozdziału por. *Almagest*, ks. I, rozdz. 7; pierwszy dowód „starożytnych filozofów" jest prawie żywcem wzięty z Ptolemeusza (Heiberg, I, s. 21, w. 9 – s. 22, w. 11, wyd. 1515 r., k. 4.). Potem Kopernik wtrąca ustęp oparty wprost na Arystotelesie, wreszcie znów powraca do tekstu *Almagestu*. Por. trzy następne przypisy.

Str. 15,18. W krótkich słowach ujmuje tu Kopernik znaną doktrynę Arystotelesa o czterech elementach (żywiołach) i ich „przyrodzonych ruchach" w dół lub w górę. W związek z zagadnieniem, jaki ruch „przystoi" ciałom niebieskim, wprowadza ją Stagiryta, zwłaszcza w trakcie *De caelo*, ks. I, rozdz. 2 (por. greckie cytaty u Zellerów, s. 438–439), ale ostatecznego wniosku: „a więc Ziemia spoczywa (nieruchomo) w środku wszechświata" należy się dopiero domyślić zarówno u Arystotelesa, jak i w streszczeniu Kopernika. – Dla uniknięcia nieporozumień dodamy jeszcze, że Kopernik w zasadzie podzielał ową doktrynę Arystotelesa (widzieliśmy to już w rozdz. 4, a jeszcze szczegółowiej przekona nas o tym rozdz. 8), ale w następnym rozdziale dołożył starań, żeby ją pogodzić ze swym twierdzeniem o ruchomości Ziemi.

Str. 15,29. *Almagest*, jw. (Heiberg, I, s. 24, w. 14 – s. 26, w. 3, wyd. 1515, k. 4v). Krytykę poglądu, że Ziemia może posiadać ruch obrotowy, poprzedza Ptolemeusz wiadomością, że istotnie taki pogląd gdzieniegdzie się trafia (Heiberg, I, s. 24, w. 5–13), a nawet przyznaje, że przy objaśnieniu samych tylko zjawisk na niebie (τῶν περὶ τὰ ἄστρα φαινομένων) może zaleca się on większą prostotą (tamże, w. 14–16); ale ta ogólnikowa wzmianka nie wymienia żadnych nazwisk. Mimo to nie wydaje się wykluczone, że także i ona pobudziła Kopernika do rozmyślań nad możliwością zbudowania innego systemu astronomicznego niż geocentryczny.

Str. 15,36. W greckim tekście *Almagestu* nie ma słów („Dawno więc już... bez wstrząsu na miejscu"), które tu Kopernik wyraźnie wkłada w usta Ptolemeusza i z którymi będzie polemizował w następnym rozdziale. To samo tyczy się dalszych słów: „A także ciała... usunąć się w bok", z którym to zarzutem (rzecz dziwna) Kopernik zapomniał się rozprawić w tymże rozdziale. Istotę tego zarzutu sformułował już Arystoteles (*De caelo*, ks. II, rozdz. 14, 296 b 21–25), choć w nieco innym ujęciu; oto ono (w przekładzie Argyropyla): *Patet igitur necessario terram... immobilem esse, et ob eas, quas diximus, causas et quia pondera, quae sursum iaciuntur, in idem rursus per rubricam* (κατὰ στάθμην) *feruntur, etsi in infinitum vis illa proiciat.* – Ostatnie zdanie rozdziału (o chmurach) jest wzięte z *Almagestu* (Heiberg, I, s. 25, w. 9–14).

Str. 16,4. W zakończeniu sensacyjnej – w swoim czasie – rozprawy pt. *Un précurseur françois de Copernic: Nicole Oresme (1377)*, ogłoszonej w 1909 r. (*Revue générale des sciences pures et appliquées*, XX, s. 866–873), słusznie stwierdził P. Duhem, że *quand on lit ce que Copernic a écrit pour établir la possibilité et la vraisemblance du mouvement diurne de la Terre* (co właśnie stanowi treść rozdziału, do którego obecnie przeszliśmy) *on est frappé des analogies qui rapprochent la pensée du chanoine de Thorn de celle de l'évêque de Lisieux; volontiers on prendrait les chapitres du «De revolutionibus» pour un résumé, trop concis et quelque part obscur de ceux que nous avons trouvés au «Traité du Ciel et du Monde»* (taki jest tytuł francuskiego dzieła Oresme'a). Zgoła jednak niepotrzebnie domyślał się Duhem, że do Kopernika mogła na jakichś (bliżej nie zbadanych) drogach dotrzeć wiadomość o jego „poprzedniku" z XIV w. – który zresztą nie posunął się aż do tego, by Ziemi przyznać również ruch obiegowy dokoła

Słońca. Historyczne wytłumaczenie owych analogii jest znacznie prostsze: oto zarówno Oresme, jak Kopernik stali na gruncie „fizyki“ Arystotelesa, w szczególności na gruncie perypatetyczno-scholastycznej doktryny o czterech elementach, o ich ruchach „przyrodzonych“, o ich „naturalnych miejscach“ itd. (por. dalsze przypisy do tego rozdziału); nic tedy dziwnego, że przeciwko twierdzeniu, iż Ziemia jest nieruchoma, wysunęli oni te same czy też podobne kontrargumenty „fizyczne“; arystotelesowa bowiem doktryna, w istocie rzeczy metafizyczna, dozwalała na wcale łatwe szermowanie takimi pojęciami, jak przeciwstawienie ruchów zgodnych z naturą (κατὰ φύσιν) ruchom „przeciwnym naturze“ (παρὰ φύσιν, czyli βίᾳ, u scholastyków *motus violentus*), o czym świadczą dzieje scholastyki w XIII, a zwłaszcza w XIV stuleciu. Oresme, uczeń, i przyjaciel Jana Buridana, do tej właśnie szkoły myślenia całkowicie należy; ale nawet najwybitniejsze umysły XV–XVI w. nieraz korzystały z dziedzictwa scholastyki średniowiecznej, jak to widać choćby na przykładzie Leonarda da Vinci i znacznej zależności jego rozważań z zakresu dynamiki od poglądów Buridana, przez pośrednictwo lichego zresztą kompilatora, jakim był Albert Rickmersdorf z Saksonii.

Jeżeli zatem stwierdzamy, że dla Kopernika generalnym niejako lekarstwem na „fizyczne“ dowody nieruchomości Ziemi (przytoczone w poprzednim rozdziale) było twierdzenie, iż obrotowy ruch Ziemi należy po prostu uznać za „ruch naturalny, a nie wymuszony“ (po łacinie: *dicet utique motum terrae esse naturalem, non violentum*), to wprawdzie dzisiejszy czytelnik będzie mocno powątpiewał w skuteczność tego panaceum, ale w oczach rówieśników Leonarda i Kopernika wcale nie było ono do pogardzenia. I, co więcej, w ramach tradycji perypatetyczno-scholastycznej zastosowanie tego lekarstwa nasuwało się, rzec można, samo przez się. Świadczy o tym właśnie Oresme; i on bowiem na zarzut, że *le mouvement circulaire n'est pas naturel à la Terre ... et, se il lui est violent, il ne pourroit estre perpetuel*, odpowiada bez zająknienia (Duhem, jw., s. 869): *je di que ce mouvement est naturel à la Terre, toute et en son lieu; et néantmoins elle a un autre mouvement naturel selon se parties quand elles sont hors de leur lieu naturel, et est mouvement droit et en bas.* Co znaczy po polsku, że należy rozróżnić Ziemię jako całość od ziemi jako jednego z czterech elementów i po takim rozróżnieniu przyznać Ziemi „przyrodzony“ ruch obrotowy, nie wytrącający jej z jej „miejsca naturalnego“, natomiast elementarnym cząstkom ziemskim (o ile się one znajdują *hors de leur lieu naturel*) przyznać prostolinijny ruch z góry na dół, również „przyrodzony“, gdyż takim ruchem zdążają one do tego miejsca (τόπος), które jest dla nich „naturalne“. Nie inaczej, z małymi tylko zmianami, postąpił Kopernik, jak to wykażemy w jednym z dalszych przypisów.

Przeprowadzenie szczegółowego porównania między całokształtem wywodów Oresme'a a wywodami Kopernika wydaje się tedy zbędne, skoro uważamy za zupełnie niepotrzebną i nieprawdopodobną, a raczej za wręcz wykluczoną, myśl o zależności twórcy teorii heliocentrycznej od jej „prekursora“ z 1377 r. A więc tylko ogólnie powiemy, że choć niektóre racje są w istocie u Oresme'a szerzej rozwinięte i dobitniej sformułowane niż u Kopernika (por. np. piękny wywód Oresme'a o względności ruchu, Duhem, jw., s. 868, albo też to, co on mówi o składaniu się ruchów, Duhem, jw., s. 868, szp. 2 – s. 869, szp. 1), to przecież – jak już zaznaczono – francuski myśliciel nie wyszedł poza *plaidoyer* na korzyść obrotowego ruchu kuli ziemskiej. Dalsza wyższość Kopernika nad średniowiecznym scholastykiem ujawnia się w tym, że uniknął on argumentów wyraźnie metafizycznych (por. np. Duhem, jw., s. 870, szp. 1, o „inteligencjach“ poruszających sfery niebieskie) lub też zahaczających o sprawy teologiczne (zob. np. Duhem, jw., s. 870, szp. 2, gdzie Oresme, w nowoczesny zresztą sposób, stępia ostrze zarzutów odwołujących się do Starego Testamentu) – nie mówiąc już o takich naiwnościach, jak ta, że wewnętrzna powłoka sfery gwiazd stałych jest rzekomo „dobrze wypolerowana“ (*très polie*; Duhem, jw., s. 870, szp. 1), czy też jak ta, że przy założeniu obrotu tejże sfery Wielki Wóz „jedzie tyłem w przód“ (*va à reculons, le char devant les boeufs*; Duhem, jw., s. 871, szp. 2). Natomiast tylko u Kopernika znajdujemy argument oparty na fizycznym fakcie występowania siły odśrodkowej przy ruchu obrotowym (por. jeden z dalszych przypisów), bo tego u Oresme'a nie ma. Co jednak ważniejsze, to to, że Kopernik jest głęboko przekonany o tym, iż Ziemia istotnie się obraca koło swej osi, podczas gdy Oresme zmierza tylko do wniosku, że z równym prawdopodobieństwem możemy mówić o obrocie Ziemi jak o obrocie sfery gwiazd stałych. Oto bowiem słowa, którymi kończy cały rozdział (Duhem, jw., s. 872): ... *Mes* (*Mais*) *consideré tout ce que dit est, l'on pourroit par ce croire que la Terre est ainsi meue et le Ciel non; et n'est pas évident le contraire. Et toutes voies* (*toutefois*) *ce semble de prime face autant et plus contre raison naturelle, comme sont les articles de notre foy (ou tous ou plusieurs). Et ainsi ce que j'ay dit par esbatement* (tj. w formie ekskursu, dygresji od komentowanego tekstu Arystotelesa) *en cette matère, peut valoir à confuter et reprendre* (tj. zganić) *ceuls qui voudroient notre foy par raisons impugner.* Rzecz ma się więc tak, że oba owe obroty są równie prawdopodobne, jakkolwiek na pierwsze wejrzenie obrót Ziemi sprzeciwia się „zdrowemu rozsądkowi“ w tym samym, a nawet wyższym stopniu, co artykuły wiary; na tym więc przykładzie (powiada Oresme) możemy widzieć, jak niewiele są warte argumenty rozumowe, mające rzekomo dowieść fałszywości dogmatów kościelnych. W obliczu tak wyraźnej – choć przez poprzednie wywody nie przygotowanej – wypowiedzi końcowej można się wprawdzie zawahać, czy ich naczelnym celem miała być obrona fideizmu przed racjonalizmem (jakkolwiek nie byłoby w tym nic dziwnego na tle dziejów scholastyki XIV w., przepojonej sceptycyzmem i probabilizmem), ale nie ulega kwestii, że takim celem w żadnym razie nie była obrona realnego istnienia obrotu Ziemi przed przeciwnym zdaniem uznanych autorytetów naukowych, lecz tylko wykazanie, iż doświadczenie i rozum pozostawiają nam wolny wybór między oboma sposobami, na jakie można wytłumaczyć wschody i zachody gwiazd.

U Kopernika, rzecz jasna, sprawa wygląda zgoła odmiennie, skoro dzienny obrót Ziemi jest jednym z fundamentów jego nowej teorii. Nie fideizmu broni wielki astronom, ani nawet nie swobodnego wyboru między obrotem Ziemi a obrotem sfery gwiazd stałych; broni własnej tezy, którą (z przyczyn, o jakich będzie mowa przy rozdz. 10) uznał za prawdziwą. Tej właśnie obronie poświęcony jest rozdział (*Obroty*, ks. I, rozdz. 8), który zaczęliśmy omawiać. W związku z czym warto na koniec podkreślić, że w całym tym rozdziale autor zajmuje stanowisko defensywne w stosunku do zarzutów, jakie przytoczył w poprzednim rozdziale, a raczej (na co już zwróciliśmy uwagę w jednym z poprzednich przypisów) stara się pogodzić swą naukę o dziennym obrocie Ziemi z „fizyką" Arystotelesa. Uświadomienie sobie tego faktu (potwierdzonego choćby przez sam tytuł rozdziału) ma, naszym zdaniem, niemałe znaczenie metodyczne, bo ustrzeże nas od prób interpretowania niektórych wyrażeń Kopernika w duchu fizyki nowożytnej (pogalileuszowskiej). Por. następne przypisy.

Str. 16,10. Tu Kopernik jeszcze wyraźniej niż w poprzednim rozdziale podaje Ptolemeusza jako swe źródło dla danego „dowodu fizycznego" na niemożliwość dziennego obrotu kuli ziemskiej. Por. przypis do s. 15,36.

Str. 16,13. Słowem „przemysł" oddano łacińskie *ingenium*, jakie tu widnieje w tekście Kopernika. Nie jest jednak wykluczone, że użył on tego ostatniego słowa w bardziej konkretnym znaczeniu, gdyż co najmniej od Tertulliana był to termin techniczny na oznaczanie kunsztownego przyrządu lub po prostu maszyny (zwłaszcza wojennej); por. francuskie *engin* i włoskie *ingegnero*, skąd pochodzi polski „inżynier". Dowody por. u A. Birkenmajera, *Vermischte Untersuchungen zur Geschichte der mittelalterlichen Philosophie*, Münster 1922, s. 6–7 (przypis 3) i s. 211 (przedr. w *Études d'histoire des sciences et de la philosophie du Moyen Âge*, Wrocław 1970, „Studia Copernicana" I, s. 282–283 i 487), co można jeszcze uzupełnić wskazaniem na słowniki Ducange'a, Littrégo i in.

Str. 16,20. Nie pozbawione ironii rozumowanie Kopernika zasadza się (rzecz oczywista) na pojęciu siły odśrodkowej, jaka występuje przy ruchu obrotowym. Pojęcie to nie było obce już najwcześniejszym myślicielom greckim i odgrywało istotną rolę w kosmogonicznych teoriach Anaksymandra i Empedoklesa (por. np. Tannery, *Pour l'histoire de la science hellène*, Paris 1887, s. 88 i 313–314). Jeżeli zaś o tym wspominamy w związku z Kopernikiem, to dlatego, żeby wskazać na pewien ustęp w pismach Arystotelesa (*De caelo*, ks. II, rozdz. 13, 295 a 16–21), który bez wątpienia był Kopernikowi znany (por. nasz końcowy przypis do *Obrotów*, ks. I, rozdz. 11), a który wspomina właśnie o Empedoklesie, a mianowicie o tym, jak ten sycylijski filozof, na tle swej nauki o „kosmicznym wirze" (δίνη), uzasadniał nieruchomość Ziemi. Istota tego „dowodu", streszczonego zresztą przez Arystotelesa w sposób niezbyt jasny (por. Tannery, jw., s. 316 w przypisie), mało nas w tej chwili interesuje; ciekawsze natomiast jest to, że Stagiryta krytykując argumentację Empodoklesa (ale – rzecz prosta – nie jej wynik końcowy) powołuje się na eksperyment fizyczny, naocznie stwierdzający działanie siły odśrodkowej, która w warunkach tego doświadczenia „pokonywa" działanie siły ciężkości i nie pozwala wodzie wylać się z kubka, choć ten w pewnym momencie odwraca się dnem do góry. W tłumaczeniu Jana Argyropyla miejsce to brzmi jak następuje: *... ut fit in aqua, quae in cyathis est; haec enim, cum cyathus orbe fertur, etsi saepe cyathus adeo vertitur, ut supra fundum infra labra fiant, non fertur tamen deorsum, opta deorsum ferri.* Widać stąd, że pojęcie siły odśrodkowej nie było za czasów Kopernika żadną nowością.

Ale słuszność wymaga zarazem, żeby zauważyć, że sposób, w jaki on wyzyskuje to pojęcie dla swej krytyki twierdzenia o obrocie sfery gwiazd stałych, chyba nie bardzo mógł liczyć na uznanie ze strony obrońców geocentryzmu. Nic bowiem łatwiejszego, jak zastosować analogiczne rozumowanie do sfer planetarnych i dojść do wniosku, że także i one powinny stale zwiększać swoje rozmiary, skoro Kopernik nie odmawia im ruchu obrotowego. Toteż dopiero newtonowskie prawo powszechnego ciążenia było w stanie usunąć tę antynomię.

Str. 16,25. Było to istotnie „znane w fizyce twierdzenie", gdyż Arystoteles powtarza je wielokrotnie i w różnych zastosowaniach konkretnych. Por. greckie cytaty z Zellerów (s. 439), które by można jeszcze pomnożyć wskazaniem na *Metafizykę*, ks. X (XI), rozdz. 10 (1066 a 35–36).

Str. 16,28. Najdobitniejsze sformułowanie tego „pewnika" perypatetyczno-scholastycznego znajdujemy u Arystotelesa w *De caelo*, ks. I, rozdz. 9 (279 a 6–7, 11–12): *Patet igitur ex dictis nec esse nec posse fore ullius extra caelum corporis molem... Patet insuper neque locum extra caelem esse neque vacuum neque tempus* (przykład Argyropyla).

Str. 16,34. Wniosek: „niebo jednak pozostanie nieruchome" nie wynika ze słów bezpośrednio go poprzedzających, lecz milcząco zużytkowuje arystotelesowy pewnik, którego dotyczy przypis do s. 16,25. Jeśli mianowicie przypuścimy, że „niebo" jest nieskończone, to według tego pewnika nie może się ono poruszać.

Str. 16,37. Tę wypowiedź Kopernika dającą wcale wyraźnie do poznania, że sam się nie zaliczał do „filozofów przyrody" (gdyż takie jest pierwotne znaczenie słowa φυσιολόγος, jakiego tu użył), uważamy za nieobojętną ze względu na pytanie, jaki właściwie miał cel przed oczyma, gdy pisał I księgę *Obrotów*. Nie można bowiem wątpić, że na płaszczyźnie metodologicznej podzielał – przynajmniej w zasadzie – pogląd Arystotelesa (*Physica*, ks. II, rozdz. 2, 193 b 22 i n.), iż w odniesieniu do zagadnień kosmologicznych inna jest rola „matematyka" i fachowego „astronoma", a inna „fizyka". P. Duhem, który temu rozróżnieniu i jego dziejom poświęcił osobną książkę (Σώζειν τὰ φαινόμενα. *Essai sur la notion de théorie physique, de Platon à Galilée*, Paris 1908), objaśnia ów podział ról na następującym przykładzie: *Tandis qu'Eudoxe et Callippe, suivant la méthode de l'astronome contrôlent leurs hypothèses en examinant si elles sauvent les apparences* (tj. czy tłumaczą zjawiska obserwowane na niebie), *Aristote prétend diriger le choix de ces hypothèses par des propositions qu'ont justifiées certaines spéculations sur la nature des coprs; sa méthode est celle du physicien.* W tym więc ujęciu „hipotezy" (tj. teoretyczne założenia) „astronomów" mają charakter formalny, matematyczno-kinetyczny, a założenia „fizyków", ich mianowicie zdaniem, sięgają do „istoty rzeczy". Co zresztą na przestrzeni dziejów nauki nie stanęło na zawadzie ani temu, że założenia fizyki Arystotelesa były raczej metafizyczne, ani też temu, że założenia, na których Kopernik oparł swą teorię ruchów planetarnych, miały według niego wiernie odzwierciedlać „prawdziwą" budowę wszechświata. Jest to odrębny problem historyczny, do którego – gdy chodzi o Kopernika – powrócimy przy omawianiu 10 rozdziału księgi I jego dzieła.

Ale na razie chodzi nam tylko o objaśnienie owego przeciwstawienia się Kopernika „filozofom przyrody", jakie stwierdziliśmy na początku niniejszego przypisu. W związku z tym warto najpierw przytoczyć urywek z rozdziału pt. *Num eccentrici orbes et epicycli... sint in corporibus caelestibus secundum naturam?*, jaki czytamy u Jana z Jandun, wybitnego aweroisty francuskiego z pierwszej połowy XIV w., a mianowicie w jego *Quaestiones in libros Metaphysicae*, ks. XII, rozdz. 20 (wyd. weneckie z 1586 r., s. 328): *Et sic hoc sufficit astronomo, quod dato, quod epicycli essent (sive sint realiter, sive non sint in corporibus caelestibus), dumtamen supposito quod essent, sic fieret motus et alia apparentia, ut fiunt... Unde astronomus, dummodo habeat determinata loca planetarum et determinatos motus, non curat, unde proveniat hoc, sive per realem existentiam talium orbium in caelo, vel non. Hoc inquirere spectat ad naturalem*, czyli do filozofa przyrody. Nie chcemy co prawda twierdzić, że to skrajne sformułowanie było znane Kopernikowi, jakkolwiek należy pamiętać o tym, że Uniwersytet Padewski (na którym Kopernik odbywał swe studia lekarskie) był ostoją włoskiego awerroizmu na przełomie wieków średnich i nowożytnych (por. np. E. Renan, *Averroès et l'averroïsme*, Paris 1861, s. 347–371). Tym mniej chcemy twierdzić, że Kopernik to skrajne stanowisko całkowicie podzielał – skoro, jak już nadmieniliśmy, był on głęboko przekonany o tym, że jego heliocentryczna teoria jest wyrazem obiektywnego stanu rzeczy (por. zapowiedziany już przypis do rozdz. 10). Mimo to uważamy za pewne, po pierwsze, że na metodyczną odmienność badań ściśle astronomicznych i badań fizyczno-filozoficznych zapatrywał się mniej więcej tak samo jak Arystoteles i cała plejada innych pisarzy starożytnych i średniowiecznych, a po drugie, że w tym podziale ról widział swoje miejsce po stronie fachowych astronomów typu Ptolemeusza, a nie po stronie „filozofów przyrody" typu Arystotelesa. I w tym właśnie leży przyczyna tego (zdaniem niektórych) osobliwego i trudnego do zrozumienia faktu, że się wymówił od zajęcia określonego stanowiska względem tak ważnego problemu kosmologicznego, jakim (ich zdaniem) jest pytanie, czy wszechświat ma granice, czy też nie.

Po prostu nie leżało ono w jego tematyce, w tematyce fachowego astronoma, który nie jest obowiązany do przechodzenia na podwórko filozofów przyrody. Zaświadcza o tym nie tylko to zdanie z *De revolutionibus*, które nam dało powód do niniejszego przypisu, lecz również dość do niego podobne przeciwstawienie się Kopernika „fizjologom", jakie czytamy we wcześniejszym jego dziełku pt. *De hypothesibus motuum caelestium commentariolus* (wyd. Lindhagena, Stockholm 1881, s. 6, w. 28–30): *Etenim quibus phisiologi stabilitatem eius* (tj. Ziemi) *astruere potissimum conantur, apparentiis plerumque innituntur; quae omnia hic imprimis corruunt* itd. Trzecie wreszcie miejsce, jakie w tym związku należy przytoczyć, znajdujemy u J. J. Retyka, a mianowicie w jego *De libris revolutionum narratio prima* (wyd. toruńskie, s. 463). Podamy je w angielskim przekładzie Rosena (jw., s. 140), gdyż dla dzisiejszego czytelnika jest on łatwiej zrozumiały od retorycznej prozy Retyka, który tymi słowy zwraca się do J. Schonera: *You are not unacquainted with the importance to astronomers of hypotheses or theories, and with the difference between a mathematician and a physicist. Hence you agree... that the results to which the observations... lead us again and again must be accepted, and that every difficulty must be... overcome with... mathematics and tireless study as our companions.* Druga połowa pierwszego z tych dwu zdań (jak słusznie zauważył Rosen w przypisie) nie jest niczym innym, jak powtórzeniem słów Arystotelesa (193 b 22–23), na które powołaliśmy się już wyżej; mamy tu więc dalsze potwierdzenie naszej tezy, że zasadniczym celem, jaki swej pracy wytyczył Kopernik, było przyobleczenie idei heliocentrycznej w taką postać matematyczną, która by była zgodna ze zjawiskami obserwowanymi na niebie. Co (podkreślamy ponownie) bynajmniej nie wykluczyło tego, że zbudowaną w ten sposób teorię uznał on nie za czystą tylko konstrukcję myślową, lecz także za odpowiednik „prawdziwej" budowy wszechświata.

Str. 16,43. Vergilius, *Eneida*, ks. III, w. 72. – Jak już wspomniano w jednym z poprzednich przypisów, ten sam przykład złudzenia optycznego trafia się przed Kopernikiem także i gdzie indziej. Oprócz lakonicznego scholion do *Optyki* Euklidesa – Teona znajdujemy go np. u naszego trzynastowiecznego Witelona, *Perspectiva*, ks. IV, § 138 (wydanie bazylejskie z 1572 r., s. 180): *Ex intemperata etiam situs oppositionis obliquitate accidit* *error ... Unde aliquo velociter navigante in flumine et oblique aspiciente arbores in ripa fluminis, tunc arbores ab axe visuali multum elongatas aestimabit moveri; illae vero arbores, quibus axis visualis incidet, quiescere videbuntur.* Komentator tego wydania, Fr. Risner, słusznie stwierdza, że Witelo wziął to z *De aspectibus* Alhazena. Do czego jeszcze dodamy, że właśnie na *le quart livre de la «Perspective» de Witelo* powołuje się Oresme przy wnikliwym omawianiu ruchów względnych (Duhem, jw., s. 868).

Str. 17,3. Odpowiedź Kopernika na zarzut o chmurach (por. ostatnie zdanie poprzedniego rozdziału) podsunął mu właściwie już sam Ptolemeusz, który z góry przewidział, że zwolennicy obrotowego ruchu kuli ziemskiej przypiszą tenże ruch także i ziemskiej atmosferze (*Almagest*, ks. I, rozdz. 7, Heiberg, I, s. 25, w. 15 – s. 26, w. 3); ale wyciągnął stąd paradoksalne wnioski, które jego zdaniem miały położyć tamę temu „wybiegowi". Są one jednak tak naiwne, że Kopernik bez trudu wykazał ich bezpodstawność.

Str. 17,14. Powszechny w średniowieczu (i aż do XVII w.) pogląd, że komety rodzą się w najwyższej warstwie atmosfery ziemskiej, miał za sobą przede wszystkim autorytet Arystotelesa (*Meteorologica*, ks. I, rozdz. 7); z tego też źródła czerpał tu Kopernik, i to chyba bezpośrednio, skoro za Arystotelesem rozróżniał właściwą kometę (czyli „gwiazdę z włosami" od „gwiazdy brodatej", czyli od tzw. πωγωνίας (por. 344 a 22–23 oraz komentarz J. L. Idelera w jego wydaniu z 1834 r., tom I, s. 399–401). Ale to samo rozróżnienie pojawia się też u dobrze Kopernikowi znanego Pliniusza (*Hist. nat.* ks. II, rozdz. 24, § 89), choć ten oprócz tamtych dwu rodzajów wymienia także i inne, jak *acontiae, xiphiae* itd.; natomiast właśnie w drugim źródle znajdujemy odpowiednik dla przymiotnika *repentina (sydera)*, jaki czytamy w łacińskim tekście Kopernika, pisze bowiem Pliniusz: *Namque et in ipso caelo stellae repente nascuntur. Plura eorum genera. Cometas Graeci vocant, nostri crinitas...; iidem pogonias, quibus inferiore ex parte in speciem barbae longae promittitur barba* itd. Z tych oznak – które uważamy za bardziej znamienne od tych, jakie przytacza L. A. Birkenmajer (I, s. 139 i 153) na rzecz zależności Kopernika od Aratosa i Teona aleksandryjskiego – wolno wnioskować, że pisząc omawiane tu zdanie miał Kopernik przed sobą zarówno tekst Pliniusza, jak i Arystotelesa. Za takim wnioskiem przemawia dalej to, że Pliniusz zgoła nie porusza zagadnienia, czy te „nagle rodzące się gwiazdy" powstają w atmosferze ziemskiej, czy też poza nią, gdy tymczasem Arystoteles nie tylko to zagadnienie szeroko omawia (zarówno we wskazanym już rozdziale, jak i w następnym, 345 b 32–346 a 6), ale wyraźnie rozstrzyga je w ten sposób (344 a 8–22), iż są to zjawiska atmosferyczne wynikające z „zapalenia się suchych i ciepłych wyziewów ziemskich" (ξηρὰ καὶ θερμὴ ἀναθυμίασις), pod działaniem ruchu ciał niebieskich (διὰ τῶν ἄνωθεν κίνησιν). A właśnie taki pogląd był Kopernikowi na rękę, celem wykazania, że twierdzenia jego poprzedników kłócą się ze sobą, skoro według Ptolemeusza fakty rzekomo zaprzeczają możliwości uczestniczenia atmosfery w dziennym obrocie Ziemi (por. poprzedni przypis), a według Arystotelesa górna warstwa tejże atmosfery bierze udział w obrocie sfery gwiazd stałych, z którymi komety mają tę wspólną cechę, że wschodzą i zachodzą.

Własny pogląd Kopernika na naturę komet da się poniekąd odczytać ze zdania: „My natomiast możemy powiedzieć" itd., jeśli się tylko pamięta, że u niego sfera gwiazd stałych jest nieruchoma. Gdy to zestawimy z własnym jego twierdzeniem, że „górne warstwy powietrza nie biorą udziału w ruchu Ziemi" oraz z tą okolicznością, że wypowiada on to twierdzenie właśnie w związku z kometami, to bez trudu dojdziemy do wniosku, że także i on uważał je za zjawiska atmosferyczne, zachodzące w nieruchomych „górnych warstwach powietrza" (inne było zdanie L. A. Birkenmajera, I, s. 531, do którego po stwierdzeniu czysto literackiej zależności Kopernika od Pliniusza i Arystotelesa nie możemy się przyłączyć). – Na tym jednak wniosku musimy poprzestać, gdyż na całej przestrzeni sześciu ksiąg *Obrotów* jest to jedyna wzmianka o kometach, w czym znów upatrujemy argument za naszym twierdzeniem, że (o ile możności) autor odsuwał od siebie tematy wchodzące w zakres zainteresowań „filozofa przyrody". Ani więc nie wiemy, jak sobie Kopernik wyobrażał genezę tych „nagle zjawiających się gwiazd", ani jak tłumaczył ich swoiste ruchy względem gwiazd stałych.

Str. 17,22. W dwu kolejnych ustępach („Kiedy zaś chodzi o ciała spadające" itd. oraz „Twierdzenie zatem, że ruch ciała niezłożonego jest niezłożony" itd.) zajmuje Kopernik stanowisko wobec argumentacji Arystotelesa, którą streścił w poprzednim rozdziale; w drugim z nich chodzi mu o wykazanie, że doktryna Stagiryty o ruchach „przyrodzonych", po odpowiednich modyfikacjach, da się pogodzić z tezą o dziennym obrocie kuli ziemskiej, natomiast w pierwszym ustępie jasno formułuje wynikający z tej tezy wniosek, że „w stosunku do (nieruchomego) wszechświata" swobodny ruch ciał „ciężkich" i „lekkich" nie jest prostoliniowy, lecz „stale złożony z ruchu prostoliniowego i kolistego". Dla matematyka i fizyka (w dzisiejszym tego słowa znaczeniu) jest to – rzecz prosta – wniosek wręcz oczywisty; toteż z historycznego punktu widzenia bodaj ważniejsze są dopiero dalsze zdania tego ustępu, które wspólnie z ustępem następnym uchronią nas od fałszywych wniosków, jakie dotychczas błąkają się po kopernikowskiej literaturze i do których powrócimy we właściwych miejscach.

Już zatem tutaj należy podkreślić, że celem objaśnienia ruchu ciał „spadających w dół lub wznoszących się w górę" (względem kuli ziemskiej) nie powołuje się Kopernik na nic innego, jak tylko na to, iż tamte mają przede wszystkim „naturę ziemi" (jako elementu), a te „naturę ognia" (jako elementu), a więc całkowicie stoi na gruncie „fizyki" Arystotelesa. Od Arystotelesa również pochodzi przytoczona przez Kopernika „definicja" płomienia jako „rozżarzonego dymu“ (*De generatione et corruptione*, ks. II, rozdz. 4, 331 b 25–26, i *Meteorologia*, ks. IV, rozdz. 9, 388 a 2), do której to definicji Stagiryta natychmiast dodaje (331 b 26), że dym składa się z powietrza i ziemi, skąd już każdy czytelnik mógł sobie dośpiewać, że „ten ziemski ogień podsyca się przede wszystkim materiałem ziemskim“ (w znaczeniu elementu „ziemia“) – co zresztą Arystoteles dość wyraźnie, choć nieco innymi słowy, powiada w drugim ze wskazanych miejsc (φλογιστά δ'ἐστὶ τῶν θυμιατῶν ὅσα μὴ τηκτα ἐστι διὰ τὸ μᾶλλον εἶναι γῆς, 387 b 31–32). Krótko mówiąc, obracamy się tu wciąż i wyłącznie w kręgu myśli założyciela szkoły perypatetycznej, co nie jest pozbawione wymowy ze względu na dalsze nasze przypisy.

Str. 17,32. Przykład „ognia“, który z wielką siłą „rozrywa swoje więzienie“, mogły Kopernikowi nasunąć środki wybuchowe, które za jego życia weszły już w powszechne użycie (wynalazek broni palnej itd.). – O „rozszerzającej“ (rozpraszającej) właściwości ognia por. cytat ze stoika Kleanthesa, jaki czytamy u Cycerona (*De natura deorum*, ks. II, rozdz. 15, § 41): *Atqui hic noster ignis..., quocumque invasit, omnia disturbat et dissipat;* jego merytoryczna, a nawet formalna zgodność ze słowami Kopernika jest uderzająca. Por. zwłaszcza użycie tego samego czasownika *invadere* oraz tego samego zaimka *hic*, ale i to także, że cyceronowe *noster* odpowiada kopernikowemu *terrenus;* w obu razach chodzi o przeciwstawienie ognia „przyziemnego“ elementowi „ogień“ (który według stoików właściwy jest Słońcu – co zwalczał niegdyś Arystoteles; por. komentarz J. B. Mayora w jego wydaniu w. w. dzieła Cycerona, II, Cambridge 1883, s. 133).

Str. 17,35. Jak już zapowiedzieliśmy w przedostatnim przypisie, celem, który Kopernik ma na oku w niniejszym ustępie, jest wykazanie, że teza o dziennym obrocie Ziemi da się pogodzić z doktryną Arystotelesa o czterech elementach i o ich „przyrodzonych“ ruchach, o ile tę doktrynę pojmiemy we właściwy sposób. Oto mianowicie główniejsze w tym względzie twierdzenie Kopernika, uszeregowane w nieco odmiennym porządku niż ten, jaki znajdujemy w *Obrotach:* (1) Obrotowy ruch Ziemi jest ruchem „przyrodzonym“, gdyż przez cały ciąg jego trwania pozostaje ona w swym miejscu „naturalnym“; przecież nie inaczej (dodajemy od siebie) stawiał tę sprawę Arystoteles, gdy twierdził, że „przyrodzonym“ jest obrotowy ruch sfery gwiazd stałych. – (2) Obrotowy ruch Ziemi odbywa się ze stałą prędkością, ponieważ pochodzi od „niesłabnącej“ przyczyny. (Co znaczy ten ostatni rzeczownik, zobaczymy niżej). – (3) Nic się bardziej nie sprzeciwia porządkowi wszechświata, jak to, że jakieś ciało nie znajduje się w swoim miejscu „naturalnym“, gdyż taki stan rzeczy jest „niewłaściwy“ i narusza „przyrodzoną doskonałość“ danego ciała. Toteż takie właśnie ciała, zdążając do swych miejsc „naturalnych“, odbywają na Ziemi ruch prostolinijny, pionowy, skierowany bądź w dół, bądź w górę, zależnie od tego, czy są „ciężkie“ czy „lekkie“. (Każdy, kto czytał Arystotelesa, przyzna, że cały ten wywód stoi w najzupełniejszej zgodzie z jego nauką o czterech elementach). – (4) Ale obserwacja przekonywa nas o tym, że ten ich prostolinijny ruch nie jest jednostajny, gdyż przy pionowym spadaniu ciało „ciężkie“ zwiększa swoją szybkość, a przy pionowym wznoszeniu się ciało „lekkie“, np. ogień (a raczej płomień), porusza się coraz wolniej, skąd należy wnioskować (i Kopernik nie cofa się przed tym wnioskiem), że tak jeden, jak i drugi z tych ruchów nie jest ściśle biorąc „przyrodzony“, niezłożony, czyli że częściowo wchodzi tu w grę i coś obcego, niezgodnego z przyrodzoną „ciężkością“ lub „lekkością“ danego ciała. Czym jest to „coś“ w przypadku ciał ciężkich, o tym Kopernik nie mówi, natomiast w przypadku „ognia“ wyraźnie podaje, że przyczyną „słabnięcia“ jego wznoszenia się w górę jest „gwałt zadany mu przez materię ziemską“, co należy rozumieć w ten sposób, że w skład ognia, z jakim mamy do czynienia na Ziemi (tzn. poza „naturalnym“ miejscem elementu „ogień“), wchodzą także cząstki elementu „ziemia“ i że one to sprawiają, iż owo wznoszenie jest poniekąd ruchem „gwałtownym“ (βίᾳ, czyli παρὰ φύσιν, u scholastyków *motus violentus*). – (5) W ogólnej tedy sumie obrót Ziemi jest dla niej (jako całości) ruchem, a natomiast oddzielne ciała, w tymże obrocie uczestniczące, w pewnych warunkach mogą także odbywać pionowe ruchy w dół czy w górę, które w kategoriach arystotelesowej klasyfikacji ruchów należy poniekąd uważać za „gwałtowne“ (jakkolwiek, rzecz jasna, przeważa w nich prostolinijny ruch „przyrodzony“, starający się owe ciała sprowadzić na „właściwe“ ich miejsce). I w związku z tym oświadcza Kopernik, że stosunek tych prostolinijnych ruchów do obrotowego ruchu całej Ziemi jest taki sam, jak stosunek pojęcia „chory“ do pojęcia „żywy“. Wnioski, jakie z tego porównania wysnuwają Zellerowie (s. 439–440), nie są uzasadnione; Kopernikowi chodzi po prostu o to, że pojęcie istoty żywej (w łacińskim tekście czytamy rzeczownik *animal*) jest szersze aniżeli pojęcie istoty chorej, czyli że pojęcie „chory“ jest wtórne w stosunku do pojęcia „żywy“. Przytoczone przez Kopernika porównanie ma więc na celu podkreślić, że wszystko, co jest na Ziemi, uczestniczy w jej dziennym ruchu obrotowym, ale że to bynajmniej nie wyklucza, żeby np. ciała ciężkie spadały na nią ruchem prostolinijnym (dla ziemskiego obserwatora). Naszym zdaniem, wolno nawet posunąć się dalej, a mianowicie do wniosku, że skoro choroba nie jest normalnym stanem istot żywych, lecz zdarza się im „przypadkiem“ (greckie κατα συμβεβηκός, scholastyczne *per accidens*), to owego porównania użył Kopernik dlatego, by zaznaczyć, że na Ziemi zasadniczym, „przyrodzonym“ ruchem ciał jest uczestnictwo w jej dziennym obrocie, a wszelki inny ruch ma charakter akcydentalny, „przypadłościowy“. Nie ulega bowiem wątpliwości, po pierwsze, że w ustach Arystotelesa zestawienie *aegrum* i *animal* miałoby właśnie to znaczenie, o jakim mówimy; wprawdzie w jego pismach nie znaleźliśmy takiego miejsca, gdzie by to zestawienie wyraźnie zachodziło, ale wskażemy najpierw na *Analytica posteriora*, ks. I, rozdz. 4 (73 b 4–5), gdzie jako przykład „przypadłości“ żywej istoty (τὰ συμβεβηκότα τῷ ζῴῳ) figuruje τὸ μουσικὸν ἢ λευκόν, następnie zaś na *Metafizykę*, ks. VI, rozdz. 7 (1033 a 7–13), gdzie w podobnym znaczeniu, ale w zastosowaniu do człowieka, operuje Arystoteles pojęciami „chory“ i „zdrowy“ (κάμνων καὶ ὑγιής); z zespolenia tych dwu miejsc mógł powstać przykład użyty przez Kopernika. Do takiejże wykładni zachęca po drugie i to zdanie omawianego w niniejszym przypisie ustępu, gdzie nasz polski przekład rozmyślnie użył wyrazu „przypadłość“, a które po łacinie brzmi jak następuje: *Rectus ergo motus non accidit, nisi rebus non recte se habentibus* itd. – (6) Wreszcie (i to jest największą nowością historyczną w całym tym ustępie) oświadcza Kopernik, że arystotelesowa klasyfikacja ruchów „niezłożonych“ musi być traktowana wyłącznie jako wynik rozumowej abstrakcji, co jednak nie ma chyba oznaczać, że należy ją odrzucić jako bezużyteczną i krępującą dla rozwoju nauki, gdyż podobny wniosek nie byłby oczywiście słuszny w zastosowaniu do abstrakcji geometrycznej, z którą Kopernik wyraźnie ją porównywa (o tej abstrakcji obszernie mówi Arystoteles w *Metafizyce*, ks. II, rozdz. 5, 1001 b – 1002 b, i w ks. VI, rozdz. 2, 1028 b 15–27). Zresztą po odrzuceniu tamtej klasyfikacji trudno byłoby zrozumieć, dlaczego Kopernik (na początku omawianego ustępu) przyznaje za Arystotelesem, że ruch kolisty (obrotowy) jest ruchem niezłożonym.

W taki zatem sposób ujmuje Kopernik główne składowe swego „fizycznego“ poglądu na ruchy w przyrodzie i w taki sposób interpretuje arystotelesową ich teorię po to, ażeby z nią uzgodnić swą tezę o dziennym obrocie Ziemi. Skoro jednak niektórzy badacze doszukiwali się tutaj szczegółów zgoła odbiegających od filozofii i fizyki perypatetyczno-scholastycznej, przeto w dalszym ciągu niniejszego przypisu wypada nam zbadać, czy tak jest w rzeczywistości. Konkretnie zaś chodzi o szczegóły, należące do twierdzeń oznaczonych przez nas numerami 2 i 4.

W pierwszym razie zajmie nas pytanie, co to jest owa „niesłabnąca“ przyczyna (po łacinie *indeficiens causa*), która według Kopernika, powoduje jednostajny ruch kołowy, a w szczególności obrotowy ruch kuli ziemskiej. Żadną mianowicie miarą nie można tu przywoływać w pomoc naszych dzisiejszych pojęć dynamicznych i utożsamiać owej przyczyny bądź z bezwładnością, bądź z „momentem pędu“, bądź też z jakąś specjalną siłą, której stałe działanie miałoby zapewnić jednostajność i wieczne trwanie owego ruchu. Ażeby taką ahistoryczną tendencję wykluczyć, wystarczy właściwie przyjrzeć się temu, co Kopernik mówi o sprawczej przyczynie spadania ciał ciężkich, a następnie przez analogię zastosować to do sprawczej przyczyny ruchu obrotowego; gdyż trudno wątpić, że obie te przyczyny, mimo zachodzących między nimi różnic, w gruncie rzeczy muszą być identyczne, tak samo, jak są one identyczne u Oresme'a, który powiada (Duhem, jw., s. 870, szp. I): *Au quart* (tj. w odpowiedzi na czwarty zarzut), *l'on peut dire que la vertu qui ainsi meut en circuite cette basse partie du monde, c'est sa nature, sa forme* (tj. kształt, a nie „forma“ w znaczeniu, jakie to słowo posiada w metafizyce Arystotelesa); *et est ce même qui meut la terre* (tj. ziemię jako element) *à son lieu quand elle en est hors*. Otóż widzieliśmy (por. twierdzenie nr 3), że według Kopernika ciężary spadają na Ziemię dlatego i tylko dlatego, iż „są wytrącone ze swego naturalnego miejsca“, co jest prostym wnioskiem z nauki Arystotelesa o czterech elementach; gdyby jednak pod tym względem mógł jeszcze zachodzić cień wątpliwości, to go rozproszą cytaty z *Quaestiones in «De caelo»* wspomnianego już buridańczyka Alberta z Saksonii, które przytoczymy wśród uwag do następnego rozdziału (por. przypis do s. 18,39). Dalszym zaś wnioskiem z tejże perypatetycznej doktryny jest to, że w każdym konkretnym przypadku owa sprawcza przyczyna działa jednak tak długo, dopóki dane ciało nie znajdzie się w swym „naturalnym“ miejscu, w swym niejako przyrodzonym „legowisku“; kiedy to nastąpi, „przyczyna ruchu zanika *(desinit)*, ciało przestaje być ciężkie i jego ruch także zanika“ (parafrazujemy własne słowa Kopernika, znów całkowicie zgodne z Arystotelesem). Nie ma tu więc mowy o żadnej przyczynie „dynamicznej“ w dzisiejszym tego słowa znaczeniu, tak ruch, jak spoczynek zależy wyłącznie od tego, gdzie się dane ciało w danej chwili znajduje. Otóż w tym samym niewątpliwie duchu musimy interpretować sprawczą przyczynę ruchu obrotowego, który (jak to dosłownie powiada Kopernik) „podobny jest do spoczynku“, bo odbywa się „w miejscu“ i „trwa w swej jedności“, tzn. wciąż odtwarza swoją postać, „w której nie można znaleźć ani początku, ani końca“ (por. ks. I, rozdz. 4,). Taki zaś ruch musi być wieczysty, i to jednostajny (*circularis motus aequaliter semper volvitur*, powiada Kopernik), musi być „niezłożony“, a więc „przyrodzony“ (*simplicis corporis esse motum simplicem de circulari in primis verificatur*) i musi posiadać „niesłabnącą przyczynę“, która – jak to z całego toku rozumowania wynika – tkwi nie w czym innym, jak w samej lokalizacji obracającego się ciała, tj. sprowadza się po prostu do tego faktu, że to ciało (każda sfera niebieska u Arystotelesa, a u Kopernika także i kula ziemska) nigdy nie opuszcza swego „naturalnego“ miejsca, czyli (w przeciwieństwie do ciał obdarzonych niekiedy ruchem prostolinijnym) zawsze się znajduje „we właściwym stanie doskonałym co do swej natury“ (*recte se habet et est perfectum secundum naturam*). Jeśli zaś kogo jeszcze nie przekonała powyższa wykładnia, to podeprzemy ją cytatem z humanistycznego autora mało co od Kopernika starszego, i to takiego, którego dzieła – z innego co prawda zakresu – Kopernik w swej własnej bibliotece posiadał (por. L. A. Birkenmajer, I, s. 128–130). Mamy tu na myśli Jana Jowiana Pontana (1427–1505), dość znanego humanistę neapolitańskiego i jego dzieło *De rebus caelestibus*, napisane około 1490 r., a więc już za życia naszego astronoma. Wśród rozwlekłej przedmowy do III księgi tego dzieła pisze Pontanus (cytujemy według wydania bazylejskiego z 1530 r., s. 94): *Quocirca non aliter... tenendum ac sentiendum est quam ut caelestia illa corpora motus suos suasque orbiculationes sponte utique sua peculiarique potestate exerceant, nullis externis viribus adiuta, nulla Solis calefactione retro ad eum tracta, sed sola prorsus natura ministrante.* A więc nie tylko średniowiecznym scholastykom, lecz także i ludziom Odrodzenia zupełnie wystarczało mgliste pojęcie „natury“, a w szczególności pojęcie „naturalnego miejsca“ i ruchów κατὰ φύσιν na to, by – jak sądzili – całkowicie od strony fizycznej „wyjaśnić“ kinematykę wszechświata. I jeśli Kopernik mówi o „niesłabnącej przyczynie“, która ten wszechświat w wiecznym ruchu utrzymuje, to na pewno ani o krok się w tym nie oddala ani od Arystotelesa (*De caelo*, ks. I, rozdz. 2, 268 b 14–16: πάντα ... τὰ φνσικὰ σώματα ... καθ' αὐτὰ κινητα λέγομεν εἶναι κατὰ τόπον, τὴν γὰρ φύσιν κινήσεων ἀρχὴν εἶναι φαμεν αὐτοτς), ani od filozofii scholastycznej, ani od Pontana.

Podobnie ma się też sprawa z drugim szczegółem, którego dyskusję zapowiedzieliśmy wyżej. W tym mianowicie, co Kopernik mówi o spadaniu ciał ciężkich, usiłowano dostrzec „najwcześniejsze, o ile wiemy, jasne sformułowanie ruchu jednostajnie przyspieszonego“ (por. *Wybór pism M. Kopernika*, s. 42, w przypisie). Ależ Kopernik oświadcza wprawdzie, że takie ciało „z początku odbywa ruch powolny, a w miarę spadania szybkość swoją zwiększa“, zupełnie jednak nie dodaje, że zwiększa ją „jednostajnie“. Lakonicznych słów Kopernika (*velocitatem augent cadendo*) nie wolno więc i tutaj interpretować w duchu pogalileuszowskiej fizyki. Sprawa wydaje się nam tak oczywista, że na zakończenie niniejszego przypisu ograniczymy się do przytoczenia słów Duhema (Σώζειν τὰ φαινόμενα, jw., s. 138–139), doskonale charakteryzujących prawdziwą sytuację, w jakiej za życia Kopernika znajdowała się ta gałąź fizyki, którą dziś nazywamy mechaniką: *En la Dynamique... les lois de la chute libre de graves, entrevues le XIV-e siècle... demeuraient impliquèes dans les discussions métaphysiques sur le mouvement local, sur le mouvement naturel et sur le mouvement violent... Au temps de Galilée seulement, nous voyons la partie théorique, en même temps que sa forme mathématique, se préciser, se degager de la partie cosmologique. Jusque – là ceux deux parties demeuraient unies intimement ou plutôt enchevêtrées d'une manière inextricable; leur ensemble constituait là Physique du mouvement local.*

Str. 18,15. Ogólnikowa wzmianka Kopernika o tym, że stan bezruchu uważa się za bardziej boski niż stan zmienności i niestałości, nie daje dostatecznej podstawy do tego, by konkretnie wskazać, jakich filozofów ma on na myśli; ale najbliższe wydaje się przypuszczenie, że chodzi tu o Arystotelesa. Jego „teologię“ streszcza J. B. Mayor w następującym zdaniu: *God, the First Form, is also First Mover, the cause of the upward striving of the universe..., and this not by any act of creation, for He remains ever inmoved in His own eternity, but by the natural tendency which all things have towards Him as the absolutely Good* (wstęp do wydania *M. Tulli Ciceronis «De natura deorum»*, I, Cambridge 1891, s. XXVII). Na Arystotelesa powołuje się także i Oresme (*Revue générale de sciences*, jw., s. 871, szp. 1–2), kiedy rozważa pytanie, co jest „dostojniejsze“, ruch czy spoczynek, i konkluduje: *Et doncques reposer ou estre moins meu est mieux et plus noble condicion que estre meu ou et plus long de repos.* Nie wykluczone jednak, że oprócz *Metafizyki* Arystotelesa (gdzie oddzielnych składników jego „teologii“ należy się dopiero doszukiwać, zwłaszcza w ks. XI (XII), rozdz. 6–10, 1071 b – 1076 a) źródłem Kopernika był właśnie wymieniony przed chwilą dialog Cycerona (*De natura deorum*, ks. I, rozdz. 19–20, § 50–52), gdzie epikurejczyk C. Velleius tak przedstawia współrozmówcom poglądy swojej szkoły: *Et quaerere a nobis... soletis, quae vita deorum sit... Ea videlicet, qua nihil beatius... cogitari potest. Nihil enim agit, nullis occupationibus est implicatus,... sua sapientia et virtute gaudet... Hunc deum rite beatum dixerimus, vestrum vero laboriosissimum. Sive enim ipse mundus deus est, quid potest esse minus quietum, quam nullo puncto temporis intermisso versari circum axem caeli admirabili celeritate? (nisi quietum autem nihil beatum est); sive in ipso mundo deus inest aliquis qui... cursus astrorum... conservet..., ne ille est implicatus molestis negotiis et operosis!* Gdyż można chyba uważać za wielce prawdopodobne, po pierwsze, że Kopernik czytał ten dialog (tak jak czytał szereg innych dzieł Cycerona, zwłaszcza filozoficznych), a po drugie, że przy takiej lekturze musiał go zaciekawić ustęp, w którym „bezruch“ *(quies)* epikurejskiego boga rzucony jest na tło nieustannego i niepojęcie szybkiego obrotu sfer niebieskich.

Str. 18,22. Nie można wątpić, że podkreślenie tego, iż każdy oddzielny ruch kołowy należy odnieść do jego własnego środka, wydało się Kopernikowi ważne ze względu na kinematykę ruchów planet po epicyklach i epicyklów po ekscentrykach, bez których to kół obchodził się wyznawany przez Arystotelesa system sfer homocentrycznych, wirujących dookoła wspólnego „środka wszechświata“ (którym w tym systemie był oczywiście środek Ziemi). Zdanie to łączy się więc ściśle ze zdaniem poprzednim, w którym autor przypomniał zaobserwowany przez astronomów fakt, iż planety raz znajdują się bliżej Ziemi, a raz dalej. Skoro mianowicie (jak nauczał Arystoteles) mechanizm ruchów planetarnych składa się z samych tylko sfer (czy kół) posiadających wspólny środek w środku wszechświata i obracających się względem tego środka ruchem jednostajnym, to te założenia, łącznie wzięte, prowadzą do wniosku sprzecznego z obserwacją. Nie pozostaje tedy nic innego, jak odrzucić bądź jedno z tych założeń, bądź też oba naraz. Tą drugą drogą pójdzie Kepler w XVII w., tzn. nie cofnie się przed tym, co Kopernik z dezaprobatą określił słowami, że „jedno i to samo ciało porusza się zarówno dookoła środka, jak też od środka i ku środkowi" (wszechświata); natomiast wszyscy fachowi astronomowie od Hipparcha aż do Keplera, niezależnie od tego, czy ich system był geocentryczny czy heliocentryczny, starali się uratować znany nam już „aksjomat Platona", co – rzecz jasna – nieuchronnie prowadziło do odrzucenia pierwszego z wymienionych założeń i równocześnie do zmodyfikowania drugiego z nich w ten właśnie sposób, jak to w słowach: „musi się więc ruch dokoła środka brać ogólniej" zaznaczył Kopernik.

Widać stąd, jak podstawową rolę pełni u Kopernika to „uogólnienie" arystotelesowskiej definicji obrotów zachodzących we wszechświecie; gdyż, na dobrą sprawę, dopiero ono dało mu logiczną podstawę do przypisania Ziemi nie tylko obrotu koło własnej osi, lecz również obiegowego ruchu dokoła Słońca – jak o tym świadczą trzy pierwsze zdania następnego rozdziału.

Str. 18,27. Ostatnie zdanie rozdziału brzmi w oryginale: *Et haec ad primam quaestionis partem puto sufficere* i tym swoim ujęciem żywo przypomina zakończenie przeróżnych „kwestyj", w jakie obfituje literatura scholastyczna, która w formie takich właśnie „kwestyj" komentowała m. in. dzieła Arystotelesa; była zaś ta literatura emanacją wykładów, ćwiczeń (*exercita*) i dysput, odbywających się na średniowiecznych uniwersytetach. Kopernik, który kolejno przeszedł przez trzy a raczej cztery uniwersytety i spędził w ich murach przeszło 10 lat, nie mógł nie być otrzaskany z uniwersyteckimi „kwestiami" tego pokroju, toteż kto wie, czy nie pod ich właśnie wpływem taką scholastyczną formułą zakończył rozdział, który w gruncie rzeczy jest rodzajem dysputy z Arystotelesem. Mamy wrażenie, że ten posmak średniowiecza odczuli już współcześni, a mianowicie ci, co się krzątali koło pierwszego wydania *Obrotów*, a więc w pierwszym rzędzie J. J. Retyk, czymże bowiem innym wytłumaczyć fakt, że to zdanie, w autografie dzieła nie skreślone, zostało pominięte w pierwodruku z 1543 r.?

Ażeby zaś zrozumieć, dlaczego w tym zdaniu Kopernik mówi o pierwszej części „kwestii", należy się cofnąć do początku rozdz. 5 i do ostatniego ustępu rozdz. 6, gdzie autor podał niejako dyspozycję całości, jaką stanowią rozdziały 5–9, i zapowiedział, że równolegle rozpatrzy sprawę ruchu Ziemi i sprawę jej lokalizacji we wszechświecie (i gdzie – dodajmy w nawiasie – użył tego samego słowa *quaestio* względnie *quaeritur*). Jakoż w rozdz. 8 zakończył rozpatrywanie pierwszej z tych spraw, przynajmniej co się tyczy dziennego obrotu Ziemi; w rozdz. 9 przejdzie do zagadnienia, czy środek wszechświata zajmuje Ziemia, czy Słońce.

Str. 18,38. Na pierwszy rzut oka może się wydać dziwne, dlaczego Kopernik uznał za stosowne wpleść tu dwa zdania o tym, że należy odróżnić środek wszechświata od środka, do którego „grawitują ciężkie ciała na Ziemi", skoro ta sprawa – według dzisiejszych naszych zapatrywań – niewiele ma wspólnego z geocentryzmem i heliocentryzmem astronomicznym, tj. z naczelnym zagadnieniem niniejszego rozdziału. Otóż trzeba pamiętać o tym, że (jak to zaraz bliżej objaśnimy) doktryna Arystotelesa o czterech elementach nieuchronnie prowadziła do wniosku, że ruch swobodnie spadającego kamienia kieruje się nie tyle do środka Ziemi, ile do środka wszechświata; temu zaś wnioskowi musiał się Kopernik przeciwstawić, skoro codzienne doświadczenie poucza nas o tym, że kamień spada ku środkowi Ziemi, co łącznie z owym wnioskiem prowadzi oczywiście do dalszej konkluzji, a mianowicie, że środek Ziemi jest zarazem środkiem wszechświata.

Czy jednak istotnie ów (pierwszy) wniosek jest nieuchronnym następstwem doktryny Arystotelesa o czterech elementach? Niewątpliwie tak, a pomostem łączącym go z tą doktryną jest nie co innego jak arystotelesowska klasyfikacja ruchów „przyrodzonych", które wszystkie trzy (tj. kołowy, prosty w dół i prosty do góry) rozważa Arystoteles w odniesieniu do całości wszechświata, a więc także i do jego środka (*De caelo*, ks. I, rozdz. 2; por. *Revolutiones*, ks. I, rozdz. 7); gdy więc chodzi o elementy ciężkie (ziemia i woda), to według Stagiryty ich miejscem „naturalnym" jest środek wszechświata i ku niemu to one zdążają przy swobodnym spadaniu. Jeśli zaś kogo nie zadowala ta dedukcja, to powołamy się na inne miejsce z *De caelo* (ks. IV, rozdz. 3, 310 b 3–5), które sprawę bezapelacyjnie rozstrzyga; w przekładzie Argyropyla brzmi ono tak: *Non enim, si quispiam terram eo in loco posuerit, ubi nunc est Luna, quaeque partium ad ipsam ferretur, sed eum in locum, ubi etiam nunc est collocata.* Trudno w dobitniejszy sposób wyrazić twierdzenie, że kamień spada na Ziemię tylko dlatego, że jej środek jest środkiem wszechświata.

Str. 18,39. Aleksandrowi Humboldtowi dało to miejsce powód do mniemania (*Kosmos*, II, Stuttgart 1847, s. 347–348), że w umyśle Kopernika świtała już myśl *von der allgemeinen Schwere oder Anziehung gegen den Weltmittelpunkt, die Sonne*, czyli coś w rodzaju newtonowskiego prawa o powszechnym ciążeniu. To mniemanie tuła się po kopernikowskiej literaturze aż do dni dzisiejszych, jakkolwiek jego bezzasadność wykazał Menzzer już w 1879 r. (przypisy, s. 8). Jakoż przede wszystkim nie może być mowy o tym, żeby w tekście Kopernika chodziło o grawitację ku środkowi wszechświata; czytamy tam najpierw o „naturalnej dążności" cząstek ziemskich do skupiania się wokoło środka Ziemi, a potem (tj. w następnym zdaniu) jest to w formie „prawdopodobnego" domysłu rozszerzone na Słońce, Księżyc i planety – w tym oczywiście znaczeniu, że także i ich części, dzięki podobnej dążności, skupiają się razem i że z tej właśnie przyczyny każde z tych ciał niebieskich „trwa w krągłości". Po wtóre ani słowa nie czytamy o tym, żeby omawiana dążność miała charakter siły (jak w dynamice Newtona) czy nawet bodaj jakiegoś, bliżej nie określonego „przyciągania" (*Anziehung*); Kopernik w gruncie rzeczy nie wychodzi poza ramy „klasycznej filozofii" (tak to określa Menzzer), a ściślej mówiąc poza ramy „fizyki" perypatetyczno-scholastycznej, co nam za chwilę potwierdzi jeden ze średniowiecznych jej przedstawicieli.

Oba te zdania należy mianowicie wprowadzić w związek z wywodami poprzedniego rozdziału *Obrotów* (ks. I, rozdz. 8), co już uczynił Menzzer, a także z pierwszym rozdziałem tejże księgi oraz z innymi analogicznymi wypowiedziami Kopernika. Taka konfrontacja prowadzi nas najpierw do wniosku, *dass für Copernicus die gradlinige Bewegung, welche bei dem Fallen der Körper eintritt, deswegen stattfindet, weil die fallenden Körper sich nicht an den Orten der Erde befinden, wohin sie ihrer Natur nach gehören* (Menzzer). Jest to – jak już wiemy z poprzednich przypisów – spekulatywna koncepcja Arystotelesa w swej najczystszej postaci. Ale Kopernik wprowadza do tej koncepcji dwie (lub, jeśli kto woli, trzy) również spekulatywne modyfikacje, jedną w duchu Arystotelesa, drugą (i trzecią) wręcz mu przeciwną, lecz nawiązującą logicznie do tych zmian, jakie już poprzednio w kosmologii Stagiryty poczynił.

Pierwsza modyfikacja jest raczej szczegółowym rozwinięciem kosmologicznych poglądów Arystotelesa: powiada mianowicie Kopernik, że owa naturalna dążność została cząstkom ziemskim nadana przez Opatrzność po to, „żeby się łączyły w jedność i całość, skupiając się razem w kształt kuli". Jeśli to porównamy z rozdz. I ks. I, gdzie kształt kulisty jest nazwany *forma perfectissima omnium... tota integritas* (*De revolutionibus*, s. 8,19) i gdzie powiedziano, że taki właśnie kształt najbardziej przystoi (*maxime decet*) każdej takiej rzeczy, która „ma zachować" (*conservaturum*) inne, czyli zapewnić im niezniszczalność, to jasno zrozumiemy, dlaczego Kopernik teraz oświadcza (w odniesieniu do Słońca itd.), że celem owej dążności jest zapewnienie ciałom kosmicznym „trwania w krągłości". Przez oba zdania, o których mówimy, przebija się więc szereg charakterystycznych składowych światopoglądu Kopernika; teleologiczne stanowisko filozoficzne (por. dwa zdania celowe rozpoczynające się od spójnika *ut*), przekonanie o doskonałości wszechświata i jego „harmonii" (por. ostatnie zdanie niniejszego rozdziału), pewna skłonność do pitagoreizmu i platonizmu (korelacja między realnym światem a bryłami geometrycznymi), przekonanie o „trwałości" każdego z osobna ciała niebieskiego, będącej wynikiem ich kulistego kształtu (co jest jakby przeczuciem twierdzenia dzisiejszej hydrodynamiki, że taka właśnie postać jest postacią trwałej równowagi dla cieczy pozostającej w spoczynku i nie poddanej działaniu sił zewnętrznych). Może nie dla wszystkich tych składowych znaleźlibyśmy ścisłe analogie w pismach Arystotelesa, ale niewątpliwie nic tu nie ma takiego, co by było sprzeczne ze Stagirytą i z tymi szkołami filozoficznymi, które się od niego wywodzą.

Jest to prawdziwe do tego stopnia, że zasadnicze punkty poglądu Kopernika na istotę „ciężkości" możemy wprost zilustrować cytatami z *Quaestiones in «De caelo»* wspomnianego już buridańczyka Alberta z Saksonii, które przydadzą się zarazem na to, by wbrew Humboldtowi wykluczyć z omawianych zdań pojęcie siły grawitacyjnej czy też przyciągania. Zaczerpniemy te cytaty z rozdziału pt. *Utrum loca naturalia gravium et levium sint causae suorum motuum?* (lib. III, qu. 7). Następują tam po sobie trzy takie wnioski: *Secunda conclusio: Nec locus gravis... attrahit grave eo modo, quo adamas attrahit ferrum, quemadmodum quidam imaginantur. Nam si sic, tunc locus naturalis ipsius gravis attraheret fortius vel velocius grave ubi propinquum quam remotum; et sic grave propinquius velocius moveretur, sicut est de ferro ad magnetem seu ad adamantem... Tertia conclusio: Locus naturalis est causa agens respectu locati... per modum conservantis, quando locatum iam fuerit in eo. Nam Locus* (sc. *naturalis*) *conservat locatum... Quarta conclusio: Locus deorsum potest dici causa finalis gravis et similiter motus eiusdem, ratione illius virtutis conservativae. Quia propter hoc grave naturaliter appetit et intendit esse deorsum; scilicet, ut ibi naturaliter conservetur.* Niech nas nie myli pozorna sprzeczność pierwszego wniosku z tym, co Kopernik (ks. I, rozdz. 8) mówi o stopniowym zwiększaniu się szybkości spadającego kamienia; nie o to chodzi Albertowi, lecz o to, że przebieg tego spadania nie zależy od wysokości, na której się ono rozpoczyna. W ostatnim zaś wniosku zwrócimy uwagę na słowo *appetit*, któremu u Kopernika odpowiada *naturalis appetentia*, czyli *affectio* – dążność o charakterze „afektu", a więc jakby uczucia kierującego ruchami cząstek.

Dzięki książkom E. Solmiego i P. Duhema wiadomo dziś doskonale, że Leonardo da Vinci rozczytywał się w *Quaestiones* Saksończyka; nie byłoby żadnym paradoksem historycznym, jeśliby je czytywał także i Kopernik. Wyszły drukiem w Wenecji w 1497 r., tj. wkrótce po przyjeździe Kopernika do Włoch.

Co do drugiej ze wspomnianych modyfikacji, to polega ona na tym, że według Kopernika ciała ciężkie usiłują się skupić w środku Ziemi, podczas gdy według Arystotelesa spadałyby one do środka wszechświata nawet wówczas, gdyby tam Ziemi nie było (por. zakończenie poprzedniego przypisu). Tutaj, jak już powiedziano, Kopernik staje w jawnej opozycji względem Arystotelesa; ale jest to nieuchronnym wnioskiem z zasadniczej zmiany, jaką twórca nowej astronomii wprowadził (bo musiał wprowadzić) do doktryny Stagiryty o ruchach przyrodzonych, którą „uogólnił" w przedostatnim zdaniu poprzedniego rozdziału. Co się wreszcie tyczy „prawdopodobieństwa", że ciężkość – rozumiana jako dążność do skupienia się części – istnieje też na Słońcu, Księżycu i planetach, to afizyczny charakter tej dążności (*affectio*) już sam przez się wyklucza myśl o „powszechnej" grawitacji, przynajmniej w dzisiejszym tego słowa znaczeniu. Próżno się tu doszukiwać czegoś więcej, jak wariantu tej samej myśli, która się przewija przez *Revolutiones* ks. I, rozdz. 1 (s. 8,22–23 tekstu łacińskiego): *quod universa appetunt terminari* (por. też następujące *cupiunt*).

Str. 19,6. Co to są gwiazdy ranne i wieczorne, objaśnia Kopernik w rozdz. 13, ks. II, (s. 78,13–21).

Str. 19,11. Jak już nadmieniono w przedostatnim przypisie, głębokie przekonanie o harmonii kosmosu stanowi jedną z istotnych składowych światopoglądu Kopernika. Na kartach jego dzieła występuje ono wielokrotnie, i to m. in. w takich miejscach, gdzie użycia słowa *harmonia* i równoważnego z nim słowa *symmetria* nie sposób uważać za jakiś zdawkowy frazes, odgrywający rolę czysto stylistyczną. Dwa zwłaszcza miejsca wypada tu przytoczyć, bo w nich Kopernik tymi właśnie słowami sam charakteryzuje cały swój system i jego wyższość nad systemem geocentrycznym; przy tym te miejsca należą do takich ustępów *Obrotów*, w których autor wypowiada się w sposób najbardziej osobisty. Są to zarazem dwa najsławniejsze ustępy w całości dzieła, a mianowicie wspaniały *List dedykacyjny* i równie wspaniały 10 rodział I księgi, poświęcony wykładowi całokształtu nowego systemu kosmologicznego.

W *Liście dedykacyjnym* zarzuca Kopernik swym poprzednikom, że nie odkryli we wszechświecie najważniejszej rzeczy; powiada mianowicie: *Rem quoque praecipuam, hoc est mundi formam ac partium eius certam symmetriam non potuerunt invenire vel ex illis colligere* (*De revolutionibus*, s. 4,22–23), po czym przyrównywa owych poprzedników do dobrych wprawdzie malarzy szczegółów, którzy doskonale umieją oddać na płótnie oddzielne części ciała ludzkiego, ale nie potrafią skomponować z nich całości. W rozdziale zaś 10 oświadcza nie bez dumy: *Invenimus igitur sub hac ordinatione admirandam mundi symmetriam ac certum harmoniae nexum motus et magnitudinis orbium, qualis alio modo reperiri non potest* (*De revolutionibus*, s. 21,3–5). Mamy więc przed sobą dwa człony przeciwstawienia, w którym autor zawarł najważniejszą *(praecipuam)*, jego zdaniem, różnicę między oboma układami świata, a równocześnie w dobitny sposób wyraził to, co (jego znowu zdaniem) stanowi i decyduje o istocie postępu, jakiego on sam w astronomii dokonał: tym czymś było odkrycie we wszechświecie podziwu godnej „symetrii" i ustalonej „harmonii". Oba te zresztą słowa (jak łatwo udowodnić na podstawie literatury antycznej i na podstawie pism renesansowych teoretyków sztuki) są właściwie synonimami i ze swej strony synonimami ładu, porządku i prawidłowości.

Był więc Kopernik jak najgłębiej przekonany o tym, że kosmos jest zbudowany zgodnie z prawidłami sztuki i że on właśnie odkrył, jak ten tkwiący we wszechświecie ład i porządek naprawdę wygląda, o co bezskutecznie (jego zdaniem) zabiegali myśliciele starożytni. Gdyż samo przekonanie o ładzie i o wypływającej z niego doskonałości świata nie było zgoła nowe; wręcz przeciwnie było to, rzec można, wspólne dobro całej prawie filozofii greckiej, co najmniej od czasów Pitagorasa i Platona. W tym tedy względzie nie ma potrzeby podkreślać u Kopernika specjalnie elementów pitagorejskich, platońskich czy neoplatońskich (jak to się niekiedy czyni); wcale ich nie negując warto przecież nadmienić, że wiara w doskonałość (i w „dobroć") wszechświata jest wybitną cechą filozofii i „teologii" stoickiej. Wszakże Cycero w usta właśnie stoika Balbusa wkłada te lapidarne słowa: *est autem nihil mundo perfectius, nihil virtute melius* (*De natura deorum*, ks. II, rozdz. 14, § 39).

Str. 19,16. Mówiąc o „dawnych filozofach", którzy ustalali kolejność planet na podstawie długości ich obiegów, tzn. zakładali, że ta planeta bardziej jest oddalona od środka wszechświata, której obieg trwa dłużej (czyli szybkość kątowa jest mniejsza), ma Kopernik na myśli przede wszystkim Arystotelesa, bo ten poświęca owej zasadzie cały jeden rozdział, co prawda złożony z paru tylko zdań (*De caelo*, ks. II, rozdz. 10, 291 a 29–b 10). Jedno z nich warto przytoczyć (w przekładzie Argyropyla), ale czytając je musi się mieć na uwadze to, że Stagiryta „liczy" tu odległość sfer planetarnych nie od środka wszechświata, lecz od „pierwszego obrotu" (*prima conversio*, u średniowiecznych astronomów *primum mobile*), czyli od sfery gwiazd stałych: *Consentaneum iam est rationi eam quidem (sphaeram), quae proxima est simplici primaeque conversioni, plurimo in tempore suum orbem pertransire, eam vero, quae remotissima est, in minimo, caeterarum autem semper eam, quae est propiquior, in maiore (tempore), eam vero, quae est remotior, in minore.*

Zobaczymy w dalszym ciągu niniejszego rozdziału (a to w dwu zdaniach bezpośrednio sąsiadujących z rysunkiem systemu heliocentrycznego), że Kopernik na tej arystotelesowej zasadzie – którą tam nazywa *prima ratio* – oparł kolejność planet w nowej astronomii, ale (rzecz prosta) stosując tę zasadę do innego środka wszechświata niż Arystoteles.

Str. 19,18. Euklides, *Optica*, rec. Theonis, § 53 (wyd. Heiberga, s. 240).

Str. 19,23. W tym miejscu okazało się konieczne nieco swobodniejsze tłumaczenie łacińskiego tekstu, który jest bardzo zwięzły *(eo quod non omnifariam elongantur a Sole)*; jego dosłowny przekład nie byłby zrozumiały dla dzisiejszego czytelnika.

Str. 19,25. Plato, *Timaeus*, 38 D.

Str. 19,26. Ptolemeusz, *Almagest*, ks. IX, rozdz. I (Heiberg, II, s. 206–207, wyd. 1515 r., k. 93v).

Str. 19,26. Chodzi o arabskiego uczonego, który się właściwie nazywał Nur ad-din al-Bitrugi, co łacinnicy przekręcili na „Alpetragius". Żył w Hiszpanii około połowy XII w., mniej więcej współcześnie z Awerroesem i, podobnie jak on, był skrajnym zwolennikiem filozofii Arystotelesa i – skutkiem tego – wyznawcą astronomicznego systemu sfer homocentrycznych. Usiłował go przeciwstawić systemowi Ptolemeusza w osobnym dziele, którego arabski oryginał zaginął; istnieje tylko przekład hebrajski i dwa łacińskie. Wcześniejszego z tych dwu dokonał Michał Scotus już z początkiem XIII w. (w 1217 r.), lecz ten dotychczas zalega w rękopisach; drukowany był tylko drugi przekład, oparty nie na oryginale arabskim, lecz na hebrajskiej wersji z 1259 r. Dokonał tego (łacińskiego) przekładu współczesny Kopernikowi uczony żydowski Calo Calonymus (ben Dawid) i ogłosił w Wenecji w 1531 r. Ale nie z tego wydania zaczerpnął Kopernik wiadomość, że Alpetragius umieszczał Wenus powyżej Słońca, a Merkurego poniżej; wiedział o tym już w Bolonii, przez pośrednictwo *Epitomatu* Peuerbacha-Regiomontana (por. L. A. Birkenmajer, I, s. 7), którzy widocznie mieli dostęp do w. w. przekładu Michała Szkota.

Str. 19,28. Dotychczasowa literatura kopernikańska (o ile wiemy) nie odpowiedziała jeszcze na pytanie, jakich zwolenników Platona ma tu Kopernik na myśli. – Fazy planety Wenus odkrył dopiero (jak wiadomo) Galileusz w 1610 r., za pomocą niedawno przedtem wynalezionej lunety. Zaraz potem odkryto również fazy Merkurego, ale w tym przypadku pierwszeństwo Galileusza jest nieco sporne (por. Zinner, *Entstehung und Ausbreitung der Coppernicanischen Lehre*, Erlangen 1943, s. 340, 343, 354).

Str. 19,33. Jak długo astronomowie byli zdani li tylko na obserwacje wykonywane gołym okiem, tak długo było rzeczą wykluczoną lub prawie wykluczoną, by mogli zauważyć (rzadkie przy tym) zjawisko, zwane przejściem dolnej planety przed tarczą słoneczną. Por. szczegółowe omówienie tej sprawy przez J. J. Lalande'a (*Astronomie*, 3e édition, II, Paris 1792, s. 448–452, 462), który wręcz oświadcza, że zwłaszcza dla Merkurego, było to czystym niepodobieństwem nie tylko dlatego, iż na podstawie ówczesnych tablic astronomicznych nie można było z góry obliczyć dokładnej daty takiego zjawiska (co tyczy się również przejść planety Wenus), lecz przede wszystkim dlatego, iż średnica pozornej tarczy Merkurego (ok. 12″) wynosi zaledwie stopięćdziesiątą część średnicy pozornej tarczy Słońca, a przeto tak drobna „plamka" całkowicie znika w blasku słonecznym (por. co o tym mówi Kopernik w drugim ustępie niniejszego rozdziału). Co do planety Wenus, dla której tenże stosunek wynosi około 1:30, to trzeba najpierw pamiętać, że jej przejścia są o wiele rzadsze niż przejścia Merkurego i zdarzają się zaledwie 4 razy na każde 243 lata. Podobno podczas takiego przejścia z 1761 r. można było gołym okiem widzieć tę planetę na tle Słońca, ale Lalande podaje to w wątpliwość; toteż uważa za rzecz pewną, że dopiero wynalazek lunety naprawdę umożliwił obserwowanie przejść, o które chodzi. Dla planety Wenus pierwszą taką obserwację wykonał dwudziestoletni J. Horrocks w 1639 r., w dość dramatycznych okolicznościach. Mniej zgodne opinie czyta się w historiach astronomii na temat pytania, kto i kiedy obserwował po raz pierwszy przejście Merkurego, bo niektórzy podają, że pierwsza „dokładnie" *(accurately)* wykonana obserwacja pochodzi dopiero z 1677 r. My jednak wolimy zaufać Lalande'owi, który w swoim czasie był powszechnie uznanym autorytetem właśnie co do elementów ruchu Merkurego i którego w. w. książka na paru stronicach (s. 450–454) podaje obfite dane historyczne o obserwacjach przejść tej właśnie planety; według tego zatem „katalogu" przypiszemy pierwszeństwo P. Gassendiemu oraz innym jego rówieśnikom i datę cofniemy wstecz do 1631 r. – W sprawie związku między kolejnością planet a zjawiskami, o których tu mówimy, por. także *Almagest*, jw. (Heiberg, II, s. 207, w. 4–12), gdzie Ptolemeusz przyjmuje za prawdę fakt „nieprzechodzenia" dolnych planet przed tarczą słoneczną, ale zaprzecza wnioskowi, jaki z tego „faktu" wyciągają zwolennicy lokalizowania tychże planet powyżej Słońca.

Str. 19,38. Ustęp, który tu się rozpoczyna, nie został jeszcze (o ile nam wiadomo) w całości historycznie przeanalizowany przez dotychczasowych badaczy spraw kopernikańskich. Jest co prawda jasne, że głównym przedstawicielem lokalizacji obu planet poniżej Słońca jest dla Kopernika Ptolemeusz, bo o tym była wzmianka już w pierwszym ustępie niniejszego rozdziału. Ale w owym, już dwukrotnie przez nas zacytowanym rozdziale *Almagestu* (ks. IX, rozdz. I), który nosi tytuł „O kolejności sfer Słońca, Księżyca i pięciu planet", nie znajdujemy tej specyficznej argumentacji, jaką tutaj Kopernik szczegółowo przytacza i z którą będzie polemizował w następnym ustępie niniejszego rozdziału. Musiał więc ją znaleźć w jakimś innym źródle.

W poszukiwaniu tego źródła natrafimy najpierw na ślad wiodący do innego dzieła (a raczej dziełka) Ptolemeusza pt. *Ogólny wykład o planetach* (Ὑποθέσεις τῶν πλανωμένων), gdyż właśnie na nie powołuje się Proklos w jednym z miejsc, o których zaraz będzie mowa. Ale już to, co czytamy w objaśnieniach K. Manitiusa do drugiego z tychże miejsc (*Procli Diadochi hypotyposis astronomicarum positionum*, Lipsiae 1909, s. 305–306, przypis 35), musi usposabiać sceptycznie, bezpośredni zaś wgląd do owego ptolemeuszowego dziełka wykazuje, że w nim istnieje zaledwie pierwszy zalążek argumentacji, o której genealogię nam chodzi. Na dobitkę znajdujemy go w II księdze ptolemeuszowskiego *Wykładu*, która to księga nie doszła do nas w greckim oryginale, lecz tylko w przekładzie arabskim, z tego zaś przekładu przetłumaczono ją na język niemiecki dopiero w naszym stuleciu. W tym stanie rzeczy dla nas całkiem wystarczy wiadomość, że w jednym jedynym zdaniu Ptolemeusz uzasadnia przyjętą przez siebie kolejność sfer planetarnych na tej podstawie, iż w przeciwnym razie *zwischen der Sonne und dem Mond ein so grosser Raum leer bliebe, als ob ihn die Natur vergessen und verlassen hätte* (*Claudii Ptolemaei Opera*, t. II, Lipsiae 1907, s. 118, w. 10–20; por. Manitius, jw., s. 306). Jakkolwiek zatem istota owej (przez Kopernika krytykowanej) argumentacji jest tu dość wyraźnie zaznaczona, to już sam tylko brak wszelkich szczegółów ilościowych każe nam zaniechać domysłu, jakoby to – niedostępne aż do naszych czasów – dziełko Ptolemeusza stanowiło dla Kopernika źródło informacji.

Natomiast takim informatorem mógłby być Proklos, u którego – jak już wspomniano – ów zalążek rozrósł się do znacznie pokaźniejszych rozmiarów i to dwukrotnie. Raz w komentarzu do platońskiego *Timeusza* (pełny tekst przedrukowuje Manitius, jw., s. 312–313), drugi raz we wspomnianej już *Hypotyposis*, rozdz. VII, § 19–23 (wyd. Manitiusa, s. 220–224). Jako źródło Kopernika może wchodzić w rachubę zwłaszcza ten drugi utwór Proklosa, gdyż tylko w nim (a nie w tamtym) niektóre przynajmniej dane liczbowe są przytoczone z dokładnością do ułamków; i tak największa odległość Księżyca od Ziemi podana jest na $64^1/_6$ promienia ziemskiego (jak u Kopernika), podczas gdy w komentarzu do *Timeusza* autor z rozmysłem zaokrąglił ją do 64 promieni; poza tym tok rozumowania jest w tym komentarzu inny niż u Kopernika, której to różnicy nie stwierdzamy w tym stopniu między *Revolutiones* a *Hypotyposis*. Łacińskie tłumaczenie *Hypotyposis* przez Jerzego Vallę ukazało się w 1501 r. w obrębie tego samego druku, co jego przekład *Optyki* Euklidesa (por. nasz przypis do s. 11,36), i ten druk był Kopernikowi dostępny (L. A. Birkenmajer, *Stromata*, jw., s. 152–168), toteż na pierwszy rzut oka problem „źródła" mógłby się już wydać całkowicie rozwiązany, gdyby nie to, że ów przekład urywa się na końcu rozdziału V (wyd. Manitiusa, s. 198), a przeto nie obejmuje wyżej wskazanego miejsca (rozdz. VII, § 19–23). A więc pod względem historycznoliterackim rzecz wymaga jeszcze dalszych poszukiwań.

Pod względem jednak merytorycznym nie ulega wątpliwości, że argumentacja, o którą chodzi, w ten czy ów sposób wywodzi się z Proklosa (a nie z Eratostenesa, jak sądzi Dobson, s. 30, przypis 44). Ażeby ją należycie zrozumieć, trzeba wiedzieć, że według Proklosa i całej gromady innych astronomów (zwłaszcza średniowiecznych), orbita każdej planety zawierała się między dwiema powierzchniami kulistymi, współśrodkowymi z Ziemią, czyli że każda „sfera" planetarna posiadała pewną grubość, wyznaczoną przez różnicę promieni jej powłoki zewnętrznej i jej powłoki wewnętrznej, tj. przez różnicę między największą a najmniejszą odległością planety od Ziemi. Argumentacja, którą przytacza Kopernik, opiera się dalej na założeniu, że kolejne sfery, licząc od księżycowej, w taki sposób wchodzą jedna w drugą, iż między nimi nie powinno być pustych przestrzeni (por. wyd. Manitiusa, s. 222, w. 5–7); tak więc odległość Ziemi od Księżyca podczas jego apogeum powinna się równać odległości Ziemi od następnej planety podczas jej perigeum, itd.

Dane liczbowe dla „największych odległości" (od Ziemi), jakie przytacza Proklos w *Hypotyposis*, są następujące: dla Księżyca $64^1/_6$, dla Merkurego $177^{33}/_{60}$, dla Wenus 1190 promieni ziemskich. Jak się przedstawia ta sprawa u Kopernika, zobaczymy w jednym z następnych przypisów; na razie wystarczy zwrócić uwagę na same tylko liczby i stwierdzić, iż pierwszą z nich ($64^1/_6$) przytacza Kopernik bez zmiany, drugą ($177^{33}/_{60}$) zaokrągla do $177^1/_2$ *fere* (co znaczy ten dodatek, wyjaśnimy w następnym przypisie); trzeciej liczby (1190) nie ma w *Revolutiones* (genezę tego faktu objaśniamy we właściwym miejscu). „Najmniejsza odległość" Słońca od Ziemi jest podana tu i tam tak samo (1160 promieni ziemskich); a także wyliczenie, że między „największą odległością" Księżyca a „najmniejszą odległością" Słońca zawiera się 1096 promieni ziemskich, identycznie zachodzi u Kopernika i u Proklosa (wyd. Manitiusa, s. 222, w. 5).

Str. 19,42. Miejsce to dowodzi, że w ustach Kopernika przysłówek *fere* (w połączeniu z jakąś daną liczbową) może oznaczać nie tylko „prawie", czyli „mało co mniej niż", lecz również „około", czyli „w przybliżeniu", „mniej więcej". (Jakoż mnożąc $64^1/_6$ przez 18 otrzymujemy na iloczyn nie 1160, lecz 1155, co znaczy, że liczba $64^1/_6$ mieści się w 1160 nie „prawie 18 razy", lecz o odrobinę więcej niż 18 razy; jest to zresztą zgodne ze znanym pomiarem Arystarcha z Samos, który w swym dziełku *O wielkościach i odległościach Słońca i Księżyca* doszedł do wniosku, że Słońce jest oddalone od Ziemi 18–20 razy tyle, co Księżyc; por. np. G. Schiaparelli, *Scritti sulla storia della astronomia antica*, I, Bologna 1925, s. 339). Pod tym względem Kopernik nie odbiega od terminologii greckich matematyków, u których przysłówek ἔγγιστα (w związku z daną liczbową) może czasem znaczyć „dokładnie", ale na ogół znaczy „prawie dokładnie", „bardzo blisko do".

To stwierdzenie przyda się nam w paru dalszych przypisach do niniejszego rozdziału, a także przy omawianiu goniometrycznej tablicy, dołączonej do ks. I, rozdz. 12 *Obrotów;* tutaj zaś stanowi legitymację dla przełożenia przysłówka *fere* przez „około".

Str. 20,5. W tym miejscu popełnił Kopernik grubą nieścisłość przy zdawaniu sprawy z argumentacji, którą referuje; powiada mianowicie, że podana w niej wartość liczbowa, $177^1/_2$ promieni ziemskich, odnosi się do odstępu *inter absides Mercurii*, czyli między największą i najmniejszą odległością tej planety od Ziemi. Tymczasem Proklos (wyd. Manitiusa, s. 22, w. 18–19) wyraźnie powiada, że owa wartość (a ściślej mówiąc wartość $177^{33}/_{60}$ promieni ziemskich) wyznacza odległość Merkurego od Ziemi podczas apogeum. Łatwy rachunek ujawni nam prawdopodobną przyczynę, dla której Kopernik wprowadził tę zmianę, a także przyczynę, dla której nie przytoczył wartości 1190 promieni ziemskich, jaka według Proklosa ma odpowiadać odległości planety Wenus od Ziemi podczas apogeum, lecz zastąpił ją wzmianką o „grubości" sfery tejże planety. Wyliczenia Proklosa prowadzą mianowicie do dość kłopotliwego wniosku, że Wenus podczas apogeum znajduje się dalej od Ziemi niż Słońce podczas perigeum (por. wyd. Manitiusa, s. 224, w. 11–13), nad którym to wnioskiem przechodzi zresztą do porządku dziennego, zadowalając się stwierdzeniem, że te dwie odległości (1190 i 1160 promieni ziemskich) są „bardzo zbliżone" (ἔγγιστα). Otóż Kopernik uniknął tego wniosku właśnie przez inną interpretację wartości $177^1/_2$ oraz przez to, że w usta swoich poprzedników włożył twierdzenie, iż planecie Wenus przeznaczają oni „przestrzeń" wynoszącą 910 promieni ziemskich, co przy założeniu, że między kolejnymi sferami nie może być pustki (por. przedostatni przypis), jest wręcz sprzeczne z liczbami podanymi przez Proklosa, z których dla owej „przestrzeni" wypada przeszło 1012 obranych jednostek. Cały więc rachunek przedstawia się u Kopernika tak: grubość sfery Księżyca wynosi $64^1/_6$, sfery Merkurego $177^1/_2$, sfery Wenus 910, co w sumie daje tylko $1151^2/_3$ promieni ziemskich, a więc nie dosięga odległości Słońca od Ziemi w czasie perigeum.

Problem historycznoliteracki, czy omówione emendacje liczbowe przeprowadził Kopernik na własną rękę, czy też może je przejął od kogo innego, musimy pozostawić naszym następcom.

Str. 20,7. Tu kończy się sprawozdanie Kopernika z argumentacji, od której rozpoczął cały ustęp; dla dalszych bowiem zdań nie znajdujemy już paraleli u Proklosa (przynajmniej w nawiązaniu do jego wywodów, o których dotychczas mówiliśmy). W zdaniach tych powraca Kopernik do zagadnienia przejść dolnych planet przez tarczę słoneczną, o czym już była mowa w poprzednim ustępie; rozumuje zupełnie podobnie, jak w 250 lat potem Lalande.

Str. 20,14. Wybitny astronom arabski, którego *Obroty* w tym miejscu po raz pierwszy wspominają, nazywał się Muhammad ibn Gabir al-Battani i zmarł w 929 r. naszej ery, licząc przeszło 70 lat. Większość życia spędził w miejscowości Raqqah, położonej na lewym brzegu Eufratu, gdzie wykonał długi szereg dokładnych (jak na owe czasy) obserwacji, które mu umożliwiły wprowadzenie licznych poprawek do liczbowych wartości, przyjętych przez Ptolemeusza. Nie jest jednak prawdą, że (jak to podają np. Zellerowie, s. 440) odkrył on tzw. własny ruch apogeum słonecznego (czyli ten fakt, iż – wbrew Ptolemeuszowi – apogeum słoneczne porusza się, zresztą bardzo wolno, względem gwiazd stałych) i że w ten sposób wyprzedził analogiczne odkrycie dokonane przez Kopernika w drugim dziesiątku lat XVI w.; por. L. A. Birkenmajer, I, s. 73.

Na podstawie swych dostrzeżeń opracował al-Battani obszerne dzieło astronomiczne, które zachowało się do naszych czasów zarówno w arabskim oryginale, jak i w łacińskim przekładzie, wykonanym w pierwszej połowie XII w. przez Platona z Tivoli. Miejscowość Raqqah, gdzie żył i obserwował al-Battani, nosi w tym przekładzie nazwę „Aracca" lub „Aracta", co jest koruptelą nazwy arabskiej poprzedzonej rodzajnikiem (ar-Raqqah). Wspominamy o tym dlatego, ażeby wyjaśnić, skąd się wziął przydomek „Aratensis", jakim Kopernik opatruje nazwisko naszego astronoma. Niekiedy go zresztą nazywa nie „Albategnius Aratensis", lecz „Machometus Aratensis"; obie te formy występują np. właśnie w miejscu, które omawiamy, gdyż w pierwotnym tekście autografu znajduje się tu słowo „Albategnius", które Kopernik później przekreślił i na marginesie napisał „Machometus".

Arabski oryginał dzieła al-Battaniego wzorowo wydał pierwszorzędny orientalista C. A. Nallino z udziałem równie znakomitego znawcy dawnej astronomii, jakim był G. V. Schiaparelli; obszerne komentarze obu wymienionych uczonych towarzyszą temu wydaniu, które wyszło w Mediolanie w latach 1899–1907. Co do przekładu Platona z Tivoli, to zalegał on w rękopisach aż do 1537 r., kiedy go po raz pierwszy wydrukowano w Norymberdze. Ale nie w tym wydaniu należy upatrywać źródło cytatów Kopernika; wszystkie one pochodzą z drugiej ręki, a mianowicie z *Epitomatu* Peuerbacha-Regiomontana (por. L. A. Birkenmajer, I, s. 7, 12–13). A więc także i ten, od którego wyszliśmy w niniejszym przypisie, odnajdujemy w *Epitomacie* (ks. IX, rozdz. 1).

Str. 20,16. Około tej wzmianki o Awerroesie i o jego *Parafrazie Almagestu* oplotła się tak gęsta sieć fałszywych wiadomości i domysłów, jak chyba wokoło żadnego innego miejsca w *Obrotach*. Rodowód tych błędów sięga wstecz aż do Keplera, a nawet do jego nauczyciela Michała Mästlina. Ten bowiem, jak donosi Kepler (por. L. A. Birkenmajer, I, s. 95), w poszukiwaniu źródła kopernikowskiego cytatu przeglądnął wszystkie drukowane komentarze Awerroesa do dzieł Arystotelesa, ale był to trud daremny. Prawdziwe źródło odkrył Kepler (por. tamże, s. 94–95, ale przez dziwną jakąś pomyłkę wyczytał w nim nazwisko arabskiego astrologa „Aven Rodan" (tj. Ali ibn Ridwan) zamiast „Aven Rois" (tj. Awerroes), co go skłoniło do twierdzenia, że Kopernik „przekręcił" *(commutavit)* brzmienie swego źródła i niepotrzebnie naraził Mästlina na *labor irritus*. Z kolei L. A. Birkenmajer (jw., s. 95) sięgnął do owego źródła i stwierdził konfuzję nie u Kopernika, lecz właśnie u Keplera; ale zwiedziony przekonaniem, że z przyczyn merytorycznych niepodobna przypisać Awerroesowi autorstwa jakiegoś *Skrótu Almagestu* (tamże, s. 91 i 93), uznał też za wykluczone, żeby Awerroes mógł gdziekolwiek wspominać o przejściu Merkurego przed tarczą słoneczną, „gdyż tym jednym faktem sam byłby przeciwko swym własnym wyobrażeniom najcięższą broń ukuł" itd. Na razie pozostawił więc rzecz w zawieszeniu; pod koniec życia skłaniał się do poglądu (Mikołaj Kopernik, *Wybór pism*, wyd. 2, Kraków 1926, s. 46, przypis 23), że jednak w źródle Kopernika tkwi taka pomyłka (Averroes zamiast Avenrodan), jak to mniemał Kepler. Uczony wydawca dzieł tego astronoma, Max Caspar, umie wskazać bezpośrednie źródło Kopernika, ale istnienie *Parafrazy Almagestu* przez Awerroesa uważa tylko za „prawdopodobne" (Johannes Kepler, *Gesammelte Werke*, IV, München 1941, s. 491–492). Zinner (jw., s. 510), powołując się na L. A. Birkenmajera, pisze: *So schrieb Coppernicus dem Averroes die Beobachtung eines dunklen Flecken auf der Sonne zu... Tatsächlich handelte es sich um Aven Rodan; Coppernicus hatte die Stelle wohl dem Werke des Pico della Mirandola wider die Sterndeutung entnommen* *und den Namen Aven Rodan in Averroes verschrieben.* Natomiast Dobson (s. 31, przypis 47) uważa za *not clear*, skąd Kopernik zaczerpnął swą wiadomość. Wreszcie Zellerowie (s. 441) przytaczają opinię Zinnera i powołują się na Caspara, ale dodają od siebie: *Locus a Copernico laudatus apud Averroem inveniri non potest.*

Gdy tak rzeczy stoją, czas już najwyższy, żeby wreszcie położyć tamę wszystkim legendom i stwierdzić dowodnie, że w cytacie Kopernika nie tkwi żadna pomyłka. Oto bowiem fakty.

Jest istotnie rzeczą powszechnie wiadomą, że Awerroes w głównych swoich dziełach filozoficznych, a zwłaszcza w obszernych komentarzach do *De caelo* i do *Metafizyki* swego uwielbianego mistrza Arystotelesa, zdecydowanie się opowiedział po stronie systemu sfer homocentrycznych i skutkiem tego gorąco zwalczał ptolemeuszowy system ekscentryków i epicyklów. Skoro jednak te komentarze pochodzą dopiero z ostatnich lat życia autora (zmarł w 1198 r.), czemu on sam daje wyraz wspominając tam o swojej starości (por. L. A. Birkenmajer, I, s. 98), przeto nie można z góry wykluczyć tego, żeby kiedyś wcześniej nie zajmował w tej materii mniej kategorycznego stanowiska i żeby w swym dorobku naukowo-literackim nie posiadał pozycji nawiązującej wprost do *Almagestu.* I rzeczywiście tak było: zaświadcza o tym źródło tak autentyczne, jak tylko to być może, mianowicie spis dzieł Awerroesa, wykonany przez jego rodzonego syna (Renan, jw., wyd. 2, s. 462; por. też s. 75, poz. 1–2). Pierwszą zaraz pozycją tej bibliografii jest *Skrót Almagestu*, a jego wysunięcie na naczelne miejsce świadczy, że powstał on w młodzieńczych latach autora, za czym przemawiają także względy merytoryczne i stylistyczne (M. Steinschneider, *Die hebräischen Übersetzungen des Mittelalters*, Berlin 1893, s. 548–549); gdyż ten *Skrót* zachował się do naszych czasów, jakkolwiek nigdy nie był drukowany (czym się tłumaczy *irritus labor* Mästlina i L. A. Birkenmajera). Dzieło to istnieje mianowicie w przekładzie hebrajskim, wykonanym w 1231 r. przez znanego tłumacza Jakuba Anatoli z Neapolu (Steinschneider, tamże, s. 546–549, § 240, zwłaszcza s. 547); odpisy nie są wcale rzadkie. Toteż dzięki Steinschneiderowi wiemy bodaj ogólnie, jaka jest treść *Skrótu;* dzieli się on na dwie księgi, z których pierwsza dotyczy całego wszechświata, a druga specjalnie omawia ruchy planet. Dzieło jest dość obszerne, skoro w rękopisie Hebr. 66 Biblioteki Narodowej w Wiedniu zajmuje 114 kart (A. Z. Schwarz, *Die hebräischen Handschriften der Nationalbibliothek in Wien*, Leipzig 1925, s. 225, poz. 195).

Ale mało tego, gdyż dzięki Steinschneiderowi możemy również udowodnić, że z tego właśnie dzieła dowiedzieli się późniejsi (a wśród nich Kopernik) o rzekomej obserwacji przejścia Merkurego przez tarczę słoneczną. Wprawdzie wiadomość, jaką w tym względzie podaje Steinschneider (s. 548, przypis 52), wydaje się nieścisła (może z winy rękopisu monachijskiego Hebr. 31, na którym, jak się zdaje, oparł Steinschneider swoje streszczenie), ale wynika z niej przynajmniej to, że przy końcu I księgi *Skrótu* wspomina Awerroes o jakiejś cudzej (?) obserwacji, podczas której widziano na słońcu *2 Flecken, welche Venus und Merkur waren.* Fakt ten, rzecz jasna, każe bezwzględnie odrzucić identyfikację kopernikowego Awerroesa z Avenrodanem; źródłem Kopernika, bezpośrednio lub pośrednio, może być jedynie autentyczny *Skrót Almagestu* przez Awerroesa, a mianowicie końcowa partia I księgi tego dzieła, gdzie – jak to z innej pracy Steinschneidera wynika – autor polemizuje z Gabirem ibn Aflah na temat lokalizacji sfer Wenus i Merkurego (por. „Zeitschrift für Mathematik und Physik“, X, 1865, s. 495, w obrębie pracy Steinschneidera pt. *Die mittleren Bücher*).

Ustaliwszy ten stan rzeczy możemy przejść do pytania, jaką drogą wiadomość o owej obserwacji przeniknęła od Awerroesa do łaciników XV–XVI w., a w szczególności do Kopernika? Sens tego pytania jest oczywiście ten, że ta droga nie mogła być prosta, skoro dzisiaj znamy jedynie hebrajski przekład *Skrótu*, a Steinschneider (w 1893 r.) twierdzi nawet, że to dzieło nigdy nie było tłumaczone na łacinę. Ale w dziesięć lat później nie byłby się już pod tym własnym twierdzeniem podpisał, gdyż sam wskazał na przekaz źródłowy, który je dezawuuje i wyraźnie stwierdza istnienie czy to łacińskiego, czy może kastylskiego przekładu *Skrótu* przed połową XIV stulecia (por. „Zeitschrift für hebräische Bibliographie“, VII, 1903, s. 58–60). Oto bowiem, co o tym pisze wszechstronny Alfons syn Dionizego z Lizbony (zmarły w 1352 r.): *Scivit enim Averroys optime Almagestum. Nam vidi per eum Almagestum abbreviatum, quem librum fecit transferri rex Alfonsus Magnus, et habetur Bononie et in Hispania* (por. A. Birkenmajer, *Biblioteka Ryszarda de Fournival*, Kraków 1922, s. 30, przypis 2). A więc wśród licznych przekładów o treści astronomicznej, jakie w drugiej połowie XIII w. powstały na dworze króla Alfonsa X, nie zabrakło miejsca także i na przekład *Skrótu* Awerroesa; w pierwszej zaś połowie następnego stulecia egzemplarz tej wersji znajdował się m. in. w Bolonii. Nie wydaje się wykluczone, że dotrwał on aż do czasu, kiedy tam studiował Kopernik. Wolno również podejrzewać, że ten właśnie przekład kryje się pod zagadkowym tytułem *Astrologia Averrois et Avicene manuscripta in membrana*, jaki czytamy w *Inventario delli libri de la bon memoria del conte Joanne de la Mirandola,* spisanym w 1498 r. (F. Calori Cesis, *Giovanni Pico della Mirandola*, Mirandola 1897, s. 32).

Ale mniejsza o to, gdyż (jak to przekonywająco wykazał L. A. Birkenmajer, I, s. 94–97) bezpośrednim informatorem Kopernika o owej przez Awerroesa przekazanej obserwacji był Jan Picus Mirandulanus (zm. w 1494 r.), który nie potrzebował posługiwać się łacińskim czy kastylskim przekładem *Skrótu,* bo (jak wiadomo) i sam umiał po hebrajsku, i otaczał się żydowskimi uczonymi, którzy na jego użytek tłumaczyli wybrane ustępy z naukowej literatury hebrajskiej. W jego to *Disputationes adversus astrologiam divinatricem*, wydanych drukiem w Bolonii w 1495 r. (a więc już po śmierci autora), znalazł Kopernik na samym wstępie swych tamtejszych studiów uniwersyteckich, te zdania: *Auerrois in Paraphrasi Magnae Compositionis Ptolemaei dicit se quondam in Sole duas quasi maculas nigricantes annotasse; cumque numeros digessisset per id tempus, inventum Mercurium Solis radiis oppositum. Recte igitur Moses Aegyptius, ex Abuchasis quoque testimonio, situm et ordinem planetarum incertum pronuntiavit* (ks. X, rozdz. 4). Co do treści, a nawet co do oddzielnych słów (*Paraphrasis, nigricans, numeri, inventum*), odpowiadają one dwu zdaniom, którymi Kopernik zakończył cały ustęp.

Dodajmy w końcu, że opisane przez Awerroesa zjawisko nie mogło być przejściem Merkurego przed tarczą słoneczną; wynika to z wywodów Lalande'a, które streściliśmy w jednym z poprzednich przypisów (do s. 67, 17).

Str. 20,22. Ptolemeuszową wartość na najmniejszą odległość Księżyca od Ziemi podaje tu Kopernik w grubym przybliżeniu, zamiast $38^{43}/_{60}$ promieni ziemskich (*Almagest*, ks. V, rozdz. 13, Heiberg, I, s. 416, w. 6, wyd. 1515 r., k. 55).

Str. 20,23. Na wielką doniosłość tego miejsca dla określenia epoki, w której Kopernik przelał na papier I księgę swego dzieła (a przynajmniej 10 pierwszych jej rozdziałów), zwrócił po raz pierwszy uwagę L. A. Birkenmajer, I, s. 357–359. Rzecz mianowicie w tym, że w dalszych partiach *Obrotów* próżno szukalibyśmy miejsca, które by realizowało rzuconą tu zapowiedź autora, iż – „jak się okaże poniżej" – najmniejsza odległość Księżyca od Ziemi wynosi „ponad" 49 promieni ziemskich, co znacznie przekracza ową wartość (38 promieni ziemskich), jaką dla tej samej odległości przyjmował Ptolemeusz (por. poprzedni przypis). Natomiast w księdze IV, rozdz. 17, znajdujemy wcale inną wartość na to minimum, mianowicie $52^{17}/_{60}$ promieni ziemskich (s. 202,44), co Kopernik powtarza też w rozdz. 22 i w rozdz. 24 tejże księgi (s. 207,1-2 i s. 208,38). Wprawdzie ta trzykrotnie podana wartość jest istotnie większa od tamtych dwu, a w szczególności wynosi ponad 49 promieni ziemskich, ale jest rzeczą oczywistą, że gdyby Kopernik w czasie spisywania I księgi *Obrotów* rozporządzał już wartością $52^{17}/_{60}$, to w omawianym tu miejscu byłby ją właśnie przytoczył, bądź też użył przybliżonego wyrażenia „ponad 52", a nie „ponad 49"; wszak byłby to jeszcze silniejszy argument na to, że ptolemeuszowa wartość 38 jest grubo za mała.

Z tego rozumowania płyną dwa wnioski, oba wyciągnięte już przez L. A. Birkenmajera. Po pierwsze słowo „ponad" (w łacińskim tekście *plus quam*) należy rozumieć jako równoważnik wyrażenia „z ułamkiem"; inaczej mówiąc, Kopernik daje do poznania, że (według ówczesnych jego ustaleń) najmniejsza odległość Księżyca od Ziemi jest zawarta w granicach 49–50 promieni ziemskich. (Od siebie dodamy, że takie użycie słów *plus quam* znajduje analogię w używaniu słowa *fere* w sensie, o którym była mowa w jednym z poprzednich przypisów). – Po drugie należy uważać za rzecz pewną, że pisząc pierwszą księgę *Obrotów* Kopernik stał jeszcze na stanowisku, iż owe minimum wynosi niewiele więcej niż 49 promieni ziemskich, a nie dosięga 50 takich promieni i że dopiero w jakiś czas potem doszedł do jeszcze większej wartości, a mianowicie do wartości $52^{17}/_{60}$ ziemskich promieni.

Otóż, na szczęście, sam Kopernik uświadamia nas o tym, która to obserwacja Księżyca doprowadziła go do tej większej wartości: była to mianowicie fromborska obserwacja z dnia 27 września 1522 r. (*O obrotach* ks. IV, rozdz. 16, s. 201,5-10), potwierdzona przez takąże obserwację z dnia 7 sierpnia 1524 r. (*tamże*). Z chwilą zatem, kiedy autor na podstawie tych dwu obserwacji (a zapewne już pierwszej z nich) obliczył najmniejszą odległość Księżyca od Ziemi na przeszło 52 promieni ziemskich, przestała być aktualna jego wcześniejsza zapowiedź, że odległość ta wynosi 49 promieni ziemskich z ułamkiem. Na dobrą więc sprawę powinien był powrócić do tej zapowiedzi i poprawić liczbę 49 na 52. Nigdy jednak tego nie zrobił, toteż w autografie dotychczas widnieje mniejsza z tych dwu liczb (w wydaniu norymberskim Retyk – czy też ktoś inny – poprawił ją istotnie na 52, oczywiście po to, żeby uzgodnić to miejsce z IV księgą *Obrotów*).

Na tej więc drodze doszedł L. A. Birkenmajer do wniosku, że pierwsza składka autografu (bo na niej, a mianowicie na karcie 8v, znajduje się zdanie, które nas obecnie zajmuje) pokryła się pismem Kopernika na dłuższy czas przed wspomnianymi obserwacjami Księżyca, tzn. że słynny 10 rozdział I księgi *Obrotów* (sięgający w autografie tylko po pierwszą stronicę następnej składki) został napisany przed r. 1522 (1524), skoro przeciwne założenie doprowadziłoby nas do sprzeczności między „Kopernikiem z I księgi" a „Kopernikiem z IV księgi". Jak w tym świetle wyglądają takie wypowiedzi najnowszej historiografii niemieckiej, jakie zaraz przytoczymy, zechce sam czytelnik osądzić.

Historiografia ta (poza jedynym E. Zinnerem) uznała za stosowne całkowicie przemilczeć istnienie książki L. A. Birkenmajera z 1900 r. (a także i późniejszych rozpraw tego badacza) i – gdy chodzi o datowanie autografu – oprzeć się wyłącznie na znamionach zewnętrznych, paleograficznych (ściślej mówiąc bibliologicznych), które zresztą są przez nią interpretowane w niezmiernie prymitywny sposób. Nie będziemy tej oceny tutaj uzasadniać, może to uczynimy w osobnej rozprawie czy książce. Na teraz wystarczy przytoczyć konkluzje, do których doszedł K. Zeller w posłowiu (*Nachbericht*) do pierwszego tomu tzw. zupełnej edycji dzieł Kopernika (*Nikolaus Kopernikus, Gesamtausgabe*, Band I, München-Berlin 1944, s. VIII i s. XI): *Eine genaue Betrachtung der Schrift der ersten Fassung* (tj. autografu) *lehrt, dass sich die Niederschrift nicht auf Jahrzehnte ausdehnte, sondern in verhältnis-*

mässig kurzer Zeit vollendet wurde. Man wird nicht weit fehl gehen, wenn man die Niederschrift des ersten Textes des Manuskripts in die Jahre 1529 bis 1532 verlegt. W obliczu takich właśnie wypowiedzi wydało się nam konieczne obszernie przytoczyć rozumowanie, wykazując (naszym zdaniem) niezbicie, że spisywanie autografu nie mogło zająć Kopernikowi mniej niż dziesięć lat (1522–1532).

Str. 20,28. Zdaje się, że także i o tej swojej zapowiedzi zapomniał Kopernik przy pisaniu dalszych ksiąg *De revolutionibus*. Bo jakkolwiek ta lakoniczna zapowiedź kryje w sobie niejakie wątpliwości interpretacyjne, to chyba się nie mylimy rozumiejąc ją w tym sensie, że Kopernik w toku swego wykładu o teorii ruchu planety Wenus miał zamiar poświęcić osobny ustęp krytyce równoległej teorii Ptolemeusza, zarzucając jej mianowicie to, iż doprowadza do paradoksalnego wniosku, jakoby epicykl tej planety (tj. – jak się wyraża Kopernik – „koło, dzięki któremu Wenus odchyla się od Słońca mniej więcej na 45°“) co do swej wielkości miał być porównywalny ze swym własnym deferensem (por. dalszy ciąg niniejszego przypisu oraz przypis następny). Takiego jednak ustępu na próżno szukamy w rozdziałach (ks. V, rozdz. 20–24), odnoszących się do teorii ruchu planety Wenus.

Co do merytorycznej strony całego zdania to musi się najpierw przypomnieć, że w *Almageście* (ks. X, rozdz. 2, Heiberg, II, s. 302, w. 14–18) rachunki Ptolemeusza dają następujący wynik końcowy: jeżeli promień deferensa planety Wenus założymy równy $R = 60$, to mimośród tejże planety (czyli odległość Ziemi od środka deferensa) wyniesie $e = 1^1/_4$, a promień epicykla $r = 43^1/_6$. Stąd już sami potrafimy obliczyć, że podczas perigeum Wenus jest odległa od Ziemi $R-r-e = 15^7/_{12}$ obranych jednostek, a średnica epicykla wynosi $2r = 86^1/_3$ takichże jednostek. Stoi więc ona do owej odległości w takim stosunku jak $86^1/_3 : 15^7/_{12}$, czyli jak $1036 : 187 = 5{,}54$, który to wykładnik stosunku wolno było Kopernikowi zaokrąglić „w górę“ do całkowitej wartości 6.

Str. 20,31. Z dwu przyczyn mógł Kopernik nazwać „olbrzymim“ *(ingens)* ptolemeuszowy epicykl planety Wenus. Po pierwsze dlatego, że (jak to wynika z poprzedniego przypisu) epicykl ten jest nieproporcjonalnie wielki w stosunku do deferensa, skoro promienie tych kół $(r : R)$ stoją do siebie w stosunku $43^1/_6 : 60$, bardzo już zbliżonym do stosunku $3 : 4$. Po drugie dlatego, że także w miarach bezwzględnych rozmiary tego epicykla muszą wypaść bardzo znaczne. Jakoż gdy spojrzymy na odległości międzyplanetarne, jakie na wiarę zwolenników Ptolemeusza przytoczył Kopernik w poprzednim ustępie niniejszego rozdziału, to przypomnimy sobie, że według tych zwolenników najmniejsza odległość planety Wenus od Ziemi nie może być mniejsza niż $64^1/_6 + 177^1/_2 = 241^2/_3$ promieni ziemskich. Stąd, oraz ze stosunku 5,54, jaki wyliczyliśmy w poprzednim przypisie, możemy dalej wywnioskować, że średnica epicykla planety Wenus (znów według ptolemejczyków) nie może być mniejsza niż około 1340 promieni ziemskich.

Otóż dopiero po wykonaniu takiego rachunku staje się nieco jaśniejszy sens dwu ostatnich zdań niniejszego ustępu (od słów „A nadto widać“ do słów „dokoła Ziemi nieruchomej“), zaciemniony przez wielką zwięzłość wysłowienia oraz przez nadmierną obfitość zaimków wskazujących i względnych (por. tekst łaciński), co do których nie zawsze da się od razu rozstrzygnąć, do jakich rzeczowników się odnoszą. Jeśli się jednak nie mylimy, to Kopernik zmierza tu do wykazania, że z ptolemeuszowej teorii ruchu planety Wenus wynika znacznie większa „grubość“ sfery tej planety aniżeli ta, jaką podają autorzy argumentacji przywiedzionej w poprzednim ustępie. Jest bowiem oczywiste, że ta „grubość“ nie może być mniejsza od różnicy między największą i najmniejszą odległością planety od Ziemi; ta jednak różnica utożsamia się w *Almageście* ze średnicą epicykla plus dwukrotność mimośrodu, czyli odległości Ziemi od środka deferensa (ekcentryka) – jak to łatwo sprawdzić np. na rysunku, który podaje Manitius w przypisach do swego wydania *Hypotyposis* Proklosa (na s. 308). Gdy zaś tak jest, to grubość sfery Wenus musi być na pewno większa od średnicy epicykla, a więc według naszego rachunku musi wynosić przeszło 1340 promieni ziemskich, a nie 910 takichże promieni.

O ile zatem dobrze utrafiliśmy w sedno niejasnego tekstu, to całość uwag krytycznych, jakie w niniejszym ustępie kieruje Kopernik pod adresem argumentacji przywiedzionej w ustępie poprzednim, rozpada się na dwie części. W pierwszej z nich, tj. w pierwszym zdaniu, wykazuje autor, że wewnętrzna powłoka sfery Księżyca jest powierzchnią kulistą o promieniu wynoszącym co najmniej 38 promieni ziemskich, a mimo to między nią a Ziemią nie znajduje się nic więcej, jak powietrze i „być może“ element ognia; chyba należy stąd wnioskować (czego jednak autor wyraźnie nie powiada), że błędne jest podstawowe założenie owej argumentacji, tj. twierdzenie, że między sferami ciał niebieskich (w tym przypadku Ziemi i Księżyca) nie może być pustki. Natomiast w drugiej części, rozpoczynającej się od słów „A nadto widać to“ (tzn. „A nadto widać słabość i niepewność owej argumentacji“), chodzi już Kopernikowi nie o wspomniane założenie podstawowe, lecz o sprzeczności ilościowe, zachodzące między Ptolemeuszem a Proklosem. Inaczej mówiąc, skłonni jesteśmy utożsamiać „przestrzeń“, występującą w zwrocie „w całej tej przestrzeni“ (po łacinie: *in toto eo spacio*), z „pozostałą przestrzenią“ *(reliquum spacium)*, o której była mowa w poprzednim ustępie, czyli z dwupowłokową sferą planety Wenus. To, co po owym zwrocie bezpośrednio następuje (tj. słowa „która jest tylekroć większa“ aż do słowa „Merkurego“), rozumiemy jako nawiasową niejako uwagę, mającą lepiej uzmysłowić niezwykle wielkie rozmiary tej „przestrzeni“, a główny akcent pytania, którym Kopernik zakończył cały ustęp, upatrujemy w stwierdzeniu, że w tej „przestrzeni" musi się zmieścić „ogromny" epicykl o średnicy wynoszącej około 1340 promieni ziemskich, co – jak już powiedzieliśmy – sprzeciwia się twierdzeniu, że „grubość" całej sfery wynosi w przybliżeniu 910 takichże promieni.

Szczerze jednak przyznajemy, że powyższa egzegeza niejasnego tekstu Kopernika nie ze wszystkim nas samych zadowala, toteż żałujemy, że w V księdze *Obrotów* nie dotrzymał on swej obietnicy, że do tego tematu jeszcze raz powróci (por. przypis poprzedni).

Str. 20,33. Ptolemeusz, *Almagest*, ks. IX, rozdz. 1 (Heiberg, II, s. 207, w. 16–20).

Str. 20,40. Wedle teorii Ptolemeusza, średni ruch obu planet dolnych jest równy średniemu ruchowi Słońca, gdyż środki epicyklów tych planet są umiejscowione na linii łączącej Ziemię ze „średnim Słońcem" (ekliptycznym).

Str. 20,48. Martianus Capella żył w drugiej połowie V w. n.e. i pozostawił obszerną encyklopedię ówczesnej wiedzy, powszechniej znaną pt. *De nuptiis Philologiae et Mercurii;* Kopernik mógł korzystać z pierwszego jej wydania, które wyszło drukiem w Wicenzy w 1499 r. Miejsce, które tu ma na myśli, znajdujemy w ks. VIII, § 857 owej encyklopedii (por. wydanie Fr. Eyssenhardta, Lipsiae 1866, s. 317); przedrukowują je Zellerowie na s. 441. Skoro jednak Kopernik podaje, że także „i niektórzy inni autorzy łacińscy" przekazali nam wiadomość o istnieniu (w starożytności) poglądu, według którego Wenus i Merkury (jak później u Tychona Brahego) są satelitami Słońca, to wypada zaznaczyć, że (na dobrą sprawę) mógłby tu wchodzić w grę jedynie Witruwiusz, który w swym dziele *O architekturze* (ks. IX, rozdz. I, § 6) krótko wspomina o tym, iż *Mercurii autem et Veneris stellae circa Solis radios, utique centrum eius itineribus coronantes, regressus retrorsus et retardationes faciunt* (taki tekst, na podstawie najstarszych rękopisów, ma wydanie V. Rosego, Lipsiae 1899, s. 217). Trzeci bowiem autor łaciński, jakiego się czasem w tym związku wymienia (por. np. Zinner, jw., s. 13), a mianowicie Makrobiusz (*Commentaria in somnium Scipionis*, ks. I, rozdz. 19, § 6, wyd. Fr. Eyssenhardt, Lipsiae 1893, s. 559), o tym nas jedynie zawiadamia, że według Egipcjan Wenus i Merkury krążą „poniżej Słońca", czyli pomiędzy Ziemią a Słońcem; por. wnikliwą egzegezę tej wypowiedzi Makrobiusza przez H. Martina (*Études sur le Timée de Platon*, II, Paris 1841, s. 131–133) i przez Humboldta (*Kosmos*, III, s. 466), do której całkowicie przyłącza się Schiaparelli (*Scritti sulla storia della astronomia antica*, I, Bologna 1925, s. 355 w przypisie). Co zresztą nie wyklucza możliwości, że Kopernik inaczej (tj. błędnie) zrozumiał tę niejasną wypowiedź, a mianowicie tak, jak ją rozumieli ci historycy astronomii, z którymi polemizuje Humboldt i których niewczesnym epigonem jest Zinner, wielokrotnie (od strony 12 poczynając) podkreślający rzekome „egipskie" pochodzenie tego systemu. Z większą natomiast słusznością wskazuje on na Chalcidiusa komentarz do platońskiego *Timeusza* (wyd. Wrobel, Lipsiae 1876, s. 176, § 109); skoro jednak ten – łaciński – komentarz po raz pierwszy wyszedł drukiem w Paryżu w 1520 r., wydaje się mocno wątpliwe, czy był on Kopernikowi dostępny. – Natomiast (o ile wiemy) nikt dotychczas nie zwrócił uwagi na to, że według Kopernika do wspomnianych „innych autorów łacińskich" należał też Pliniusz (por. następny przypis).

Na koniec nadmienimy, iż warto odczytać to, co w sprawie omawianego tutaj systemu astronomicznego pisze Schiaparelli, jw., s. 405–408, który go słusznie wywodzi z systemu Heraklejdesa.

Str. 21,4. Przetłumaczenie łacińskich słów Kopernika *sed absidas conversas habent* (*De revolutionibus*, s. 19,32) „lecz mają krzywizny inaczej zwrócone" zadziwi może czytelnika dobrze wiedzącego o tym, że w dzisiejszym słownictwie fachowym (astronomicznym) używa się terminu *absides*, „absydy" w zupełnie określonym znaczeniu, a mianowicie jako wspólnej nazwy dla perigeum i apogeum, lub też dla perihelium i afelium, zależnie od tego, czy rozważamy orbity planetarne w odniesieniu do Ziemi, czy też w odniesieniu do Słońca. Winniśmy więc wykazać, że w tym miejscu przetłumaczenie *absidas* przez „absydy" nie byłoby na miejscu.

Punktem wyjścia będzie dla nas stwierdzenie, że słowa na początku niniejszego przypisu nie są (jakby to można sądzić) własnym dodatkiem Kopernika do referatu o systemie astronomicznym, przekazanym przez Marcjana Kapellę i „niektórych innych autorów łacińskich" (por. poprzedni przypis), lecz że autor *Revolutionum* znalazł je w łacińskiej literaturze antycznej, choć nie u Kapelli. Inaczej mówiąc, całe zdanie rozpoczynające się (w naszym przekładzie) od słów: „Utrzymują oni mianowicie" jest jak gdyby jednym „cytatem", w którym Kopernik łącznie przytoczył, a raczej sparafrazował wypowiedzi dwu różnych łacińskich autorów.

Pierwszym z nich był (jak już wiemy) Kapella, u którego odnajdujemy przede wszystkim to, że „Wenus i Merkury biegną dokoła Słońca, położonego w pośrodku" (*circa Solem laxiore ambitu circulantur, denique circulorum suorum centron in Sole constituunt*) oraz to, że „ich sfery nie otaczają Ziemi zewsząd" (*eorum circuli terras omnino non ambiunt*); wspomina ponadto Kapella, choć mimochodem, że Wenus odchyla się od słońca co najwyżej o 45° (*a quo quidem uno signo et parte dimidia Venus disparatur*). Natomiast dla reszty „cytatu" nie znajdujemy pokrycia u tego autora, lecz – wbrew wszelkim oczekiwaniom – u Pliniusza.

To Pliniuszowe miejsce (*Historia naturalis*, ks. II, rozdz. 16, § 71 – rozdz. 17, § 72) musimy tu przytoczyć w nieco obszerniejszym kontekście, gdyż inaczej nie byłoby ono dostatecznie zrozumiałe. Otóż pod koniec pierwszego z wymienionych rozdziałów (§ 68–71) zajmuje się Pliniusz ruchami Saturna, Jowisza i Marsa, które to planety nazywa *stellae superiores*, i ten swój wywód kończy zapowiedzią, że zjawiska występujące u „reszty (z pięciu) planet" przedstawiają większe trudności, które dopiero on potrafił pokonać. Powiada mianowicie (§ 71): *Haec et superiorem stellarum ratio: difficilior reliquarum et a nullo ante nos reddita.*

Z kolei następuje więc rozdział 17, którego pierwsze zdania brzmią jak następuje: *Primum igitur dicatur, cur Veneris stella numquam longius XLVI partibus, Mercurii XX ab Sole abscendant, saepe citra eas* (sc. *partes*, tj. o mniej niż podane największe elongacje) *ad Solem reciprocent. Conversas habent utraeque absidas, ut infra Solem sitae, tantumque circuli earum subter est, quantum superne praedictarum* (tj. Saturna, Jowisza i Marsa). *Et ideo non possunt abesse amplius, quoniam curvatura absidum ibi non habet longitudinem maiorem.*

Egzegezą tych trzech zdań zajmiemy się poniżej, przynajmniej częściowo. Wpierw jednak musimy ustalić najdonioślejszy dla nas w tej chwili fakt, a mianowicie, że tu bez wątpienia leży źródło drugiej części kopernikowego „cytatu". Najdobitniej świadczą o tym słowa *conversas habent absidas*, dosłownie przez Kopernika stąd przepisane, ale także i to, że Pliniusz wypowiedział je, tak jak Kopernik, w związku ze sprawą ograniczonej elongacji Wenus i Merkurego od Słońca. Zresztą dla pliniuszowych słów *et ideo* znajdujemy u Kopernika dokładny odpowiednik w słowach *et eam ob causam.*

Gdy tak rzeczy stoją, jasne jest, że słowo *absides* musi (w tym konkretnym przypadku) znaczyć u Kopernika to samo, co w jego źródle; co do tego zaś nie pozostawia nas Pliniusz w wątpliwości, gdyż zagajając swe teoretyczne wywody na temat ruchów planetarnych powiada (rozdz. 15, § 63): *Pluribus de causis haec omnia accidunt: prima* (sc. *causa est*) *circulorum, quos Graeci* ἁψῖδας *in stellis vocant; et enim Graecis utendum est vocabulis.* Jednoznacznie stąd wynika, że słowo *absis*, bez żadnego dalszego dodatku (w rodzaju np. *summa*), nie posiada w ustach Pliniusza swego dzisiejszego znaczenia specyficznego, lecz swe znaczenie pierwotne „krąg", „koło", „łuk koła", albo ogólniej: „rzecz zakrzywiona", „krzywizna" (por. *Thesaurus Linguae Graecae* i *Thesaurus Linguae Latinae* pod hasłem ἅψις i *absis*). Albo jeszcze inaczej: to samo mniej więcej znaczenie, w jakim o „absydzie" (np. kościoła) do dziś dnia mówimy w architekturze.

Tę wykładnię potwierdza dalej także i ta okoliczność, że Pliniusz nie waha się mówić o *curvatura absidum* (por. wyżej w obrębie niniejszego przypisu); nie dałoby to sensu, gdybyśmy tutaj zastosowali dzisiejsze słownictwo astronomiczne. Co to jest zresztą ta *curvatura absidum*, widać również i stąd, że Kopernik parafrazuje te słowa słowami: „wypukłość sfer", *convexitas orbium*. To wszystko dowodzi, że pliniuszowa *absis* jest synonimem kopernikowego *orbis*. Jeśli zaś do tego dodamy, że słowo *conversus* znaczy u Pliniusza „przeciwny", „odmienny" (por. np. *Hist. nat.*, ks. II, rozdz. 17, § 74: *Hinc et ratio motuum conversa intellegitur: superiores enim celerrime feruntur in occasu vespertino, hae tardissime* itd.), to chyba dowiedliśmy, że frazę *sed absidas conversas habent* wolno oddać po polsku przez „lecz mają krzywizny inaczej zwrócone", mianowicie „inaczej" niż sfery Saturna, Jowisza i Marsa.

Ale po tym wszystkim nieodbicie nasuwa się wniosek, że do zwolenników systemu astronomicznego, o którym była mowa w przypisie poprzednim, zaliczał Kopernik również i Pliniusza. Czy miał słuszność, czy nie, niech osądzą inni; od siebie powiemy tylko, że żaden ze znanych nam historyków astronomii nie wyczytał u Pliniusza tego, co Kopernik. I nic w tym dziwnego, gdyż słowa autora *Historiae naturalis* wielce brzmią niejasno. a fraza *ut infra Solem sitae* raczej przypomina Makrobiusza niż Kapellę (por. przypis poprzedni).

Str. 21,30. Tu po raz pierwszy wprowadza Kopernik dla orbity Ziemi wyrażenie „wielki (ów) krąg", po łacinie *orbis ille magnus*, które w dalszych księgach stanie się po prostu terminem technicznym na oznaczenie tej właśnie orbity (por. Rosen, jw., passim, zwłaszcza zaś s. 16–17, przypis 45). W tym też specyficznym znaczeniu używała tych samych słów *orbis magnus* cała pokopernikowska astronomia aż do Newtona, a bodaj nawet do XVIII w.

Str. 21,39. Aksjomat, że „natura nie stwarza nic zbędnego", i bliskoznaczny z nim aksjomat, że „dla tego, co się da wytłumaczać mniejszą ilością przyczyn, nie należy się doszukiwać większej ich ilości", byłby wspólnym dobrem i utartym komunałem całej perypatetyczno-scholastycznej filozofii. Stanowiły one zwłaszcza ulubiony oręż w ręku „terministów" XIV w. w ich walce o uproszczenie wielkich syntez filozoficznych poprzedniego stulecia. Toteż nic dziwnego, że oba sformułowania widnieją obok siebie u Mikołaja Oresme'a (jw., s. 871, szp. 2, u dołu): *Item, tous philosophes dient que pour néant est fait par plusieurs ou par plus grandes opéracions ce qui peut estre fait par moins d'opéracions ou par plus petites. Et Aristote dit au VIII-e chapitre que Dieu et Nature ne font rien pour néant* (por. *De caelo*, ks. I, rozdz. 4, 271a 33). Nieświadomi tego Zellerowie błądzą więc po manowcach, jeśli (na s. 441) odsyłają do Galena i do proroka Izajasza.

Str. 21,45. Polski przekład jest tu swobodniejszy niż zwykle, gdyż dosłowne tłumaczenie wyrażenia *prima ratione salva manente* (*De revolutionibus*, s. 20,26) nie od razu byłoby zrozumiałe dla tego z czytelników, kto zapomniał, że arystotelesowskie kryterium, o które chodzi, podał Kopernik na samym początku tego długiego rozdziału.

Str. 22,2. Słowo „miejsce" (po łacinie *locus*) jest tu – rzecz prosta – użyte w tym samym („realnym") znaczeniu, jakie ma ono u Arystotelesa, *Physica*, ks. IV, rozdz. 1–5. O tym, że „miejsce" jest warunkiem istnienia ruchu, mówi Arystoteles na początku III księgi (200 b 20–21, tłumaczenie Argyropyla): *Insuper impossibile est sine loco, vacuo atque tempore motum esse.*

Str. 22,4. Chodzi o zjawisko precesji punktów równonocnych; por. zakończenie następnego rozdziału, gdzie Kopernik wyraźnie powiada, że dla objaśnienia precesji nadawano sferze gwiazd stałych pewien ruch i musiano przyjąć istnienie dziewiątej, a nawet dziesiątej sfery niebieskiej, co w jego systemie stało się zbędne, gdyż on ten ruch przypisuje Ziemi.

Str. 22,14. Przyrównanie wszechświata do świątyni jest pospolite u pisarzy antycznych. Pomijając poetów, wskażemy tylko na następujące miejsce Cycerona: *De legibus*, ks. II, rozdz. 10, § 26: *Deorum hic mundus omnis templum est et domus; De divinatione*, ks. I, rozdz. 20, § 41: *caeli caerula templa; Somnium Scipionis*, rozdz. IV, § 9: *Nonne aspicis, quae in templa veneris?;* tamże, rozdz. III, § 7: *Deus is, cuius hoc templum est omne, quod conspicis; illum globum, quem in hoc templo medium vides, quae terra dicitur.* Zwłaszcza to ostatnie miejsce mogło się łatwo nasunąć na myśl Kopernikowi, kiedy ze „środka świątyni" usunął Ziemię, a przydzielił go Słońcu.

Str. 22,16. Pochodzenie trzech epitetów *(lucerna mundi, mens mundi* i *rector mundi)*, jakimi tu Kopernik obdarza Słońce, nie ze wszystkim ustaliły dotychczasowe badania. Paralele, jakie dla pierwszego z nich przytaczają Zellerowie (s. 442), zupełnie nie trafiają do przekonania poza (być może) cytatem z Pliniusza (*Hist. nat.*, ks. II, rozdz. 6, § 13: *Hic lucem rebus ministrat* itd.). Z podobnych paralel dla drugiego epitetu zatrzymalibyśmy tylko cytat z Pliniusza, tamże: *Hunc esse mundi totius animum ac planius mentem*) i z Cycerona (*Somnium Scipionis*, rozdz. IV, § 9: *Sol... mens mundi et temperatio*). To samo tyczy się paralel do trzeciego epitetu: Cycero, tamże: *Sol... dux et princeps et moderator luminum reliquorum*, Plinius, jw., § 12: *Sol... siderum etiam ipsorum caelique rector.* Widzimy tedy, że na dobrą sprawę te dwa utwory wystarczają dla objaśnienia pochodzenia wszystkich trzech epitetów. Skoro jednak Kopernik daje do poznania, że czerpał z licznych źródeł (por. słowa „niektórzy", „inni", „jeszcze inni"), to od siebie wskażemy jeszcze na Cycerona *De natura deorum*, ks. II, rozdz. 19, § 49 *(Primusque Sol, qui astrorum tenet principatum)* i może na *Tusculanae Disputationes*, ks. I, rozdz. 28, § 68 *(dierum ac noctium moderatorem et ducem Solem)*. Późnych autorów, jak Bedę (*De rerum natura*, rozdz. 12) i Izydora Sewilskiego (*De rerum natura*, ks. XXIII, rozdz. 3), pomijamy, bo i są oni zależni od Pliniusza, i nie wiadomo, czy Kopernik czytał ich elukubracje. Natomiast nie wątpimy, że te same epitety trafiają się również i w literaturze humanistycznej, która Kopernikowi była przecież bliższa.

Str. 22,17. Hermes Trismegistos („Trzy razy największy") – postać bajeczna, wywodząca się z mitologii egipskiej. Pod jego imieniem krążyło w starożytności i w wiekach średnich tyle apokryfów najróżniejszego pochodzenia i różnorakiej treści (m. in. astrologicznej), a także cytatów, że chęć odnalezienia wśród nich tego właśnie urywku, który czytamy u Kopernika, zakrawa poniekąd na szukanie szpilki w stogu siana. W każdym razie paralela z greckich *Hermetica* (XVI, 6), jaką przytaczają Zellerowie (s. 442), nie wygląda przekonywająco; na inne miejsce tegoż zbioru (V, 83) wskazuje Dobson (s. 31, przypis 52), ale go nie przytacza, a wydania W. Scotta (Oxford 1924) nie mamy pod ręką. Natomiast sądzimy, że według wszelkiego prawdopodobieństwa, potrafimy ten problem historycznoliteracki rozwiązać, jeśli pójdziemy za lakoniczną wskazówką Humboldta (*Kosmos*, II, s. 500), która odsyła do „krakowskiego wydania z r. 1586", nie podając wszakże ani bliższych o nim wiadomości bibliograficznych, ani nawet, co to był za „hermetyczny" utwór.

Dla polskiego jednak bibliografa uzupełnienie tej wskazówki nie przedstawia trudności, gdyż chodzi tu o bardzo pospolity druk krakowski, noszący tytuł: *Pymander Mercurii Trismegisti cum commento Hannibalis Rosseli Calabri, Liber V*, Cracoviae 1586 in folio. Główną zawartość tego potężnego tomu stanowi pełen erudycji (głównie wszakże teologicznej) komentarz wymienionego bernardyna H. Rosseliego (ur. ok. 1524 r.) do „hermetycznego" dziełka, zwanego dzisiaj *Poimander;* wśród tego zaś komentarza przytaczane są lemmata z tegoż *Poimandra*, składające się w sumie na pełny jego tekst (łaciński). Porównując go z wcześniejszymi wydaniami *Poimandra*, z łatwością dochodzimy do przekonania, że ten sam tekst całkiem dobrze mógł być znany Kopernikowi, gdyż pochodzi z XV w. i był w owym stuleciu wielokrotnie drukowany.

Jest to mianowicie przekład Marsiliusa Ficina, wydany po raz pierwszy w 1471 r., a potem w latach 1481, 1491, 1493, 1494 itd., co daje miarę jego poczytności. Mamy przed sobą wydanie weneckie z 1491 r. (Hain 8460), noszące taki tytuł: *Mercurii Trismegisti Liber de potestate et sapientia Dei, per Marsilium Ficinum traductus;* tu na k. c I recto – c 2 recto znajdujemy rozdział: *Mercurii ad Tatium filium suum quod Deus latens simul et patens est.* Tekst tego rozdziału wydaje się tu i ówdzie skażony, toteż poprawimy go według wspomnianych lemmatów Rosseliego.

Po tych wstępnych wiadomościach możemy już podać ustęp, do którego (jak sądzimy) odwołuje się Kopernik: *Itaque si mentis oculis inspexeris, o Tati, ille tibi (crede mihi) patebit. Deus sane... per singulas mundi particulas ubique splendet... Nam undique nostris oculis eius observatur... imago... Denique, si deum videre volueris, suspice Solem, o fili mi Tati, suspice Lunae cursum suspice syderum ordinem reliquorum. Quis, age, perpetuum horum servat ordinem?... Sol deus deorum caelestium praestantissimus, Soli caelites reliqui veluti regi parent, Sol tantus... minores tamen supra se stellas innumeras converti patitur* (jw., fol. c 1 r).

Zgodnie zatem z Humboldtem sądzimy, że to właśnie miejsce (zwłaszcza wyrażenie *si deum videre volueris, suspice Solem*) mogło dać Kopernikowi powód do twierdzenia, iż Trismegistos nazywa Słońce *visibilem deum* – jakkolwiek słuszność wymaga przyznać, że sens całego kontekstu jest raczej ten, iż Boga poznajemy po jego dziełach, a w szczególności po ładzie i porządku *(ordo)*, jaki panuje we wszechświecie. W tym też duchu wykłada to miejsce Rosseli (s. 201).

Mimo to wydaje się nam, że nasza (a raczej humboldtowa) teza jest do obronienia, a to m. in. ze względu na wielką poczytność ficinowego *Poimandra* (w katalogu biblioteki J. Pika Mirandulana widnieją dwa jego egzemplarze, por. Calori Cesis, jw., s. 42 i 47) oraz na to, że w jego tytule wyraźnie czytamy „Trismegistus", jak u Kopernika. – Niewiele zaś do rzeczy mają inne antyczne źródła, przyznające Słońcu boską naturę, jakie przywodzą Zellerowie na s. 442–443; raz dlatego, że nie znajdujemy w nich słów *visibilis deus* (pospołu użytych), po wtóre zaś – i przede wszystkim – dlatego, że przecież Kopernik wyraźnie się odwołuje do Trismegista, a nie do innego jakiegoś autora. A już zupełnie chybiają sedna cytaty z chrześcijańskich poetów, przyrównujących Chrystusa do słońca sprawiedliwości czy zbawienia.

Str. 22,17. W tragedii Sofoklesa *Elektra* nie znajdujemy miejsca, które by dokładnie odpowiadało słowom Kopernika; te zaś wiersze tragedii, które Menzzer (s. 9, przypis 33), Dobson (s. 31, przypis 53) i Zellerowie (s. 443) uważają za „najbliższe", wydają się nam „dość dalekie". Toteż skłonni jesteśmy pójść raczej za A. Boeckhem (por. Humboldt, *Kosmos*, II, s. 500 i Menzzer, jw.), tj. przypuścić, że Kopernika zawiodła pamięć i że chciał zacytować Sofoklesa *Edypa w Kolonos*, gdzie w w. 869 czytamy ὁ πάντα λευσσων ῞Ηλιος. O „Słońcu wszystko widzącym" wspomina też Homer (*Iliada*, III, 277) i powołujący się na niego Pliniusz (*Hist. nat.*, ks. II, rozdz. 6, § 13), u którego czytamy dokładnie te same słowa *omnia intuens*, co u Kopernika. * Por. E. Rosen, *Copernicus' Quotation from Sophocles*, w: *Didascaliae*, New York 1961, s. 369–379.

Str. 22,18. O „królowaniu Słońca między planetami" wspominają greckie źródła przytoczone przez Zellerów (s. 443); po cóż jednak szukać tak daleko, skoro wystarczają urywki z Cycerona, Pliniusza i „Hermesa", które poznaliśmy w poprzednich naszych przypisach?

Str. 23,2. Także i ten cytat sprawia kłopoty komentatorom (Menzzer, s. 9, przypis 34, Dobson s. 31, przypis 54, Zellerowie s. 443), którzy jedynie w formie hipotetycznej odsyłają do Arystotelesa *De generatione animalium*, ks. IV, rozdz. 10 (777 b 18 i nn). Podobieństwo myśli jest istotnie tylko dalekie; toteż nie przyłączymy się do zdania naszych poprzedników, lecz wyjścia z trudności poszukamy na innej drodze.

Przede wszystkim stwierdzimy, że nic nas nie zmusza do tego, żeby ten kopernikowy „cytat" (z Arystotelesa) rozciągnąć także na ostatnie zdanie całego ustępu, które w łacińskim oryginale brzmi jak następuje: *Concipit interea a Sole terra et impraegnatur annuo partu.* Nie z Arystotelesa zaczerpnął Kopernik tę myśl, lecz najprawdopodobniej z Cycerona, który pisze (*De natura deorum*, ks. II, rozdz. 46, § 119): *ut... ipse Sol mundum omnem sua luce compleat ab eoque Luna illuminata graviditates et partus afferat maturitatesque gignendi*, co w połączeniu z zaznaczonym poprzednio „pokrewieństwem" Księżyca i Ziemi wystarcza (naszym zdaniem) do objaśnienia genezy owego końcowego zdania. A jeśli nie, to dołączymy jeszcze i drugie miejsce z tegoż dialogu (ks. II, 19, § 49–50): *Circumitus enim Solis orbium... conversionem conficiunt annuam; inflectens autem Sol cursum tum ad septentriones tum ad meridiem, aestates et hiemes efficit et ea dua tempora, quorum alterum hiemi senescenti adiunctum est, alterum aestati; ita ex quattuor temporum mutationibus omnium, quae terra marique gignuntur, initia causaeque ducuntur ... In Lunae quoquo cursu est et brumae quaedam et solstitii similitudo, multaque ab ea manant et fluunt, quibus et animantes alantur augescantque et pubescant maturitatemque assequantur, quae oriuntur e terra.*

Pozostaje więc już tylko odnaleźć źródło dla poprzedniego zdania, a raczej dla jego zakończenia, które po łacinie opiewa tak: *sed, ut Aristoteles in «De animalibus» ait, maximam Luna cum terra cognationem habet.* Otóż tym źródłem był niewątpliwie Awerroes, bo u niego ten zwrot zachodzi aż pięć razy. Raz w traktacie *De substantia orbis*, rozdz. 2 (wyd. weneckie z 1483 r., k. K 7v, col. 2): *Et quia Luna videtur esse densa et obscura et recipiens lumen ab alio, scilicet a Sole, et in libro «De animalibus» dixit Aristoteles, quod natura eius unigenea naturae terrae plus, quam caeterarum stellarum.* Cztery zaś dalsze bliźniaczo podobne miejsca znajdujemy w tzw. wielkim komentarzu Awerroesa do *De caelo:* lib. I, com. 16: *Unde Aristoteles in libro «De animalibus» dicit, quod natura Lunae similis est naturae terrae;* lib. II, com. 32: *Et ideo dixit Aristoteles in libro «De animalibus», quod natura Lunae communicans est cum natura terrae propter defectum luminis in se;* lib. II, com 42: *Et ideo dicit Aristoteles in libro «De animalibus», quod natura Lunae est similis naturae terrae obscuritatem, quae est in ea;* lib. II, com. 49: *Unde dicit Aristoteles in Animalibus, quod natura Lunae similis est naturae terrae; et intendit, quod natura eius non est luminosa.*

Warto przy tym zauważyć, że wszystkie te miejsca należą do takich pism Awerroesa, które z racji swej tematyki musiały Kopernika interesować, podczas gdy nic nie wskazuje na to, żeby się on interesował zoologicznymi dziełami Arystotelesa. W tej sytuacji śmiało możemy pozostawić komu innemu trud poszukiwania owego ustępu *De animalibus*, na który powołuje się Komentator; jesteśmy bowiem przekonani, że dla badań kopernikańskich taki trud byłby zbyteczny, tzn. że Kopernik nie skądinąd, jak z *De substantia orbis* i z awerroesowego komentarza do *De caelo* zaczerpnął ową wiadomość, która tyle kłopotu sprawiła naszym poprzednikom.

Str. 23,5. Zdanie to, a zwłaszcza jego zakończenie jest, naszym zdaniem, bardzo wymowne dla rozstrzygnięcia pytania, jaki był (że tak powiemy) osobisty stosunek Kopernika do stworzonej przez niego teorii heliocentrycznej. To mianowicie, że jej twórca był głęboko przekonany o jej prawdziwości, czyli o tym, iż nie jest ona tylko domniemaniem lub dogodną hipotezą kinematyczno-rachunkową, lecz (wręcz przeciwnie) jest wyrazem prawdziwego, obiektywnego stanu rzeczy we wszechświecie, jest rzeczą powszechnie znaną – zwłaszcza od czasu, gdy Jan Kepler zdemaskował fałszerstwo, jakiego na pierwszym wydaniu *De revolutionibus* dopuścił się Andrzej Osjander zaopatrując je w anonimową przedmowę, określającą wielkie odkrycie jako czysto rachunkową hipotezę, oraz od czasu, kiedy Jan Brożek ujawnił list Tidemana Giesego do Retyka, ostro protestujący przeciwko temu fałszerstwu; mniej natomiast dotychczas zajmowano się pytaniem, gdzie leżały korzenie owego przekonania. Sądzimy jednak, że to ważne pytanie da się jednoznacznie rozstrzygnąć, jeżeli tylko odczytamy kolejno dwie bardzo charakterystyczne wypowiedzi Kopernika i głębiej się nad nimi zastanowimy.

Obie te wypowiedzi zestawiliśmy obok siebie już w końcowym przypisie do rozdziału 9 niniejszej księgi *Revolutionum* (przyp. do s. 19,11), gdzie jednak pełniły one trochę inną rolę niż tutaj. Tam mianowicie posłużyliśmy się nimi celem wykazania, że słów *symmetria, harmonia* itp., często się pojawiających na kartach *Revolutionum*, nie sposób uważać za czysto stylistyczną dekorację tekstu, lecz że posiadają one o wiele głębsze, zasadnicze dla światopoglądu Kopernika znaczenie. Toteż nawet pod grozą zarzutu, że się powtarzamy, pozwolimy sobie na tym miejscu przypomnieć, o co w tych wypowiedziach chodziło.

Treścią pierwszej wypowiedzi, tj. tej, którą czytamy w *Liście dedykacyjnym* Kopernika do Pawła III, było twierdzenie, że żaden z dawniejszych astronomów czy kosmologów nie odkrył „najważniejszej rzeczy", a mianowicie ukształtowania i harmonii kosmosu *(mundi formam ac partium eius certam symmetriam)*; drugą zaś wypowiedzią jest właśnie ta, do której nawiązujemy przypis niniejszy. Jej treścią jest kategoryczne i nie pozbawione akcentu dumy stwierdzenie, że przez umieszczenie Słońca w środku wszechświata została oto wreszcie odkryta zasada, na której się opiera „zadziwiający ład świata i ustalony, zharmonizowany związek między ruchem a wielkością sfer niebieskich", czyli to, o co daremnie zabiegali owi dawniejsi myśliciele. Dodaje atoli Kopernik, że tego ładu i związku „w żaden inny sposób niepodobna odkryć"; znaczy to oczywiście, że jego własny układ wszechświata, i tylko on, jest wyrazem prawdziwego, obiektywnego stanu rzeczy, a to dlatego, że tylko on jest zdolny zaprowadzić we wszechświecie ład, porządek i prawidłowość.

Nie z innej tedy przyczyny nabrał Kopernik przekonania o obiektywnej prawdziwości heliocentrycznego systemu, jak właśnie z tej, że jedynie ten system urzeczywistnił jego ideał harmonii kosmosu; osiągnięcie tej harmonii było dla twórcy nowej teorii *Obrotów* głównym – i bodaj jedynym – sprawdzianem, że teoria jest prawdziwa w ontologicznym tego słowa znaczeniu. Potwierdzą nam ten wniosek dwa inne zdania, oba należące do ks. I, rozdz. 8. W jednym z nich (*De revolutionibus*, s. 15,36–16,1) mówi Kopernik: *Cur ergo haesitamus adhuc mobilitatem illi* (tj. Ziemi) *formae eius a natura congruentem, concedere... neque fateamur ipsius quotidianae revolutionis in caelo apparentiam esse et in terra veritatem?* – w czym mieści się zarówno stwierdzenie obiektywnej prawdziwości dziennego obrotu Ziemi, jak też stwierdzenie, że taki właśnie obrót „przystoi" Ziemi, ze względu na jej kulisty kształt. Drugi zaś cytat (tamże, s. 16,36–38), opiewa: *Nihil autem ordinationi totius* (tj. wszechświata) *et formae mundi tantum repugnat, quantum extra locum suum quidquam esse* – w czym mieści się po pierwsze przekonanie, że istotną cechą kosmosu jest ład i porządek (*ordinatio*), po drugie zaś przekonanie, że temu porządkowi nic się bardziej nie sprzeciwia niż to, że którakowiek z części wszechświata nie znajdowała się „na swoim (tj. na właściwym) miejscu". Cóż tedy dziwnego, że Kopernik z chwilą, gdy wszystkie sfery niebieskie „ustawił na właściwych miejscach", uznał, że właśnie w tym ich porządku tkwi kryterium prawdziwości nowego systemu planetarnego?

Str. 23,9. Mówiąc o ruchu prostym *(progressus)* planety, ma Kopernik na myśli taki jej ruch, dzięki któremu porusza się ona – względem gwiazd stałych – zgodnie z kolejnością znaków zwierzyńcowych (Baran, Byk, Bliźnięta itd.), a więc z zachodu na wschód; na oznaczenie takiego ruchu (pozornego) używa zresztą najczęściej wyrażenia *motus in consequentia*, opuszczając dwa dalsze słowa: *signa zodiaci*, bez których dzisiejszy czytelnik się nie obejdzie – zwłaszcza gdy nie wie, że to wyrażenie jest naśladownictwem greckiego εἰς τὰ ἑπόμενα. Przeciwstawieniem ruchu prostego (czyli ruchu „wprost") jest wsteczny ruch planety, tj. ze wschodu na zachód, względem gwiazd stałych; u Kopernika nosi on z reguły nazwę *motus in praecedentia (signa zodiaci)*, odpowiadającą greckiemu wyrażeniu εἰς τὰ προηγούμενα (τῶν ζῳδίον); tutaj zaś nazywany jest „cofaniem się" *(regressus)*. Por. Cicero, *De natura deorum*, ks. II, rozdz. 20, § 51: *Maxime vero sunt admirabiles motus earum quinque stellarum quae falso vocantur errantes; nihil enim errat, quod in omni aeternitate conservat progressus et regressus reliquosque motus constantes et ratos.*

Długość dróg (łuków), jakie dwie sąsiednie planety przebywają ruchem wstecznym, zależy oczywiście od tego, która z tych planet jest bliższa Ziemi, a która dalsza. Stąd to przeciwieństwo między planetami dolnymi a górnymi, o którym tu mówi Kopernik.

Str. 23,12. Celem jaśniejszego zrozumienia tego miejsca (i jego dalszego ciągu) zechce sobie czytelnik uprzytomnić, że planeta zewnętrzna, która wschodzi na początku nocy (a zachodzi o świcie), stoi mniej więcej w opozycji do Słońca. Szerzej o tym mówi rozdział 13 drugiej księgi *Obrotów*, który zawiera szczegółową „klasyfikację" wschodów i zachodów.

Str. 23,14. To, co Kopernik mówi o zmianach (pozornej) „wielkości" Marsa, doskonale się zgadza z nowoczesnymi pomiarami fotometrycznymi. Gdy mianowicie ta planeta, po swej koniunkcji ze Słońcem, zaczyna być widoczna przed świtem, posiada wygląd gwiazdy drugiej wielkości i trudno ją odróżnić od sąsiednich gwiazd tejże wielkości; wiedzieli o tym już Babilończyczy (por. G. Schiaparelli, *Scritti...*, I, s. 31). Potem, a mianowicie mniej więcej w odległości 90° od Słońca, Mars staje się porównywalny z gwiazdą pierwszej wielkości, zaś w czasie opozycji względem Słońca (czyli gdy „świeci całą noc", jak powiada Kopernik) osiąga maksimum swego blasku, który w pewnych okolicznościach może na krótko przewyższyć nawet fotometryczną wielkość Jowisza (szczegóły por. u Schiaparellego, jw., s. 31–33).

Str. 23,24. Euklides, *Optica*, rec. Theonis, § 3 (*Opera*, ks. VII, s. 156–158).

Str. 23,26. O iskrzeniu się gwiazd stałych (τὸ στίλβειν τοὺς ἀστέρας τοὺς ἐνδεδεμένους; *scintillatio stellarum fixarum*) mówi już Arystoteles w *Analytica posteriora*, ks. I, rozdz. 13 (78 a 30–b 4) i w *De caelo*, ks. II, rozdz. 8 (290a 17–24); migotliwe ich światło uważa – jak Kopernik – za cechę odróżniającą je od planet, co tłumaczy tym, że wzrok ludzki *longe sese extendens versatur ob imbecillitatem... Vagae namque stellae sunt prope, quare visus sui compos ad ipsas accedit; ad fixas autem longe valde sese extendens, ob longitudinem tremit, tremor autem ipsius facit, ut haec motio stellae ipsius esse videatur* (przekład Argyropyla).

Przy okazji dodajmy jeszcze, że o *scintillatio stellarum* wspomina również Kopernik w swym liście do Bernarda Wapowskiego z 1524 r. (por. wydanie warszawskie, s. 577, w. 30–55 i wydanie Prowego, s. 176, w. 4–7) i – rzecz ciekawa – w takim właśnie związku myślowym, jak Arystoteles w *Analytica posteriora* (jw.), gdyż tu i tam zagadnienie migotania gwiazd stałych rozważane jest na płaszczyźnie logicznej i teoriopoznawczej. Dobitne to świadectwo, że Kopernik dokładnie studiował nie tylko kosmologiczne dzieła Stagiryty (wraz z komentarzami Awerroesa, por. jeden z poprzednich naszych przypisów do niniejszego rozdziału, a mianowicie do s. 23,2), lecz również jego pisma logiczne. Niewątpliwie miał do tego dość sposobności już w czasie swych studiów uniwersyteckich, bodaj jeszcze krakowskich.

Str. 23,33. Astronomiczne zjawiska, którymi się Kopernik zajmuje w niniejszym rozdziale, nie dotyczą swoistego ruchu planet, lecz ograniczają się do pozornych (tj. oglądanych z Ziemi) ruchów gwiazd stałych i Słońca. Wchodzą tu więc w grę trzy sprawy: dzienny obrót całego „firmamentu", precesja punktów równonocnych i doroczna wędrówka Słońca po ekliptyce (którą autor zarówno tutaj, jak najczęściej także i gdzie indziej, nazywa bądź „kołem, które przebiega pośrodku znaków zodiaku", bądź po prostu „zodiakiem"). Dzisiejsza astronomia objaśnia te trzy sprawy, kolejno: obrotowym ruchem Ziemi wokoło własnej osi; stożkowym (bardzo powolnym) ruchem osi ziemskiej i obiegowym ruchem Ziemi dokoła Słońca. U Kopernika ma się to nieco inaczej. Różnica nie dotyczy – rzecz jasna – obrotowego ruchu Ziemi (służącego do wyjaśnienia codziennych wschodów, kulminacji i zachodów ciał niebieskich) ani też obiegu Ziemi dookoła Słońca (służącego do wyjaśnienia wędrówki Słońca po zodiaku), lecz wyłącznie sposobu, w jaki Kopernik radzi sobie z precesją, a zarazem z tym, że oś ziemska, oglądana ze Słońca, w ciągu roku zajmuje coraz to inne położenie względem prostej łączącej Słońce ze środkiem Ziemi (por. drugi rysunek w obrębie niniejszego rozdziału). Kopernikowi obcą była mianowicie myśl, żeby tę zmienność nachylenia osi ziemskiej względem owej prostej wyjaśnić przyczyną fizyczną (dynamiczną) w dzisiejszym tego przymiotnika znaczeniu, a więc np. bezwładnością kuli ziemskiej; nie pozostało mu więc nic innego, jak przypisać Ziemi ruch „trojaki", tj. oprócz ruchu obrotowego i ruchu obiegowego założyć istnienie trzeciego jeszcze ruchu Ziemi, który nazwał „ruchem nachylenia" *(motus declinationis, motus inclinationis)* – właśnie dlatego, że ma on służyć do wyjaśnienia wspomnianych zmian w nachyleniu osi ziemskiej, a tym samym do wyjaśnienia pór roku (por. drugą połowę pierwszego ustępu w niniejszym rozdziale). Ale tenże sam „ruch nachylenia" pełni u Kopernika drugą jeszcze funkcję, a mianowicie służy do wyjaśnienia precesji – jak to podkreśla autor, zwłaszcza w ostatnim ustępie rozdziału. Jakkolwiek zatem już w końcu* XVI w. nauka doszła do wniosku, że kopernikowy „ruch nachylenia" jest zbędny dla objaśnienia pór roku, to należy sobie uświadomić, że właśnie dzięki niemu odpadła potrzeba przypisywania ruchu precesyjnego sferze gwiazd stałych (jak to miało miejsce w systemie geocentrycznym), a ruch ten został po raz pierwszy „przerzucony" na Ziemię. Genialnego tego „przerzutu" dokonał Kopernik już przed napisaniem *Commentariolusa* (por. wydanie Prowego, s. 190).

Str. 24,4. Wyrażenia, których tu używa Kopernik, nie są ścisłe, gdyż naprawdę chodzi mu nie o nachylenie równika (ziemskiego) i osi ziemskiej do „płaszczyzny" zodiaku, lecz do prostej łączącej Słońce ze środkiem Ziemi (por. przypis poprzedni). Ściślej wyraża się autor w następnym ustępie.

Str. 24,9. Także i tutaj popełnia autor drobną nieścisłość, kiedy mówi, że „ruch nachylenia" posiada „okres roczny"; zaraz się jednak poprawia, kiedy mówi, że ten okres jest „prawie równy" okresowi obiegu Ziemi dookoła Słońca. Różnica tych dwu okresów jest (rzecz prosta) równa rocznej wartości ruchu precesyjnego, czyli różnicy między rokiem gwiazdowym a zwrotnikowym.

Str. 24,25. Tę płaszczyznę należy sobie wyobrazić jako nachyloną do płaszczyzny rysunku pod kątem ε (ε = kąt zawarty między równikiem a ekliptyką); przy tym punkt *H* znajduje się nad płaszczyzną rysunku, a punkt *F* pod nią.

Str. 24,28. Mówiąc tu i dalej o „deklinacji" ma Kopernik na myśli odchylenie się danego punktu równika ziemskiego od płaszczyzny rysunku, czyli od płaszczyzny zodiaku. „Największą deklinację" (północną lub południową) posiadają zatem te punkty równika, które leżą na kolurze przesileniowym i są odchylone od zodiaku o łuk ε.

Str. 24,38. Mówiąc tu o „kącie *EAI*" i o „kącie *AEB*" nie ma Kopernik na myśli tych kątów (prostych), jakie tymi literami są oznaczone na rysunku. Ażeby dobrze zrozumieć sens całego zdania, należy rysunek uzupełnić wykreśleniem „równika" (tj. kółka *FGHI*) w dowolnym położeniu pośrednim na łuku *AB*, z zachowaniem tych samych oznaczeń, jakie widnieją u góry rysunku, oraz z zachowaniem równoległości między odcinkami *GAI* w obu położeniach i między odcinkami *FAH* w obu położeniach, a wreszcie połączyć „nowy" punkt *A* ze środkiem zodiaku, czyli z punktem *E*. Wówczas „nowy" kąt *EAI* będzie naprzemianległy „nowemu" kątowi *AEB*, na czym właśnie opiera się Kopernik, kiedy twierdzi, że te dwa kąty „zawsze pozostają równe".

Str. 26,6. Jak już wspomnieliśmy, ustęp ten dotyczy specjalnie precesji. M. in. zapowiada tu autor, że „ruch nachylenia" posłuży mu nie tylko do objaśnienia samego przesunięcia się punktów równonocnych mniej więcej o 21° od czasów Ptolemeusza (czyli w przeciągu 14 stuleci), lecz również dla teorii zmienności kąta ε. Zapowiedź tę spełni w pierwszej połowie III księgi *Obrotów*.

Str. 26,15. W III księdze *Obrotów*, którą Kopernik pisał nie wcześniej niż w 1525 r. (por. s. 117,44), tj. w parę lat po pierwszej, wspomina on o tym, że „obecnie" przypuszcza się już nawet istnienie jedenastej sfery (s. 115,40).

Str. 26,18. W autografie dzieła Kopernika (k. 11v–12v) następowało tu pierwotne zakończenie I księgi: „Jeżelibyśmy nawet przyznali, że bieg Słońca i Księżyca można wyjaśnić także w wypadku nieruchliwości Ziemi, to jednak z wszystkimi innymi gwiazdami błędnymi nie pozostaje ona w takiej zgodzie. Jest rzeczą wiarygodną, że z tych to właśnie i im podobnych przyczyn Filolaos przyjmował ruchliwość Ziemi. Dlatego też niektórzy, nie przejąwszy się owym sposobem rozumowania, który przytacza i odrzuca Arystoteles, twierdzą, że i Arystarch z Samos był tego samego mniemania. Ale skoro te sprawy są tego rodzaju, że można je było poznać tylko bystrym umysłem i drogą długich i sumiennych badań, to i Platon nie tai, że były one wówczas przeważnie nieznane filozofom i że bardzo niewielu było takich, którzy w tym czasie rozumieli zasadę ruchów ciał niebieskich. A jeżeli nawet były one zrozumiałe dla Filolaosa lub któregoś z Pitagorejczyków, to prawdopodobnie jednak nie dotarły powszechnie do potomnych. Była bowiem u Pitagorejczyków przestrzegana zasada nie przekazywać pisemnie i nie odsłaniać przed wszystkimi tajemnic filozofii, lecz powierzać tylko w zaufaniu przyjaciołom i bliskim, i tak z rąk do rąk podawać. Dowodem tego jest list Lizysa do Hipparcha, który dla jego godnych pamięci myśli i dla pokazania, jak bardzo cenili oni filozofię, postanowiłem tu umieścić i zakończyć nim tę pierwszą księgę. A oto treść listu, którą przekładam z greckiego w następujący sposób.

„Lizys Hipparchowi przesyła pozdrowienie.

„Nigdy bym siebie nie przekonał, że po śmierci Pitagorasa grono jego uczniów się rozsypie. Skoro zaś wbrew nadziei zostaliśmy, jak po rozbiciu się okrętu, porwani prądem i rozproszeni, każdy gdzie indziej, to przecież pietyzm wymaga pamiętać o boskich Jego naukach i nie udzielać dóbr filozofii tym, którym ani się śniło o oczyszczeniu ducha. Nie przystoi bowiem dawać wszystkim tego, co osiągnęliśmy z tak wielkim trudem, tak jak nie wolno wyjawiać profanom tajemnic bogiń Eleuzyńskich: równie bowiem i jedni, i drudzy, tak postępując, byliby uważani za niegodziwych i bezbożnych.

„Warte zaś jest zachodu zastanowić się, ile czasu zużyliśmy na usunięcie skaz, które tkwiły w naszych sercach, dopóki po upływie pięciu lat nie staliśmy się zdolni do przyjęcia Jego nauk. Jak bowiem farbiarze po oczyszczeniu szat ścinają ich farbę jakimś kwasem, ażeby wchłonęły nie dający się zmyć kolor, który by i potem niełatwo mógł zblaknąć, tak i ów boski mąż przysposobił miłośników filozofii, aby nie zawieść się w nadziei, jaką powziął z czyjejś dzielności. Nie przekupną bowiem sprzedawał naukę, ani bezużyteczne sidła, w jakie wielu sofistów wikła umysły młodych ludzi, lecz nauczycielem był rzeczy boskich i ludzkich.

„Niektórzy wszakże, naśladując Jego naukę, wiele wielkich rzeczy wyczyniają i pokręciwszy porządek, nie tak, jak należy, pouczają młodzież, wskutek czego robią ze słuchaczy ludzi bezczelnych i bezwstydnych. Z mętnymi bowiem i brudnymi obyczajami mieszają czyste nauki filozofii. Jest to mianowicie to samo, jakby ktoś do głębokiej studni, pełnej błota, wlewał czystą i przezroczystą wodę, bowiem mąci błoto i marnuje wodę. Tak też przytrafia się tym, którzy w ten sposób uczą i są nauczani. Gęste bowiem i ciemne lasy ogarniają umysł i serce tych, którzy nie zostali wtajemniczeni we właściwy sposób, hamują całą kulturę i rozsądek ducha. Wkradają się do tego lasu wszelkie rodzaje występków, które zżerają i krępują rozum i w żaden sposób nie pozwalają mu się wydobyć. Najpierw zaś wymienię matki tych intruzów – niepowściągliwość i chciwość, a obie są bardzo płodne. Niepowściągliwość bowiem rodzi kazirodztwa, pijaństwa, rozpustę i wynaturzone rozkosze oraz pewne gwałtowne popędy, które popychają aż do śmierci i przepaści. Już bowiem niektórych żądza aż do tego stopnia rozpaliła, że nie powstrzymali się ani od matek, ani od rodzeństwa; poprowadziła ich także przeciw prawom, ojczyźnie, obywatelom i władcom oraz zarzuciła na nich sidła, tak że skrępowanych doprowadziła aż do najgorszej kary śmierci. Z chciwości natomiast zrodziły się grabieże, morderstwa najbliższych, świętokradztwa, trucicielstwa i inne tego gatunku siostry. Trzeba więc kryjówki tego lasu, w których przebywają takie właśnie afekty, zniszczyć z całym wysiłkiem ogniem i żelazem. I gdy poznamy uwolniony od tych afektów prawdziwy rozum, zasiejemy w nim wówczas najlepsze i obfity plon przynoszące ziarno.

„Tych rzeczy wprawdzie ty, Hipparchu, nauczyłeś się z niemałą gorliwością, mało jednak z nich, o zacny mężu, zachowałeś, zakosztowawszy zbytku sycylijskiego, dla którego niczego nie powinieneś był zaniedbywać. Wielu powiada nawet, że ty publicznie uprawiasz filozofię, czego zabronił Pitagoras, i On to, pozostawiając swojej córce Damie w testamencie notatki, polecił, ażeby nikomu poza rodziną ich nie przekazywała. A chociaż mogła ona sprzedać je za dużą sumę, nie zechciała, lecz uznała ubóstwo i polecenia ojca za droższe od złota. Powiadają także, że Dama umierając pozostawiła swojej córce, Witalii, ten sam zaufaniu powierzony depozyt. My zaś, mężczyźni, nie spełniamy obowiązku wobec nauczyciela, lecz wykraczamy przeciw naszemu wyznaniu. Jeżeli więc poprawisz się, wdzięczny ci jestem, jeżeli zaś nie, umarłeś dla mnie."

Ustęp ten, przekreślony w rękopisie *Obrotów*, nie wszedł już do wydania norymberskiego i następnych edycji. Ogłoszony został drukiem dopiero przez wydawców toruńskich w 1873 r.

Fragment powyższy stanowi jedyne świadectwo, że Kopernik znał pogląd Arystarcha z Samos (ok. 310 – ok. 230 przed n.e.) o ruchomości Ziemi. Źródłem tej wiadomości nie była jednak rozprawa współczesnego Arystarchowi Archimedesa *O liczeniu piasku* (ψαμμιτης, *Arenarius*), wydana drukiem dopiero w 1544 r., lecz pośrednia wzmianka Plutarcha w *De facie in orbe Lunae*. Uwaga o Arystotelesie odnosi się do *De caelo*, ks. II, rozdz. 13 (293 a, b, 296 a–297 a).

Skreślenie w autografie dzieła całego omawianego tekstu wiązało się ze zmianą układu książki. Wydzielone pierwotnie w oddzielną księgę rozdz. 12–14, dotyczące trygonometrii, połączone zostały w ostatecznej wersji z księgą pierwszą, a pitagorejska zasada utrzymywania w tajemnicy wyników badań wspomniana została w pisanym w 1542 r. *Liście dedykacyjnym* (s. 3,17–20. Por. komentarz A. Birkenmajera do wydania I księgi z 1953 r., s. 118–119).

Str. 26,19. Następujące trzy rozdziały stanowiły w rękopisie Kopernika oddzielną księgę. Księga ta, traktująca o trygonometrii płaskiej i sferycznej, poprzedzona była wstępem, stanowiącym obecnie początkowy ustęp rozdz. 12, księgi I (s. 26,20–27,6), częściowo tylko przyjętym do wydania norymberskiego z 1543 r.

Str. 27,6. *Almagest*, ks. I, rozdz. 10 (Heiberg, I, s. 31–48). W wydaniu z 1515 r., k. 5r–6v: *De scientia quantitatis chordarum partium circuli*. Bezpośrednim wzorem przy pisaniu rozdz. 12 był dla Kopernika skrót *Almagestu*, *Epytoma Joannis de Monte Regio in Almagestum Ptolomei*, Venezia, 1496, w którym wykład goniometrii zajmuje pierwsze 8 twierdzeń księgi I (k. a_7r–a_8v cyt. wydania).

Str. 27,9. Chodzi tu oczywiście o wpisane w koło wieloboki foremne.

Str. 27,13. *Elementy*, ks. XIII, tw. 12: „kwadrat boku trójkąta równobocznego wpisanego w kole równy jest trzykrotności kwadratu promienia koła".

Str. 27,16. W rzeczywistości chodzi tu o twierdzenie 11 księgi II *Elementów*: „podzielić odcinek tak, aby iloczyn całości i jednej z części równy był kwadratowi pozostałej".

Według posiadanego przez Kopernika wydania *Elementów* z 1482 r. (Euclides, *Elementa geometriae*. Trad. Adelhardus de Bath. Rec. Joan. Campanus de Novara. Venezia, E. Ratdolt, 25 V 1482, HC 6693, GW 9428), k. f_2 v, twierdzeniem 10 księgi VI *Elementów* jest twierdzenie 11 wydań krytycznych: „znaleźć odcinek proporcjonalny do dwóch danych".

Str. 27,17. „W stosunku średnim i skrajnym" – tj. według złotego podziału. $AB : BC = BC : AC$, czyli $BC^2 = AC \cdot AB$.

Str. 27,22. *Elementy*, ks. XIII, tw. 5: „Jeżeli odcinek podzieli się według złotego podziału i doda się doń odcinek równy większej części z tego podziału, to powstały w ten sposób odcinek również jest podzielony według złotego podziału, przy czym pierwotna długość będzie większą częścią podziału".

Elementy, ks. XIII, tw. 9: „Odcinek utworzony z boków sześciokąta i pięciokąta, wpisanych w tym samym kole, dzielony jest według złotego podziału, przy tym bok sześciokąta stanowi większą część podziału".

Str. 27,24. *Elementy*, ks. XIII, tw. 3: „Przy złotym podziale kwadrat mniejszej części powiększonej o połowę większej równy jest pięciokrotności kwadratu połowy większej części".

Str. 27,32. Oznaczając promień wieloboku wpisanego o n bokach przez r_n, mamy:

$$r_6 = AB, \quad r_3^2 = 3r_6^2, \quad r_4^2 = 2r_6^2.$$

Obliczenie $r_{10} = BD$ wykorzystuje, zgodnie z cytowanym twierdzeniem 9 księgi XIII *Elementów*, proporcję $\frac{AB+BD}{AB} = \frac{AB}{BD}$, czyli $\frac{r_6+r_{10}}{r_6} = \frac{r_6}{r_{10}}$, lub, według twierdzenia XIII, 3, $(EB+BD)^2 = 5\,EB^2$, tj. $(\frac{1}{2}\,r_6+r_{10})^2 = 5\,(\frac{1}{2}\,r_6)^2$. Wynika stąd $r_{10} = \frac{r_6}{2}\,(\sqrt{5}-1)$.

Str. 27,45. Oznaczając cięciwę łuku α przez sub α możemy zapisać $\text{sub}^2\alpha + \text{sub}^2(180° - \alpha) = (2\,r)^2$. Wobec tego, że przy promieniu koła r równym jedności cięciwa kąta α równa jest dwukrotności sinusa kąta $\frac{1}{2}\,\alpha$, wzór ten odpowiada zależności $\sin^2\alpha + \sin^2(90° - \alpha) = 1$.

Str. 28,4. Jest to znane twierdzenie Ptolemeusza.

Str. 28,20. Odpowiednikiem tego twierdzenia jest wzór $\sin(\alpha-\beta) = \sin\alpha\cos\beta - \cos\alpha\sin\beta$.

Str. 28,35. $\sin\frac{1}{2}\,\alpha = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}}$.

Str. 28,39. *Elementy*, ks. III, tw. 3: „Jeśli średnica koła połowi cięciwę, jest do niej prostopadła; gdy jest prostopadła do cięciwy, to ją połowi".

Str. 29,10. $\sin(\alpha+\beta) = \sqrt{1-(\cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta)^2}$.

Str. 30,8. Operacja „łączenia" polega na zamianie stosunku $A : B$ na stosunek $(A+B) : B$ (*Elementy*, ks. V, def. 14).

Str. 30,10. „Rozdzielenie" stosunku $A : B$ oznacza utworzenie stosunku $(A-B) : B$ (*Elementy*, ks. V, def. 16).

Str. 30,15. A. Birkenmajer (w nie wydanych notatkach do pracy o trygonometrii Kopernika) zwraca uwagę na terminologiczne rozróżnienie niniejszego „problemu" od poprzedzających go „twierdzeń". Kopernik, zgodnie z praktyką matematyki antycznej, określił jako problem zadanie „zasadzające się na konkretnym wykonaniu konstrukcji żądanego tworu matematycznego".

Str. 30,37. W kole o promieniu równym jedności połowa cięciwy podwójnego łuku równa jest sinusowi kąta środkowego opartego na tym (nie podwojonym) łuku. Kopernik określa je jeszcze liczbami całkowitymi w odniesieniu do promienia koła R, równego 100000 jednostkom. W następującej tablicy podane są więc wartości

$$R\,\frac{1}{2}\,\text{sub}\,2\alpha = R\sin\alpha = 100000\sin\alpha.$$

Str. 31,1. Podane w tablicy wartości sinusów wykazują często odchyłkę od wartości poprawnej o jednostkę ostatniego miejsca, wynikłą wskutek nieuwzględniania dalszych miejsc dziesiętnych. Tak np. $\sin 4°20' = 0{,}075559$ wobec podanej w tablicy wartości $R\sin 4°20' = 7555$.

W 18 miejscach poprawiono oczywiste większe pomyłki w wartościach funkcji.

Ostatnia kolumna pod nagłówkiem „części proporcjonalne jednego stopnia" zawiera w rzeczywistości przyrost funkcji przypadający nie na jeden stopień, lecz na 10 minut.

Str. 39,1. Trygonometria Kopernika wydana została staraniem Retyka jako oddzielny druk: *De lateribus et angulis triangulorum, tum planorum rectilineorum tum sphaericorum libellus ... scriptus a clarissimo et doctissimo viro D. Nicolao Copernico Toronensi. Additus est canon semissium subtensarum rectarum linearum in circulo ...* Vittembergae 1542, J. Lufft. Treść książki identyczna jest z rozdziałami 13 i 14 księgi I *Obrotów*. Drugą część wydania wittenberskiego zajmuje tablica sinusów dla argumentu rosnącego co 1 minutę i dająca wartości 10000000 sin x, a więc odpowiadająca siedmiocyfrowej tablicy obecnej. Tablica ta, dokładniejsza od tablicy w rozdziale 12 księgi I *Obrotów*, pochodzi zapewne od samego Retyka. Wydawca poprzedził trygonometrię przedmową, w której podkreślił, że rozprawa Kopernika napisana została niezależnie, przed zapoznaniem się z obszernym dziełem Regiomontana *De triangulis omnimodis*, wydanym w Norymberdze w 1533 r. Kwestia stosunku opracowań Kopernika i Regiomontana była przedmiotem studiów L. A. Birkenmajera i E. Stamma (por. niżej). Mary C. Zeller zebrała wyniki badań w dysertacji *The Development of Trigonometry from Regiomontanus to Pitiscus*, Ann Arbor 1946. Uwzględniając różnicę zakresu opracowań Regiomontana i Kopernika stwierdzić można, że podobieństwa wynikają przede wszystkim z faktu korzystania z tych samych źródeł, przede wszystkim Ptolemeusza i Gebera (ibn Aflah), a pod wpływem książki Regiomontana wprowadził Kopernik jedynie niewielkie uzupełnienia (por. przypis do s. 48,27).

Str. 39,3. Rozdział ten w wydaniu norymberskim podzielony został na siedem twierdzeń, oznaczonych liczbami rzymskimi. Jak zauważył A. Birkenmajer (w nie opublikowanych notatkach do wydania I księgi *Obrotów*), było to sprzeczne z twierdzeniem samego Kopernika w rozdziale 14 księgi I (s. 48,23-24). Kopernik mianowicie odwołuje się w cytowanym miejscu do „drugiego" twierdzenia o trójkątach płaskich, aby rozwiązać trójkąt, w którym dane są dwa boki i zawarty między nimi kąt ostry. Zadanie takie rozwiązuje Kopernik na s. 39 w wierszach 35–45 we fragmencie, który w wydaniu z 1543 r. oznaczono jako twierdzenie „czwarte".

Na błędność podziału, dokonanego w pierwszym wydaniu, zwrócili uwagę Zellerowie (wyd. 1949 r., przypis 1), błędnie jednak wyodrębniając w tekście cztery paragrafy. W rzeczywistości treścią rozdziału są trzy twierdzenia, odnoszące się do trzech przypadków rozwiązania trójkąta, gdy mianowicie są dane:

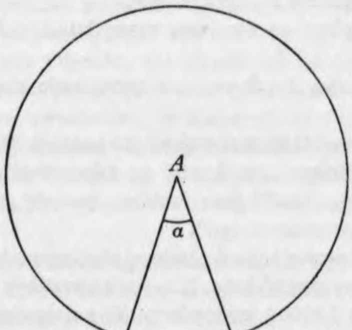
1. trzy kąty,
2. jeden kąt i dwa boki,
3. trzy boki.

Str. 39,6. *Elementy*, ks. IV, tw. 5: „Opisać koło na danym trójkącie".

Str. 39,7. Kątowi trójkąta wpisanego odpowiada bowiem dwukrotnie większy kąt środkowy, wsparty na tej samej cięciwie; dla kąta prostego w trójkącie kąt środkowy wynosi 180°.

Str. 39,45. Nie uwzględniono tu podwójnego rozwiązania, jakie istnieje, jeżeli nie określi się, przy $AC < AB$, czy kąt C jest ostry, czy rozwarty. Por. E. Stamm, *Geometria Kopernika*, „Wiadomości Matematyczne", 1934, (37), s. 57.

Str.40,25. Rozpatrując koło, w którym ramiona trójkąta równoramiennego AB i AC są promieniami, mamy $AB : BC = r : r \text{ sub } \alpha$, przy czym α jest kątem środkowym (a więc wyrażonym w stopniach, „których 360 równych jest czterem kątom prostym").



Str. 40,36. *Elementy*,

ks. I, tw. 17: „Suma każdych dwóch kątów w trójkącie jest mniejsza od dwóch kątów prostych".

ks. I, tw. 18: „Większemu bokowi trójkąta odpowiada większy kąt przeciwległy".

ks. I, tw. 19: „Większemu kątowi w trójkącie przeciwległy jest większy bok".

Str. 40,41. *Elementy*, ks. III, tw. 36 (w wydaniu z 1482 r. jest to tw. III, 35): „Jeżeli z punktu leżącego poza kołem przeprowadzi się sieczną i styczną do tego koła, to iloczyn siecznej i jej zewnętrznego odcinka równa się kwadratowi stycznej".

Str. 41,28. *Elementy*, ks. XI, tw. 23: „Zbudować kąt bryłowy z trzech kątów płaskich, z których dowolne dwa są łącznie większe od trzeciego".

Str. 42,24. *Elementy*, ks. XI, tw. 10: „Dwie pary prostych przecinających się, leżące w różnych płaszczyznach, tworzą równe kąty."

Str. 42,34. Dowód Kopernika, sprowadzający związki trygonometrii sferycznej do trygonometrii płaskiej, wzorowany jest na trygonometrii Gebera (Dżabir ibn Aflah), a mianowicie na twierdzeniu 12 księgi I jego *Astronomii*. Jak wykazał L. A. Birkenmajer (I, s. 229–230), traktat Gebera znany był w Krakowie nie później niż w 1482 r., a więc jeszcze przed rozpoczęciem przez Kopernika studiów w tym mieście. Egzemplarz wydania norymberskiego z 1534 r., *Gebri filii Affla Hispalensis... li. IX de astronomia ...*, Io. Petreius, Nürnberg 1534, adl. przy P. Apianus, *Instrumentum primi mobilis ...*, należał do książek przywiezionych do Fromborka i ofiarowanych Kopernikowi przez Retyka w 1539 r.

Dowód, przeprowadzony przez Kopernika w omawianym tu twierdzeniu III, prowadzi do wzoru:

$$\frac{r \text{ sub } 2AB}{r \text{ sub } 2BC} = \frac{2r}{r \text{ sub } 2A},$$

a więc do znanego wzoru sinusowego trygonometrii sferycznej

$$\frac{\sin AB}{\sin BC} = \frac{1}{\sin AB}$$

lub ogólnie

$$\frac{\sin a}{\sin \alpha} = \frac{\sin b}{\sin \beta} = \frac{\sin c}{1}.$$

Regiomontanus w swej trygonometrii (*De triangulis omnimodis libri quinque* ..., Io. Petreius, Nürnberg 1533) nie ogranicza wywodu do omówionego przez Kopernika przypadku trójkąta prostokątnego (*De triangulis omnimodis*, ks. IV, tw. 16), lecz podaje również wzór sinusowy dla dowolnego trójkąta (ks. IV, tw. 17).

Str. 43,7. *Elementy*, ks. VI, tw. 15: „Jeśli cztery odcinki mają długości do siebie proporcjonalne, to prostokąt utworzony przez odcinki tworzące skrajne wyrazy proporcji równy jest prostokątowi utworzonemu przez odcinki, stanowiące wyrazy wewnętrzne tej proporcji".

Jest to twierdzenie 15 księgi VI według wydania z 1482 r., k. f_8v; w wydaniach krytycznych *Elementów* twierdzenie to nosi numer 16.

Str. 43,36. Rozwiązanie trójkąta prostokątnego, w którym dany jest jeden bok i jeden z kątów, ma swój pierwowzór w cytowanym dziele Gebera, I, tw. 13–15, i oparte jest na znanym ze starożytnej geometrii twierdzeniu o czterech wielkościach (twierdzenie Menelausa). Rozwiązanie Kopernika prowadzi do wzorów

$$\cos C = \sin B \cos c$$

(zależność ta odkryta została przez Gebera)

oraz

$$\sin b = \sin B \sin a.$$

Jak zauważył Clavius w scholiach do *Sferyki* Teodozjusza (*Theodosii Tripolitae Sphaericorum libri III*, Roma 1585, s. 374), jeśli dane są przyprostokątna AC i przeciwległy jej kąt B, to rozwiązanie Kopernika nie jest jednoznaczne, oprócz rozwiązania $\sin b = \sin B \sin a$, istnieje bowiem drugie: $\sin (180° - b) = \sin B \sin a$.

Str. 43,47. Dowód prowadzi do wzoru $\cos a = \cos b \cos C$.

Str. 44,25. *Elementy*, ks. V, tw. 14: „Jeśli cztery wielkości tworzą proporcję, a pierwsza jest większa od trzeciej, to druga jest większa od czwartej; jeśli zaś pierwsza jest równa lub mniejsza od trzeciej, to odpowiednio również druga jest równa lub mniejsza od czwartej".

Str. 44,40. Przedstawiona tu reguła przystawania trójkątów prostokątnych o danym kącie i danej przyprostokątnej ma swój odpowiednik w twierdzeniu IV niniejszego rozdziału. W twierdzeniu tym Kopernik rozwiązuje ogólniejszy przypadek trójkąta prostokątnego o danym kącie i danym dowolnym boku. Clavius (l. c.) zwraca uwagę na podwójne rozwiązanie, podobnie jak w twierdzeniu IV.

Str. 45,18. Twierdzenie o przystawaniu trójkątów o danym jednym boku i przyległych mu kątach, omówione tutaj, znalazło ogólniejszą postać w twierdzeniu 12, o rozwiązywaniu trójkąta, w którym dane są dwa kąty i dowolny bok. W rękopisie *Obrotów* (k. 23v) w zakończeniu twierdzenia VII skreślone zostało stwierdzenie, że dowód twierdzenia VII nie obejmuje takiego ogólniejszego przypadku.

Str. 45,45. W twierdzeniu XI podaje Kopernik rozwiązanie omawianego tu trójkąta o danych dwóch bokach i jednym kącie. Druga część twierdzenia VIII nie jest ścisła bez dodatkowego warunku, podobnie jak w wypadku trójkątów płaskich (por. s. 39,45) (Clavius, o.c., s. 378).

Str. 46,28. Wykazane tu przystawanie trójkątów sferycznych o równych bokach stanowi podstawę dla rozwiązania takiego trójkąta w twierdzeniu XIII.

Str. 47,12. Clavius (o.c., s. 378 i 483) zwrócił uwagę na niejednoznaczność rozwiązania.

Str. 47,35. Drugi z rozważanych tu przypadków, gdy mianowicie dany jest bok AC oraz jeden kąt przyległy BAC i jeden przeciwległy ABC, ma dwa rozwiązania, o ile nie zostanie wprowadzony dodatkowy warunek co do kąta BCA (może on bowiem być albo ostry, albo rozwarty) (Clavius, o.c., s. 373, 377, 479).

Str. 47,39. Na kartach 22v i 23 rękopisu *Obrotów* (papier E według oznaczeń omówionych w t. I, s. 2 i n.) znajduje się wcześniejsza, przekreślona następnie wersja twierdzenia XIII. Jest ona krótsza od wersji ostatecznej, zapisanej na k. 24 (papier F) rękopisu.

W drugiej redakcji twierdzenia dodany został początkowy ustęp dotyczący rozwiązania trójkąta równoramiennego (s. 47,37–48,6). Uzupełniono również tok wykładu sposobem obliczania odcinka DG (s. 48,19–20) oraz dowodem, że odcinki BE i CF nie przecinają się na promieniu AD (s. 48,7–12). O powstawaniu obu redakcji twierdzenia por. przypis do s. 49,32.

Str. 47,46. *Elementy*, ks. III, def. 4: „Cięciwy w kole są równo oddalone od środka, jeżeli prostopadłe do nich odcinki promieni są równe".

Str. 48,1. *Elementy*, ks. III, def. 3: „Jeżeli średnica koła dzieli cięciwę na połowy, to jest do niej prostopadła; jeśli zaś jest prostopadła, to dzieli ją na połowy".

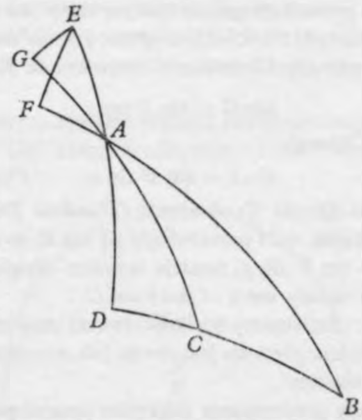
Str. 48,3. Poprawnie: „6 definicja: Nachyleniem płaszczyzny do płaszczyzny jest kąt ostry zawarty między dwiema prostymi (po jednej na każdej płaszczyźnie), przecinającymi się w jednym punkcie krawędzi przecięcia obu płaszczyzn i do tej krawędzi prostopadłych".

Str. 48,14. *Elementy*, ks. III, tw. 15: „Cięciwy bliższe środka koła są dłuższe od cięciw bardziej od niego oddalonych".

Str. 48,19. W autografie „DF do FG równe jest DE do EB", co poprawił A. Birkenmajer zgodnie z następującym zdaniem tekstu. Jest bowiem $DF/DE = FG/EB = DG/DB$.

Str. 48,29. Twierdzenie to, należące właściwie do trygonometrii płaskiej, podał Kopernik wśród twierdzeń trygonometrii sferycznej, idąc za wzorem Regiomontana (*De triangulis...*, ks. IV, tw. 23). Jest ono twierdzeniem pomocniczym dla twierdzenia XV. Oba te twierdzenia, wzorowane na trygonometrii Regiomontana (*De triangulis...*, ks. IV, 23, 33), dopisane zostały i włączone do autografu *Obrotów* po przybyciu Retyka, a więc nie wcześniej niż w 1539 r. Por. przypis do s. 49,32.

Str. 49,32. W rękopisie *Obrotów* (k. 25) znajduje się wykreślony dopisek wraz z rysunkiem: „Jeśli zaś, jak na następnym rysunku, *AD* przebiegać będzie poza trójkątem, to dowód będzie taki sam".



Str. 49,35. Poszczególne twierdzenia rozdziału 14 księgi I oznaczone są na marginesie rękopisu *Obrotów* za pomocą czterech różnych rodzajów numeracji, świadczących o zmianach, jakie wprowadzał Kopernik zarówno w treści, jak i układzie swej trygonometrii sferycznej. Najwcześniejsze są oznaczenia za pomocą liczb arabskich oraz greckich (od $\alpha = 1$ do $\iota\gamma = 13$). Obie te numeracje pochodzące od samego Kopernika obejmują twierdzenia zapisane na k. 20–23 i 26 rękopisu (papier D i E). Poza tymi oznaczeniami pozostały więc uzupełnienia, jakie odnajdujemy na dołączonych do rękopisu k. 24–25 (papier F), tj. nowa redakcja twierdzenia XIII i dodane twierdzenia XIV oraz XV. Dopiero po dokonaniu tych uzupełnień, a więc nie wcześniej niż w 1539 r. pojawiły się nowe oznaczenia, wpisane ręką Retyka. Najpierw były to litery alfabetu łacińskiego (od $a = 1$ do $O = 14$); ostateczną wreszcie kolejność zaznaczył Retyk liczbami rzymskimi. Te właśnie rzymskie liczby stanowią nagłówki poszczególnych twierdzeń rozdziału czternastego we wszystkich wydaniach *Obrotów*.

O pierwotnym układzie rozdziałów świadczy kolejność zapisania twierdzeń w rękopisie *Obrotów*. Kolejność ta, przy użyciu przyjętej ostatecznie numeracji za pomocą liczb rzymskich, przedstawiała się następująco: I II III IV V XI XII XIII (wersja starsza), VI, VII, VIII, IX, X. Na końcu twierdzenia X, tj. na k. 26 rękopisu, znajdowało się, skreślone później, zakończenie całego rozdziału: *Haec obiter de triangulis sphaericis attigisse nobis sufficiat ad propositum nostrum, unde digressi sumus, festinantibus.*

Dla pierwszych pięciu twierdzeń układ powyższy pozostał niezmieniony we wszystkich późniejszych redakcjach. Były więc one oznaczane kolejno następującymi symbolami (nawias oznacza, że dany symbol został w rękopisie przekreślony):

k. 20v rękopisu	1	– α	– *a*	– I
k. 21r	2	– β	– *b*	– II
	3	– γ	– *c*	– III
k. 21v	4	– δ	– *D*	– IV
k. 22r	5	– (ϵ)	– *E*	– V

Należy tu zaznaczyć, że na k. 46 rękopisu spisanej na papierze C, a więc pochodzącej z najwcześniejszej redakcji *Obrotów*, znaleźć można odsyłacz do „piątego twierdzenia o trójkątach sferycznych" (s. 78,7) w przypisie przy okazji problemu wymagającego rozwiązania trójkąta sferycznego o danych dwóch bokach i kącie między nimi zawartym. Zadanie to omówione jest w (obecnym) twierdzeniu XI trygonometrii sferycznej, umieszczonym pierwotnie jako szóste. Wzmianka na k. 46 nie mogła więc dotyczyć piątego twierdzenia, które to twierdzenie w każdej z użytych numeracji dotyczyło innego problemu, rozwiązania trójkąta prostokątnego o znanych kątach. Trzeba więc stwierdzić, że istniał wcześniejszy brulion rozdziału 14 księgi I w redakcji „C", o odmiennej strukturze niż ta, którą odnajdujemy na k. 20–23 i 26 rękopisu.

Porządek dalszych twierdzeń, począwszy od twierdzenia szóstego, ulegał już poważniejszym zmianom. Marginalne oznaczenia, nie zawsze dobrze czytelne, dają obraz następujący:

k. 22r rękopisu	(6)	— *ια*	— (*L*) *M*	— XI	
k. 22v	?	— *ιβ*	— (*M*) *N*	— XII	(widoczna na marginesie „12“ nie należy chyba do pierwotnej numeracji liczbami arabskimi)
	(8)	— *ιγ*			(tw. XIII w pierwszej redakcji)
k. 23r	(9)	— (*ζ*)*ς*	— (*L*) (*f*) (*G*)	— VI	
k. 23v	(10)	— (*η*)(*ζ*)	— (*G*) *H*	— VII	
	(11)	— *η*	— (*H*) *I*	— VIII	
k. 26r	(12)?	— *ϑ*	— *K*	— IX	
	(13)	— (*ι*)?	— (*K*) *L*	— X	

Jak się wydaje, marginalne oznaczenia liczbami arabskimi odpowiadały porządkowi spisywania twierdzeń w rękopisie, a zrekonstruowana numeracja prowadzi do poniższego porównania z oznaczeniami ostatecznymi:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
I	II	III	IV	V	XI	XII	XIII	VI	VII	VIII	IX	X	(oznaczenia ostateczne)

Ten pierwszy porządek wykładu przyjmował jeszcze Kopernik pisząc rozdział trzeci księgi II *Obrotów*. W rozdziale tym (rękopis k. 28v, papier E) znajdujemy odsyłacze do „dziewiątego“ i „jedenastego“ twierdzenia (s. 54,46 i 55,6), zgodne, jak wynika z kontekstu, z powyższą numeracją. Wydanie norymberskie *Obrotów* podaje w tych miejscach, zgodnie z ostatecznym układem trygonometrii, twierdzenia VI i VIII.

Zasadnicza zmiana układu, jakiej dokonał następnie Kopernik, zaznaczona została za pomocą greckich oznaczeń liczbowych:

1	2	3	4	5	9	10	11	12	13	6	7	8	(numeracja pierwotna)
α	*β*	*γ*	*δ*	*ε*	*ς*	*ζ*	*η*	*ϑ*	*ι*	*ια*	*ιβ*	*ιγ*	
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	(oznaczenia ostateczne).

Zmiana polegała więc na przeniesieniu twierdzeń 6–8 (tj. XI–XIII) na koniec rozdziału. Twierdzenia te dotyczą rozwiązywania trójkąta sferycznego przy różnych danych wyjściowych (2 boki i 1 kąt; 2 kąty i 1 bok; 3 boki). W nowym układzie znalazły się one po odpowiednich twierdzeniach o przystawaniu trójkątów przy tych samych założeniach (są to odpowiednio tw. VIII, VII i X). Udowodnienie twierdzenia o przystawaniu trójkątów o danych elementach jest równoważne wykazaniu możliwości rozwiązania tych trójkątów. Nowy układ trygonometrii, w którym dowód taki (tw. VIII, VII i X) poprzedza rozwiązanie (tw. XI–XIII), został więc zapewne podyktowany racjami logiki wykładu.

Po przyjeździe Retyka do Fromborka w 1539 r. Kopernik rozbudował swą trygonometrię sferyczną. W rękopisie zaznaczyło się to przez dołączenie wspomnianego już dodatkowego arkusza (k. 24 i 25 rękopisu). Pierwsza zmiana polegała na rozszerzeniu wywodów twierdzenia XIII, dotyczącego rozwiązania trójkąta sferycznego o znanych bokach. Wersję pierwotną z k. 22v i 23r zastąpiła nowa na k. 24r i 24v. Na karcie 24v znalazło się nowe zakończenie rozdziału: *Et haec quoque de triangulis sphaericis breviori modo ac simplici ratione a nobis complexa sunt, quae alii per rationem multiplicem compositionem et divisionem sunt prosecuti. Habent autem non in hac arte solum, verum etiam in cosmographia circa explicandas locorum distantias atque situs infinitas utilitates.*

I ten ustęp został, tak jak i poprzednie zakończenie, wykreślony, a po twierdzeniu XIII znalazły się na k. 24v–25v dalsze uzupełnienia w postaci twierdzeń XV i XIV.

Powyższe uzupełnienia oznaczone zostały na marginesach rękopisu, być może ręką Retyka, za pomocą liter łacińskich oraz liczb rzymskich:

k. 24r	*O*	– XIII
k. 24v	(*f*) *g*	– XV
k. 25r	*f*	– XIV

Oznaczenia literowe trygonometrii sferycznej nie są kompletne, a szereg skreśleń wskazuje na omyłki i wahania przy ustalaniu nowej kolejności twierdzeń. Powtarzanie się liter *f* i *g* (*G*) przy twierdzeniach VI, VII oraz XIV i XV zdaje się świadczyć o tym, że pisane najpóźniej twierdzenia XIV i XV nie od razu te numery otrzymały, lecz że przewidywano dla nich miejsce bezpośrednio po twierdzeniu V. Ostateczny jednak układ rozdziału, określony przez numerację liczbami rzymskimi, zgodny jest z tym, który zaznaczał poprzednio sam Kopernik za pomocą greckiego alfabetu; nowo dopisane twierdzenia z k. 24v i 25r umieszczone zostały na końcu rozdziału pod numerami XIV i XV.

Księga druga

Str. 51,10. Jest to odwołanie do znanej arystotelesowskiej definicji czasu (*Fizyka*, ks. IV, 11 220a; tłum. polskie K. Leśniaka, Warszawa 1968, s. 137).

Str. 51,25. Autorstwo tego dwuwiersza przypisuje się samemu Kopernikowi (F. i K. Zellerowie, *Gesamtausgabe*, II, s. 445). Poszukiwania domniemanego antycznego pierwowzoru, jakie przeprowadzali F. Hipler, L. A. Birkenmajer i Zellerowie, dały wynik negatywny. L. A. Birkenmajer (I, s. 644) zwrócił uwagę na adnotację znajdującą się w egzemplarzu pierwszego wydania *Obrotów* w Bibliotece Królewskiej w Kopenhadze. Anonimowy autor wśród innych notatek na antefoliach książki przepisał omawiany tu dwuwiersz z adnotacją: *Ovid. metam. 11.* Mogło tu jednak chodzić nie o źródło rzekomego cytatu, lecz jedynie o luźne skojarzenie, zapewne z *Metamorfozami* 11, 461: ... *ubi terra recessit.* Bliższy treściowo pierwowzór podał F. A. Petrovskij (wg: I. N. Viesielovskij, *O vraščenijach* ... s. 570, przypis 4). Według niego chodzi tu o parafrazę z poematu Lukrecjusza *De rerum natura*, IV, w. 387 i n. Te same wiersze jako źródło Kopernika cytuje też B. Biliński, *Najstarszy życiorys M. Kopernika z roku 1588 pióra B. Baldiego*, Wrocław-Warszawa 1973, „Studia Copernicana" t. IX, s. 70, twierdząc zarazem, że tekst Kopernika nie werbalnie wprawdzie, ale rzeczowo bliski jest zarówno *Uranii* Pontana, jak jego traktatowi astrologicznemu *De rebus caelestibus.* Równocześnie Biliński przypomina, że Pontana cytuje Retyk w *Narratio prima* (zob. tamże, s. 72).

Str. 52,6. Proklos Diadoch, neoplatoński filozof i matematyk (410–485), autor m. in. komentarzy do *Elementów* Euklidesa oraz wykładu astronomii sferycznej, *Sfera.* Dzieło to w wydaniu weneckim z 1501 r. Kopernik posiadał w swej bibliotece.

Str. 52,17. Wykreśloną w rękopisie wmiankę o Eratostenesie i Posejdoniosie w związku z pomiarami Ziemi zaczerpnął Kopernik z traktatu Kleomedesa, stoika z II w. n.e., *Cykliczna teoria ciał niebieskich.* Łaciński przekład tego dzieła wydany został w zbiorze przekładów Jerzego Valli (*Nicephorus, Logica cum aliis operibus diversorum auctorum* ... Venezia, S. Bevilaqua, 1498; HC 11748). Wzmianka o obu uczonych znajduje się na k. i_4 v. Por. L. A. Birkenmajer, I, s. 342.

Str. 52,25. Opis przyrządu – kwadrantu słonecznego – oparty jest na *Almageście* Ptolemeusza (ks. I, rozdz. 12; Heiberg, I, s. 66–67; wyd. 1515 r., k. 9).

Str. 53,19. *Almagest*, ks. I, rozdz. 12 (Heiberg, I, s. 68; wyd. 1515 r., k. 9v). $^{11}/_{83}$ obwodu koła $= 47°42'39''$.

Str. 53,20. W rękopisie (k. 27v) omyłkowo $23°52'20''$.

Str. 53,30. Podane tu graniczne wartości kąta nachylenia ekliptyki świadczą o tym, że w okresie pisania tej części książki Kopernik miał już opracowaną, również liczbowo, teorię ruchu osi Ziemi, przedstawioną w księdze trzeciej.

Str. 54,12. W księdze I, rozdz. 14, s. 42,34-43,36.

Str. 54,16. Jest więc EG (długość ekliptyczna) $= \lambda$, GH (deklinacja) $= \delta$, AB (nachylenie ekliptyki) $= \varepsilon$; $\sin\delta = \sin\lambda \sin\varepsilon$.

Str. 54,18. „Części 39822" – w autografie k. 28, w. 26 jest „3822" z ekspunktacją, świadczącą o zamiarze poprawienia zapisu. Dalszy rachunek prowadzony jest przy użyciu poprawnej wartości „39822".

Str. 54,27. Stosując wprowadzone już wyżej, przyjęte powszechnie oznaczenia (rektascenzja $= \alpha$), możemy napisać $FG = 90° - \delta$ $AG = 90° - \lambda$ $FGH = 90°$ $BH = 90° - \alpha$. Mamy więc $\sin FG / \sin AG = \sin FGH / \sin BH$, czyli $\cos\alpha = \cos\lambda / \cos\delta$.

Str. 54,31. W rzeczywistości $AF = 90° - \varepsilon = 66°32'$. Błędna w autografie (k. 28) wartość $64°30'$ jest jedynie wynikiem pomyłki Kopernika przy przepisywaniu. Dalszy ciąg rachunku przeprowadzony jest przy użyciu poprawnego „$AF = 66°32$".

Str. 54,32. Na podstawie wzoru sinusów (tw. 3 w rozdz. 14 ks. I) $\sin AGF = \cos\varepsilon / \cos\delta$.

Str. 54,43. W oryginale (autograf k. 28v) sprzeczne z treścią reszty zdania: *per polum motus diurni qui sit K... quadrantes ... KFL et KMG.* Na towarzyszącej tekstowi ilustracji oba bieguny oznaczono taką samą literą *K.* Tekst i ilustrację poprawiono już w wydaniu norymberskim (k. 30), w którym czytamy: *per polos motus diurni ... quadrantes ... KFL et HGM;* oznaczenia biegunów literami *K* i *H* podane są w erracie do tegoż wydania.

Str. 54,46. W autografie (k. 28v): „na mocy dziewiątego twierdzenia *(per IX sphaericorum)*".

Str. 55,4. W autografie: *DA* i *DB.*

Str. 55,6. W autografie: „na mocy jedenastego twierdzenia" *(per XI sphaericorum).*

Str. 55,26. Pierwsze zdanie tego akapitu, wykreślone w autografie, nie weszło też do edycji norymberskiej dzieła. Następująca końcowa część rozdziału, również skreślona w rękopisie (k. 28v, 30v), przywrócona została dopiskiem marginalnym: *haec deleri non debet usque ad proximum caput* (k. 28v).

Str. 55,42. Poprawki należy dodawać w tablicy deklinacji, odejmować zaś w tablicach rektascenzji i kątów południkowych.

Trzy następujące tu tablice obliczone zostały dla minimalnego nachylenia ekliptyki $\varepsilon_0 = 23°28'$. Rozwinięta jeszcze przed napisaniem tego fragmentu dzieła teoria zmian nachylenia ekliptyki zawarta jest w rozdziałach 8 i 6 księgi III. Według Kopernika zmiana nachylenia ekliptyki przebiega harmonicznie z amplitudą 24' w okresie 3 lat egipskich, w granicach od 23°28' do 23°52'. Różniczkując przedstawione niżej wzory

$$\sin\delta = \sin\lambda\sin\varepsilon, \qquad \cos\alpha = \cos\lambda/\cos\delta, \qquad \sin AGF = \sin\chi = \cos\varepsilon/\cos\delta,$$

otrzymamy poprawki wynikające z przyrostu $d\varepsilon$ nachylenia ekliptyki względem nachylenia minimalnego $\varepsilon_0 = 23°28'$:

$$d\delta = \frac{\mathrm{tg}\delta}{\mathrm{tg}\varepsilon_0}\,d\varepsilon, \qquad d\alpha = \frac{\mathrm{tg}\,\delta}{\mathrm{tg}\,\alpha\,\mathrm{tg}\,\varepsilon_0}\,d\varepsilon, \qquad d\chi = -\mathrm{tg}\,\chi\left[\mathrm{tg}\,\varepsilon_0 - \frac{\mathrm{tg}^2\,\delta}{\mathrm{tg}\,\varepsilon_0}\right]d\varepsilon$$

Dla największego przyrostu $d\varepsilon_{max} = 24'$ wynikają stąd poprawki, *differentiae* w omawianych tu tablicach. Użycie tablic dla dowolnej epoki wymaga znajomości nachylenia ekliptyki ε dla tej epoki i obliczenia, według wskazówek w zakończeniu rozdziału, współczynnika $c = \frac{\varepsilon-\varepsilon_0}{24}$. Współczynnik ten, wyrażony w sześćdziesiątkowym układzie pozycyjnym, otrzymać można również na podstawie tablic w księdze III („minuty proporcjonalne" w tabl. na s. 133). Mnożąc współczynnik c przez odpowiednią poprawkę *(differentia)* z ostatniej kolumny otrzymujemy wielkość, o którą należy zwiększyć deklinację albo zmniejszyć rektascenzję lub kąt południkowy.

Str. 60,28. Określenia „wkoło-", „dwu-" i „jednociennych" podaje za Posejdoniosem Strabo w *Geografii*, II, 2. Egzemplarz dzieła Strabona (wyd. weneckie z 1472 r.) posiadał Kopernik w swej bibliotece.

Str. 61,1. *Phaenomena*, rozdz. 2, wyd. Heiberga, VIII, 12 i n.

Str. 61,8. Pojęcie „klimatu" wiąże się z bardzo wczesnym a rozwiniętym w Aleksandrii sposobem określania szerokości geograficznej przez podanie długości T najdłuższego dnia w roku (dla półkuli północnej w momencie, gdy Słońce znajduje się nad zwrotnikiem Raka). (Por. O. Neugebauer, *Exact Sciences in Antiquity*, N. York 1957, s. 183–185). Długość ta związana jest z szerokością geograficzną zależnością

$$\cos\frac{T}{2} = \mathrm{tg}\,\varepsilon\,\mathrm{tg}\,\varphi.$$

Ptolemeusz (*Almagest*, ks. II, rozdz. 6) omawia szczegółowo podział półkuli północnej za pomocą równoleżników, odpowiadający czasowi T wzrastającemu co 15^m, począwszy od równika, na którym oczywiście dzień ma stałą długość równą 12 godzin.

Tradycyjne w kosmologii siedem klimatów charakteryzują graniczne równoleżniki, dla których $T = 13^h$ (Meroe), 13^h30^m (Syene) itd., co 30 minut aż do $T = 16^h$ (Borystenes = ujście Dniepru do Morza Czarnego). Bizancjum ($T = 15^h15^m$) nie należy już do tego szeregu. Zestaw miejscowości, podany przez Kopernika, zaczerpnięty został niewątpliwie z encyklopedycznego dzieła Jerzego Valli (*De expetendis et fugiendis rebus* ..., Venezia, A. Romanus, 1501, ks. 16, rozdz. 1, k. bb_4 v).

Str. 62,29. Oznaczając szerokość geograficzną przez φ, nadwyżkę łuku półdziennego EH przez $d\tau$, możemy napisać $GEH = 90° - \varphi$, $GH = \delta$ i $\cos(90° - d\tau) = \mathrm{tg}\,\varphi\,\mathrm{ctg}\,(90° - \delta)$ oraz $\sin EG = \sin\delta\cos\varphi$.

Str. 62,31. Poprawnie: *EH* jako połowa różnicy (jak w w. 28).

Str. 63,22. Definicja Posejdoniosa znana jest z komentarza Proklosa do *Elementów* Euklidesa. Dalsze wykorzystanie tego komentarza z powołaniem się na jego autora można znaleźć w *O obrotach*, ks. V, rozdz. 25 (s. 275,10).

Str. 63,32. *Elementy*, ks. XI, tw. 19: „Jeżeli dwie przecinające się płaszczyzny są prostopadłe do innej płaszczyzny, to krawędź ich przecięcia jest również do tej płaszczyzny prostopadła".

Str. 63,33. *Elementy*, ks. XI, tw. 6: „Dwie proste, prostopadłe do jednej płaszczyzny, są równoległe".

Str. 64,4. Stosując zwykłe oznaczenia, mamy:

$$KE = \sin\delta, \quad FK = \cos\delta, \quad KN = \sin d\tau\cos\delta, \quad KNE = AEB = 90° - \varphi, \quad KEN = \varphi.$$

Jest więc

$$FK : KE = \cos\delta/\sin\delta,$$

oraz, na podstawie twierdzenia sinusów,

$$KE : KN = \sin KNE/\sin KEN = \cos\varphi/\sin\varphi.$$

Stąd

$$FK : KN = 1 : \sin d\tau = (FK : KE)(KE : KN) = \cos\delta\cos\varphi/\sin\delta\sin\varphi$$

oraz po przekształceniu

$$\sin d\tau = \mathrm{tg}\,\delta\,\mathrm{tg}\,\varphi.$$

Analogicznie przebiegać będzie dowód w odniesieniu do azymutu punktu wschodu gwiazdy. Oznaczając literą a ten azymut, mierzony od kierunku wschodniego, mamy

$$EN = \sin a, \ BEN = BE + EN = 1 + \sin a.$$

$$BE : EK = 1 : \sin \delta \quad EK : EN = \cos \varphi : 1$$

$$BE : EN = 1 : \sin a = (BE : EK)(EK : EN) = \cos \varphi / \sin \delta,$$

a więc

$$\sin a = \sin \delta / \cos \varphi.$$

Odsyłacz do Ptolemeusza, skreślony w autografie (k. 33v), odnosi się do *Almagestu*, ks. I, rozdz. 13.

Str. 64,9. We wcześniejszej redakcji autografu (na papierze D) następował tu rozdział: *De ortu et «occasu» signorum ac partium signiferi atque stellarum.* Początkowy fragment tego rozdziału (k.33v) został przekreślony, a przesłanki bibliologiczne świadczą o tym, że dalszy ciąg tekstu znajdował się na usuniętej z rękopisu karcie (pomiędzy obecnymi k. 33 i 34) (por. t. I nin. wydania, s. 13). Przekreślony fragment powtórzony został bez istotnych zmian, jako początek obecnego rozdziału dziewiątego, na k. 36v i 37 rękopisu, wykazujących (późniejszy) filigran E.

Str. 70,8. „Czasostopnie" są formalnym rozróżnieniem stopni, mierzonych na równiku, jako miary czasu według znanej relacji $15° = 1^h$. Ponieważ tablica „Różnic wznoszeń" operuje miarą kątową, przeto dla wyznaczenia łuku dziennego Słońca w mierze czasowej należy uzyskaną za pomocą tablicy jego wielkość $180° \pm 2d$ podzielić przez 15.

Str. 70,26. Zmiany w układzie księgi następowały jeszcze podczas pisania jej późniejszej redakcji (na papierze E). Świadczy o tym znajdujący się (k. 36v autografu) w tym miejscu i wykreślony przez autora początek obecnego rozdziału dziesiątego.

Str. 71,39. W rękopisie Kopernika znajduje się tu (k. 37v) rycina, analogiczna do pierwszego rysunku w rozdziale trzecim, niezgodna jednak z tekstem niniejszego rozdziału. Opis rysunku bowiem nie pozostawia wątpliwości, że łuki *EBH* i *EAG*, równe 90°, przechodzą poza południk *FAB*. W wydaniu norymberskim rysunek Kopernika zastąpiony został innym, zamieszczonym również w obecnym wydaniu. Pierwowzór rysunku odnaleźć można w *Almageście* (ks. II, rozdz. 11, k. 20v wydania z 1515 r.). Inna rycina z tegoż wydania *Almagestu* (II, rozdz. 7, k. 16) powtórzona została przez Kopernika, z zachowaniem tych samych oznaczeń literowych, w rozdziale 9 obecnej II księgi (autograf k. 37).

Str. 71,45. Wydawcy norymberscy uzupełniają tu poprawnie: „oraz wysokość w południku *AB*" (k. 39v).

Str. 72,8. Kąt południkowy *FAG* znany jest na podstawie wywodów rozdziału trzeciego.

Str. 72,9. Dana jest długość punktu wschodzącego ekliptyki *E*, równa λ_E, oraz, na podstawie rozdziału IX, długość punktu kulminującego ekliptyki λ_A, $AE = \lambda_A - \lambda_E$ i $AB = 90° - \varphi + \delta_A$. W trójkącie prostokątnym *ABE*

$$\frac{\sin AEB}{\sin AB} = \frac{1}{\sin AE},$$

czyli

$$\sin AEB = \frac{\cos(\delta_A - \varphi)}{\sin(\lambda_A - \lambda_E)}.$$

W drugim wypadku, przy danym λ_A, Kopernik rozpatruje trójkąt prostokątny *FAG*, w którym $AF = \delta_A - \varphi$, $FAG = \chi$ (kąt południkowy);

$$\frac{\sin FG}{\sin \chi} = \frac{\sin AF}{1},$$

czyli $\sin FG = \sin(\delta_A - \varphi) \sin \chi$ oraz $GH = 90° - FG$.

Str. 72,13. Twierdzenie III rozdziału 14 księgi I (s. 41,41-42,23).

Str. 73,1. Tablica ta podająca rektascenzję punktów zodiaku stanowi modyfikację tablicy z rozdziału trzeciego. Obliczona została dla nachylenia ekliptyki $\varepsilon = 23°28'$.

Str. 74,1. Tablica dla wybranych szerokości geograficznych podaje wznoszenia, tj. długość łuku równika od horyzontu do punktu równonocy wiosennej (a więc rektascenzję wschodzącego punktu równika), jako funkcję długości ekliptycznej wschodzącego równocześnie punktu zodiaku. Poprzednia tablica przedstawia przypadek szczególny dla sfery prostej, tj. dla $\varphi = 0$.

W autografie obie tablice rozdziela (k. 38v) nie dokończona tablica bez opisów, skreślona czerwonym atramentem. Liczby podane w tablicy pozwalają sądzić, że miała ona podawać długość wschodzącego punktu zodiaku jako funkcję wznoszenia.

Str. 77,7. Kopernik wykorzystuje tu podstawowy związek astronomii sferycznej, łączący rektascenzję Słońca α, jego kąt godzinny t, tj. czas słoneczny liczony od południa, wyrażony w mierze kątowej i czas gwiazdowy, czyli rektascenzję przechodzących przez południk punktów sfery niebieskiej: $\vartheta = \alpha + t$. Użyta odwrotnie tablica wznoszeń prostych wskaże długość ekliptyczną w południku, tj. kulminujący stopień zodiaku.

Str. 77,15. Dodając rektascenzję Słońca i wyrażony w mierze kątowej czas od wschodu Słońca otrzymujemy rektascenzję wschodzącego punktu równika i stąd, na podstawie użytej odwrotnie (od funkcji do argumentu) tablicy wznoszeń na sferze ukośnej, długość ekliptyczną wschodzącego punktu ekliptyki.

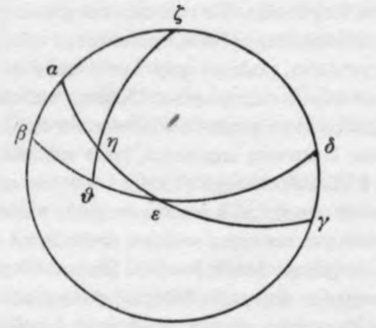
Str. 77,20. Tablica różnic wznoszeń przy rozdziale siódmym pozwala ustalić punkt równika wschodzący równocześnie z daną gwiazdą. Znając zaś rektascenzję wschodzącego punktu równika można, jak w przypadku poprzednim, ustalić wschodzący punkt ekliptyki za pomocą tablicy wznoszeń na sferze ukośnej.

Str. 77,39. Określenie „poprzednia figura“ odnosi się oczywiście do pierwotnego rysunku Kopernika z rozdziału 10. Por. przypis do s. 71,39.

Str. 78,2. W trójkącie FAG znane są dwa boki: $AF = 90° - AB$ oraz AG i zawarty między nimi kąt FAG (na podstawie tablicy kątów południkowych przy rozdziale trzecim). Rozwiązanie może więc się oprzeć na twierdzeniu jedenastym z rozdziału 14 księgi I.

Str. 78,7. W autografie zachował się wariant końcowej części rozdziału:

„między wschodem i południem; niech będzie to punkt η wraz z ćwiartką koła $\zeta\eta\vartheta$. Ponieważ z danej godziny dany jest łuk $\alpha\eta\varepsilon$, jak również $\alpha\eta$ i $\alpha\zeta$ wraz z kątem południkowym $\zeta\alpha\eta$, przeto na mocy piątego twierdzenia o trójkątach sferycznych dane są łuk $\zeta\eta$ i kąt $\zeta\eta\alpha$, których szukaliśmy. Jak zaś mają się do siebie cięciwy podwojonych łuków $\varepsilon\eta$ i $\eta\vartheta$ oraz $\varepsilon\alpha$ i $\alpha\beta$, w takim też stosunku są do siebie promień i sinus kąta $\eta\varepsilon\vartheta$; znana więc będzie $\eta\vartheta$ wysokość punktu η. A skoro w trójkącie $\eta\vartheta\varepsilon$ dane są boki $\eta\varepsilon$ i $\eta\vartheta$ wraz z kątem ε, kąt zaś ϑ jest prosty, otrzymamy stąd pozostały kąt $\varepsilon\eta\vartheta$. Powyższe wywody o kątach i odcinkach kół zaczerpnąłem w skrócie od Ptolemeusza i innych autorów, odwołując się do ogólnej nauki o trójkątach, w której jeżeli ktoś zechce się zaprawić, będzie mógł samodzielnie znaleźć wiele więcej jeszcze pożytecznych zastosowań poza tymi, jakie przed chwilą przykładowo przedstawiłem“.



Znajduje się on na k. 46, stanowiącej wraz z sąsiednią k. 47 wkładkę papieru C, a więc używanego przez Kopernika wcześniej niż papiery D i E, na których została ostatecznie napisana, z wyjątkiem katalogu gwiazd, cała II księga. Wkładka ta zawiera ponadto (k. 46v i 47) wariant dużej części niniejszego rozdziału 14.

Różnica w treści obu wariantów rozdziału 12 polega na opuszczeniu w wersji późniejszej (k. 41 autografu) drugiego z podanych na k. 46 dwóch sposobów obliczenia kąta, jaki tworzy ekliptyka z kołem wierzchołkowym. Pierwszy sposób w wariancie k. 46 odwołuje się przy tym do piątego twierdzenia trygonometrii sferycznej *per quintum sphaericorum*. W wersji późniejszej odsyłacz ten, odnoszący się do 11 twierdzenia w rozdziale 14 księgi I, sformułowany został ogólnikowo: *per demonstrata sphaericorum*. Niezwykle interesujące jest we wcześniejszym fragmencie na k. 46 zastosowanie przez Kopernika wzoru sinusowego w postaci mieszanej, z równoczesnym użyciem cięciw i sinusów:

$$\frac{\text{sub } 2EH}{\text{sub } 2H\theta} = \frac{\text{sub } 2EA}{\text{sub } 2EB} = \frac{\text{promień}}{\sin HE\theta}.$$

To wyjątkowe w tekście *Obrotów* użycie funkcji sinus zostało w późniejszej redakcji dzieła, zgodnie z tendencją do nadania mu klasycyzującej, humanistycznej formy, usunięte przez samego Kopernika. Z powrotem do antycznej formy trygonometrii cięciw łączy się zapewne zmiana sformułowania o dziełach wcześniejszych autorów, wykorzystanych przez Kopernika przy pracy nad astronomią sferyczną. W wersji wcześniejszej mowa jest o *Ptolemaeo at aliis*, a więc późniejszych uczonych, operujących nieznaną starożytnym matematykom funkcją sinus; wersja końcowa natomiast (s. 78,4) odwołuje się wyłącznie do *Ptolemaeo*.

Dodajmy tu jeszcze, że użycie przez Kopernika greckich oznaczeń literowych na k. 46 było powodem do wysuwania błędnych przypuszczeń. L. A. Birkenmajer (I, s. 377) w fakcie tym niesłusznie dopatrywał się argumentu o zapisaniu k. 46 już po przyjeździe Retyka na Warmię w 1539 r., kiedy to wśród książek ofiarowanych Kopernikowi znalazło się greckie wydanie *Almagestu* (Bazylea 1538). Jednakże zbieżność z odpowiednim fragmentem *Almagestu*, tj. z rozdziałem 12 księgi II, ogranicza się jedynie do tematu rozważań. Żaden zresztą tekst antyczny nie mógł operować trygonometrią sinusów. Trudno wobec tego zgodzić się ze zdaniem wydawców toruńskich (wyd. 1873 r., s. 106) i monachijskich (wyd. 1943 r., 3.95), według których k. 46 autografu dzieła Kopernika zawiera przekład z języka greckiego.

Str. 78,28. Określenia gwiazdy wieczornej i porannej, wschodu i zachodu wieczornego lub porannego, odnoszą się do zjawisk wynikających z pozornego rocznego ruchu Słońca na tle sfery gwiazd. Mają one najprostszą postać dla obserwatora znajdującego się na równiku.

W momencie wschodu porannego i zachodu wieczornego gwiazdy znajdującej się na ekliptyce, gdy więc długość ekliptyczna Słońca i gwiazdy są równe, przebieg ruchu dobowego Słońca i gwiazdy jest identyczny. Stałe przemieszczanie się Słońca w ruchu rocznym po ekliptyce w kierunku wschodnim powoduje jednak, że wschody i zachody gwiazd następują z każdym dniem wcześniej prawie o 4 minuty. Po wschodzie porannym dana gwiazda staje się więc na pół roku gwiazdą poranną, wschodzącą w nocy i widoczną aż do wschodu Słońca.

Gdy Słońce znajdzie się w przeciwległym do gwiazdy punkcie ekliptyki, nastąpi wieczorny wschód i poranny zachód gwiazdy. Od tego momentu gwiazda wschodzi już przed zachodem Słońca, a po jego zachodzie widoczna jest jako gwiazda wieczorna.

Okres widoczności, od zachodu Słońca do zachodu gwiazdy, stopniowo maleje, aż po sześciu miesiącach nastąpi powrót do początkowego położenia w cyklu rocznym, tj. do wschodu porannego i zachodu wieczornego. Co prawda rozróżnienie poszczególnych kategorii wschodów i zachodów staje się trudniejsze, jeżeli rozpatrujemy gwiazdy oddalone od ekliptyki i obserwowane w większych szerokościach geograficznych. Wystarczy przypomnieć, że ze wzrostem szerokości geograficznej miejsca obserwacji powiększa się obszar sfery niebieskiej stale znajdujący się nad horyzontem. Leżące w nim gwiazdy okołobiegunowe widoczne są każdej nocy, a więc nie mieszczą się w powyższej klasyfikacji. Jednakże podane tu charakterystyczne, podstawowe konfiguracje wystarczą dla zilustrowania omawianego tekstu Kopernika. To szersze omówienie prostych przecież zależności wydawało się konieczne ze względu na końcowy fragment opisu Kopernika: „i taka gwiazda nazywa się ... wieczorną, jako że w ciągu dnia się ukrywa pod horyzontem, podczas gdy tamta zapadła się w nocy“ (s. 78,19-20). Nietrudno zauważyć, że fragment ten jest sprzeczny z resztą opisu. Dopiero zmieniając miejscami określenia dnia i nocy uzyskamy tekst poprawny — w istocie bowiem gwiazda wieczorna w nocy ukrywa się pod horyzontem, gwiazda poranna zaś zapada się w ciągu dnia. Ilustracją trudności, jakie sprawia cytowany tekst, mogą być sprzeczne z sobą przekłady Menzzera (1879) i Viesielovskiego (1964): ... *indem es bei Tage unsichtbar ist, und bei Nacht erscheint* (Menzzer), ... ибо она бывает невидимой в течение дня, а ночью закатывается (Viesielovski).

Str. 78,41. Słońce w swym pozornym rocznym ruchu z zachodu na wschód, w kolejności znaków zodiaku, porusza się zawsze szybciej niż planety górne: Mars, Jowisz i Saturn. Względne położenie Słońca i planety zmienia się więc w ten sam sposób jak względne położenie Słońca i gwiazd stałych, a zjawiska pierwszego i ostatniego wschodu czy zachodu mają przebieg identyczny dla planet górnych i gwiazd. Inaczej jest w odniesieniu do planet dolnych, Merkurego i Wenus. W okresie między największą elongacją zachodnią i największą elongacją wschodnią planety te wyprzedzają Słońce, szybciej od niego przemieszczając się w kierunku wschodnim na sklepieniu niebieskim. Stąd np. widomy wieczorny wschód Merkurego następuje później niż rzeczywisty wschód wieczorny, odpowiadający górnej koniunkcji planety ze Słońcem. Określeń „wieczorny wschód“ i „poranny zachód planety dolnej“ używa Kopernik, wzorem Ptolemeusza, dla oznaczenia odpowiednio pierwszej widoczności planety na wieczornym niebie i ostatniej widoczności planety na porannym niebie.

Str. 79,7. Wartości kątów depresji Słońca *(arcus visionis)*, przy której dana planeta staje się widoczna, zaczerpnięte zostały z *Almagestu* (XIII, rozdz. 7; Heiberg, II, s. 595–596, wyd. 1515, k. 150v).

Str. 79,25. W autografie zachowała się, na k. 46v i 47, inna wersja dużej części tego rozdziału, należąca wraz z omawianym już fragmentem rozdziału dwunastego (por. przypis do s. 78,7) do wcześniejszej redakcji dzieła. W stosunku do drugiej wersji fragment ten wyróżnia się użyciem w tekście cyfr arabskich, których Kopernik w późniejszej redakcji dzieła unika, ograniczając ich użycie w zasadzie do tablic i do opartych na nich obliczeń.

Rozdział niniejszy stanowić miał, wraz z następującym katalogiem gwiazd, oddzielną księgę. Świadczy o tym zarówno (chociaż pośrednio) pierwsze zdanie rozdziału, jak i graficzne wyróżnienie w rękopisie. W obu wersjach (k. 42 i 46v) pozostawił Kopernik miejsce na inicjały, podobnie jak na początku innych ksiąg, na k. 13, 26v, 106v i 142. W autografie późniejszej redakcji rozdziału poszczególne ustępy miały (wykreślone następnie) nagłówki, odpowiadające podziałowi księgi na rozdziały.

Str. 79,35. *Almagest*, ks. III, wstęp (Heiberg, I, s. 191).

Str. 79,41. Obserwacje Menelausa cytuje Ptolemeusz w *Almageście*, ks. III, rozdz. 3 (Heiberg, II, s. 30, 33; wyd. 1515 r., k. 76v, 77).

Str. 80,5. Stanowisko Ptolemeusza, przyjmującego teorię ruchu Słońca za podstawę astronomii matematycznej, wyrażone jest w *Almageście* (ks. III, wstęp i rozdz. 1). Kopernik umieszcza kończący II księgę katalog gwiazd przed opisem, w III księdze, zjawisk precesyjnych i orbity Ziemi, zmienia więc w stosunku do Ptolemeusza w istotny sposób porządek wykładu. Niejednostajność precesji punktów równonocnych i związana z nią zmienność długości roku zwrotnikowego skłoniły go do przyjęcia nieruchomej sfery gwiazd stałych jako podstawowego układu odniesienia.

Str. 80,11. W rękopisie (k. 42v) skreślony nagłówek: *De loco solis observando instrumentorum usu.*

Str. 80,21. W rękopisie (k. 42v) skreślony nagłówek: *De luna et stellis eodem modo capiendis.* Następujący tu opis astrolabium sferycznego (sfery armillarnej) oraz sposób jego użycia mają bliski pierwowzór w *Almageście* (ks. V, rozdz. 1).

Str. 81,37. Obserwacja Ptolemeusza podana jest w *Almageście*, ks. VII, rozdz. 2 (Heiberg II, s. 14-15; wyd. 1515 r., k. 74v).

Str. 82,18. Data obserwacji Ptolemeusza, 9 Pharmuti II r. Antonina, odpowiada w rzeczywistości 23 lutego 139 r., nie zaś, jak podaje Kopernik (dwukrotnie, ks. II, rozdz. 14 i ks. III, rozdz. 11) 24 lutego. Tę samą datę rozwiązał Kopernik w liście do Bernarda Wapowskiego, pisanym w 1524 r., jako 22 lutego 139 r.

Str. 82,27. Chodzi tu o gwiazdę γ Arietis, rozpoczynającą w katalogu Ptolemeusza (*Almagest*, ks. VII, rozdz. 5) wykaz gwiazd konstelacji zodiakalnych.

Str. 82,33. Na szerokości geograficznej Rodosu, równej $+36°$, niewidoczne są gwiazdy leżące na południe od równoleżnika niebieskiego $-54°$.

Str. 82,35. Teon Młodszy, aleksandryjski astronom z drugiej połowy IV w., wydawca i komentator dzieł Ptolemeusza i Euklidesa. Kopernik posiadał w swej bibliotece *Zjawiska* Aratosa z komentarzem Teona, pochodzące z wydawnictwa: *Scriptores rei astronomicae veteres*, Venezia, Aldus Manutius, 1499 (HC 14559) (L. Prowe, *Nicolaus Coppernicus*, I, cz. 2, Berlin 1883, s. 415-416). Własnoręczne notatki Kopernika w tej książce opisał L. A. Birkenmajer (I, s. 135-139).

Str. 82,38. Zamiast Hezjoda i Homera, rękopis *Obrotów* (k. 44) wymieniał pierwotnie Hioba. Istotnie w *Wulgacie* (*Hiob* 9,9 i 28,31) odnajdujemy cytowane w tekście gwiazdozbiory: *qui facit Arcturum et Oriona et Hyades*; *Numquid coniugere valebis micantes stellas Pleiades.*

Zmianę może wyjaśnić stwierdzenie, że odsyłacz do księgi Hioba staje się nieścisły w odniesieniu do greckiego tekstu *(Septuaginty)* Starego Testamentu. W *Septuagincie* nie występują bowiem wszystkie wymienione przez Kopernika nazwy gwiazd - brak Hyad.

Hezjod w poemacie ἔργα και ἡμέραι (Prace i dnie) wymienia Arktura (w. 610), Plejady, Hyady i Oriona (w. 615). Ten ostatni wiersz został zapożyczony z *Iliady*, XVIII, w. 486.

Str. 82,41. Określenie w stopniach i minutach położenia gwiazdy wewnątrz znaku zodiaku związane jest z chwilowym położeniem punktów równonocnych, w szczególności punktu Barana, jako zerowego punktu rachuby długości ekliptycznych. Nie znajduje ono zastosowania w przyjętym przez Kopernika układzie odniesienia, w którym położenie gwiazd określa się różnicowo względem arbitralnie wybranej gwiazdy stałej (γ Arietis).

Jak wynika z analizy autografu *Obrotów*, rozdział 14 księgi II pisany był, przynajmniej w drugiej wersji, później niż początkowe karty katalogu gwiazd (por. przypis do s. 83,1).

Str. 82,42. Katalog gwiazd Ptolemeusza zawarty jest w *Almageście* (ks. VII, rozdz. 5 i ks. VIII, rozdz. 1). Wbrew stwierdzeniu Kopernika, różnice między współrzędnymi gwiazd w *Obrotach* i *Almageście* są dosyć częste. Na ogólną liczbę 1025 gwiazd obu katalogów, różnice w długości (po uwzględnieniu systematycznej różnicy, wynikającej z przyjęcia różnych punktów początkowych) występują dla 68 gwiazd, w szerokości - dla 121 gwiazd. Również w określeniu jasności gwiazd Kopernik odstępuje 66 razy od pierwowzoru Ptolemeusza.

Str. 83,1. Kopernikowski katalog gwiazd zawiera współrzędne i jasności 1025 gwiazd, zgrupowanych w 48 gwiazdozbiorach. W ogólnej liczbie 1022 gwiazd, podanej na końcu (s. 113,43), nie uwzględniono Warkocza Bereniki, tj. ostatnich trzech gwiazd w gwiazdozbiorze Lwa. Trzy gwiazdy zarejestrowane są dwukrotnie, zwiększając liczbę pozycji do 1028. Są to gwiazdy 9 Cefeusza - 29 Herkulesa, 11 Woźnicy - 21 Byka oraz 42 Wodnika - 1 Ryby Południowej.

Katalog w *Obrotach* wzorowany jest ściśle na katalogu z *Almagestu* Ptolemeusza i zachowuje, podobnie jak cały szereg wcześniejszych katalogów średniowiecznych, arabskich i europejskich, te same nazwy gwiazd i te same wartości dla szerokości ekliptycznych i jasności. Cechą wyróżniającą katalog Kopernika jest sposób liczenia długości ekliptycznych, przy którym punkt zerowy wyznacza gwiazda γ Arietis, rozpoczynająca spis gwiazd zodiakalnych. Gwiazda ta miała w *Almageście* długość równą $6°40'$, długości w katalogu Kopernika powstały więc przez odjęcie tej wielkości od długości wszystkich gwiazd w *Almageście*.

Kwestia źródeł, jakie Kopernik wykorzystywał bezpośrednio przy opracowaniu swego katalogu, pozostaje otwarta. Nie był to na pewno znajdujący się w jego bibliotece drukowany *Almagest* z 1515 r., podający nazwy gwiazd w przekładzie z języka arabskiego na barbarzyńską łacinę. W tekście Kopernika bowiem użyta jest już humanistyczna terminologia, z przywróceniem klasycznych nazw gwiazdozbiorów. Najbliższy kopernikowskiemu jest katalog gwiazd w cytowanym już encyklopedycznym dziele J. Valli, *De expetendis et fugiendis rebus*, i to zarówno co do nazw, jak i w odniesieniu do wielu wartości współrzędnych, które różnią się w katalogach Kopernika i Ptolemeusza. Szczegółowe zestawienie tych katalogów podaje J. Dobrzycki, *Katalog gwiazd w «De revolutionibus»*, „Studia i Materiały z Dziejów Nauki Polskiej", seria C, 1963, (7), s. 109. Praca ta zawiera również identyfikację gwiazd katalogu według aktualnej, ujednoliconej nomenklatury.

Pochodny, w stosunku do *Almagestu*, charakter kopernikowskiego spisu gwiazd zwalnia w tym miejscu od szczegółowej analizy. Katalog Ptolemeusza, jego błędy systematyczne i stosunek do wcześniejszego katalogu Hipparcha były przedmiotem szeregu rozpraw (por. zwłaszcza C.H.F. Peters, E. Knobel, *Ptolemy's Catalogue of Stars*, Washington 1915, Carnegie Institution of Washington Publ. no. 86; H. Vogt, *Wiederherstellung von Hipparchs Fixsternverzeichnis*, „Astronomische Nachrichten" t. 224, 1922, s. 325; A. Pannekoek, *Ptolemy's Precession*, „Vistas in Astronomy" t. 1, 1955, s. 60).

W autografie *Obrotów* katalog spisany został na dwóch składkach, oznaczonych literami *f* i *g*, należących do najwcześniejszej redakcji dzieła (k. 52–70, papier C). Początkowo Kopernik wpisywał w rubrykach katalogu długości ekliptyczne w systemie dodekatemoriów, oddzielną rubrykę przeznaczając dla symboli znaków zodiaku. Dopiero od gwiazdozbioru Pegaza (k. 57v) wartości wpisywane są w skali od 0 do 360 stopni, zgodnie ze stwierdzeniem poprzedzającego katalog 14 rozdziału II księgi (s. 82,39-41). Wpisane już na poprzednich kartach pierwotne wielkości zostały przekreślone i zastąpione nowymi. Przy tym składka zawierająca pierwszą kartę katalogu (tj. k. 52 i 61 rękopisu) została przepisana na nowo.

Na marginesach kart zajętych przez gwiazdozbiory zodiaku odnotował Kopernik w odpowiednich miejscach położenia apogeów orbit planetarnych. Otrzymał je przez odjęcie 6°40′ od podanych w *Almageście* długości apogeów, są więc one długościami względnymi, odniesionymi, podobnie jak długości gwiazd, do gwiazdy γ Arietis. Omawiane tu adnotacje, przypisujące apogeum stały kierunek w przestrzeni, powstały niewątpliwie przed odkryciem przez Kopernika, około 1523 r., zjawiska przemieszczania się linii absyd, uważanych dotychczas za nieruchome.

Str. 83,29. Szerokości ekliptyczne tych gwiazd zostały przez Kopernika zamienione wbrew tekstowi *Almagestu*, lecz zgodnie z opisem położenia obu gwiazd.

Str. 84,27. Przy zamianie znaków zodiaku na miarę kątową Kopernik pomylił się o 30°, długość gwiazdy powinna wynosić 265°40′.

Str. 84,46. Poprawna długość gwiazdy wynosi 110°0′ (pomyłka o 3×30°).

Str. 84,47. Poprawna długość gwiazdy wynosi 105°0′.

Str. 85,12. Poprawna długość gwiazdy wynosi 102°30′,

Str. 85,13. Poprawna długość gwiazdy wynosi 96°30′.

Str. 85,14. W autografie błędnie: 16 gwiazd czwartej, 5 piątej wielkości.

Str. 86,32-35. W katalogu Ptolemeusza gwiazdy te określone są poprawnie jako „na prawym łokciu" i „na lewym łokciu". Błędne nazwy u Kopernika pochodzą ze wspomnianego katalogu Valli.

Str. 89,33-34. Gwiazdy te podaje Kopernik w kolejności odmiennej od stosowanej przez poprzednich autorów.

Str. 92,17. Kolejność gwiazd w całym gwiazdozbiorze Pegaza jest inna niż w katalogach Ptolemeusza i jego średniowiecznych kontynuatorów.

Str. 93,35. W rękopisie *Obrotów* (k. 58): 81 gwiazd trzeciej, 177 gwiazd czwartej wielkości.

Str. 95,34. W rękopisie (k. 59): gwiazd 32, w tym 7 trzeciej wielkości.

Str. 96,16-17. Kolejność gwiazd jest odwrotna niż kolejność w katalogach innych autorów.

Str. 98,46. W autografie błędnie: 6 gwiazd trzeciej, 11 piątej wielkości.

Str. 101,43. Długość gwiazdy we wszystkich wydaniach dotychczasowych podawano jako 288°40′. W autografie (k. 63r) zapisana pierwotnie wartość 288°40′ poprawiona została przez Kopernika za pomocą ekspunktacji na 288°10′.

Str. 104,18. W rękopisie (k. 64) łączna liczba wynosi 346, w tym 64 trzeciej i 133 czwartej wielkości. W rachunku Kopernik pominął trzy ostatnie gwiazdy z gwiazdozbioru Lwa.

Str. 104,20. Wiadomość o współczesnym Archimedesowi matematyku i astronomie, Kononie z Samos zaczerpnął Kopernik ze wspomnianego wyżej (s. 82,34-35) komentarza Teona do *Phaenomena* Aratosa. Por. L. A. Birkenmajer, I, s. 135.

Str. 107,43. Najjaśniejszą gwiazdę nocnego nieba, Syriusza, wyróżnił Kopernik dopiskiem: *Maxima* (autograf, k. 66).

Str. 108,28. W autografie (k. 66v) pomyłkowo: „...pierwsza z dwóch jasnych".

Str. 109,31. Błędną nazwę gwiazdy przejął Kopernik z katalogu Valli. W *Almageście*, wyd. 1515 r., gwiazda jest określona jako „pod następującymi trzema tarczami".

Str. 113,45. Według rękopisu (k. 69v) łącznie 1022 gwiazdy, w tym 208 trzeciej, 474 czwartej, 216 piątej, 50 szóstej wielkości oraz 9 niewyraźnych.

Księga trzecia

Str. 115,13. Olimpijska rachuba lat, stosowana przez astronomię aleksandryjską, za jednostkę podstawową przyjmowała czteroletnie okresy, olimpiady, dzielące lata igrzysk w Olimpii. W rachubie tej rok określano liczbą ostatniej olimpiady i numerem roku wewnątrz niej. 1 rok I olimpiady odpowiada dacie 776 przed n.e., kiedy to odbyły się pierwsze historyczne igrzyska.

Heliaktyczny wschód Syriusza odgrywał zasadniczą rolę w kulturze i chronologii egipskiej. W archaicznym okresie państwa egipskiego pierwsze pojawienie się Syriusza na porannym niebie przed wschodem Słońca zbiegało się bowiem z początkiem wylewu Nilu. Lata Syriuszowe, mierzone okresami między heliaktycznymi wschodami tej gwiazdy, są oczywiście latami gwiazdowymi.

Str. 115,14. Odkrycie Hipparcha znane jest z relacji Ptolemeusza w *Almageście* (ks. III, rozdz. 1, Heiberg I, s. 191–192, wyd. 1515 r., k. 26).

Str. 115,29. Tę wczesną teorię okresowego ruchu sfery gwiazd z amplitudą 8 stopni, mającą wyjaśnić zjawisko precesji, omawia Teon we wspomnianym już komentarzu do *Zjawisk* Aratosa (por. L. A. Birkenmajer, I, s. 137).

Str. 115,35. Niejednostajny ruch sfery gwiazd (ósmej sfery), wynikający z połączenia jednostajnego, postępowego ruchu tej sfery, postulowanego jeszcze przez Ptolemeusza, z okresową oscylacją, określaną w europejskiej astronomii mianem trepidacji, należał do podstawowych założeń *Tablic astronomicznych króla Alfonsa*, w ich szeroko rozpowszechnionej paryskiej redakcji z początku XIV w.

Str. 115,40. W geocentrycznym obrazie świata ponad siedmioma sferami planetarnymi mieściła się ósma sfera ze znajdującymi się na jej powierzchni gwiazdami. Dodatkowe sfery nadgwiezdne miały wyjaśniać złożony ruch ósmej sfery. W astronomii późnego średniowiecza przypisywano jej wykonywanie oscylacji (trepidacji) wokół punktów równonocnych sfery dziewiątej, obracającej się jednostajnie wokół biegunów ekliptyki. Zewnętrzna, dziesiąta sfera, jako *primum mobile* nadawała całemu światu obrót dobowy. Modyfikując tę teorię, Jan Werner z Norymbergi (1468–1522) postulował istnienie jedenastej sfery w wydanym pośmiertnie traktacie *O ruchu ósmej sfery* (1522). Kopernik poddał rozprawę Wernera szczegółowej krytyce w znanym liście do Bernarda Wapowskiego, datowanym z Fromborka 3 czerwca 1524 r. Wernera też dotyczy niewątpliwie aluzja o prześwitującej jedenastej sferze w tekście pisanym, jak to wynika z wzmianki w 2 rozdziale omawianej tu księgi III, w 1525 r. (p. s. 117,44).

Str. 116,20. Wymienione tu obserwacje astronomów starożytnych zaczerpnięte zostały z *Almagestu* (ks. VII, rozdz. 2,3; Heiberg, II, s. 13–15, 24–33, wyd. 1515 r., k. 74–77).

Wzorem *Almagestu*, Kopernik też podaje daty obserwacji w używanym przez astronomów aleksandryjskich kalendarzu egipskim o stałej długości roku, równej 365 dni (podział roku egipskiego na 12 miesięcy po 30 dni i 5 dni przestępnych omówiony jest w rozdziale szóstym niniejszej księgi, s. 125).

Określenie lat opiera się na tzw. kanonie Ptolemeusza, wyliczającym daty początku i końca panowania władców Bliskiego Wschodu i cesarstwa rzymskiego. Kanon ten otwiera babiloński władca Nabonassar, przy czym pierwszy dzień pierwszego miesiąca (Thoth) pierwszego roku Nabonassara przypada na 26 lutego 747 r. przed n.e. w kalendarzu juliańskim. 424 lata dzielą erę Nabonassara od ery śmierci Aleksandra Wielkiego (1 Thoth 1 r. od śmierci Aleksandra = 12 listopada 324 przed n.e.). Początek panowania Trajana i Antonina Pobożnego przypada odpowiednio:

1 Thoth 1 r. Trajana (421 r. Aleksandra; 845 Nabonassara) = 30 lipca 97 r. n.e.;

1 Thoth 1 r. Antonina (461 r. Aleksandra; 885 Nabonassara) = 20 lipca 137 r. n.e.

Okres Kalliposa – wprowadzony przez Kalliposa, ucznia Eudoksosa w IV w. przed n.e. – był to cykl wiążący kalendarz słoneczny z księżycowym. Okres Kalliposa, równy czterem cyklom Metona, zawiera w 76 latach (po 365,25 doby) 940 miesięcy księżycowych. Początek rachuby, czyli pierwszy rok pierwszego okresu, przypada na 330 r. przed n.e. (por. F. K. Ginzel, *Handbuch der mathematischen und technischen Chronologie*, Leipzig 1911, t. 2, s. 409).

Str. 116,21. Timocharis i Arystyll (I połowa IV w. przed n.e.), aleksandryjscy astronomowie, są autorami najstarszych, zachowanych za pośrednictwem *Almagestu* pomiarów położenia gwiazd stałych.

Str. 116,38. Podana tu wartość 86 ½° od przesilenia letniego, tj. 90°+86°30′, niezgodna jest z długością Kłosu według Ptolemeusza. Katalog gwiazd w siódmej księdze *Almagestu* określa bowiem długość tej gwiazdy jako 26°40′ Panny. Źródłem Kopernika było tu zapewne wspomniane już dzieło Jerzego Valli, *De expetendis et fugiendis rebus*... W katalogu gwiazd na k. dd_8 r Kłos ma długość 86°30′. Poniżej (s. 117,47) Kopernik powraca do wartości Ptolemeusza, którą zresztą przyjął za podstawę do określenia długości gwiazdy w katalogu księgi II (s. 98,32).

Str. 116,41. Opis obserwacji Menelausa i Ptolemeusza uzupełniony został w rękopisie (k. 72r) przez Retyka (por. t. I niniejszego wydania, s. 26). Data obserwacji Menelausa określona jest błędnie. Był to w rzeczywistości 421 r. od śmierci Aleksandra, 98 n.e.

Str. 116,42. Rok 1202 od śmierci Aleksandra = 878 r. n.e. (1 Thoth = 16 stycznia). Obserwację Albattaniego podaje *Epitoma* Peuerbacha i Regiomontana, ks. VI, prop. 7.

Str. 117,7. Rzeczywista szerokość geograficzna Fromborka wynosi 54°21',6. W roku 1525 deklinacja Kłosu równała się — 8°38', długość ekliptyczna 197°12', tj. 17°12' od początku znaku Wagi. Wysokość gwiazdy w południku, z uwzględnieniem refrakcji, równa była 27°2' (por. M. Kamieński, *Obserwacje Kopernika w świetle astronomii współczesnej*, „Studia i Materiały z Dziejów Nauki Polskiej", seria C. 7, 1963, s. 104).

Str. 117,25. Por. przypisy do s. 63,32-33.

Str. 117,44. Określenie: „przed dziesięciu laty", podobnie jak i dalsza wzmianka w rozdziale szóstym (s. 125,9-10) pozwalają na datowanie powstania tej części dzieła Kopernika na 1525 r.

Rzeczywista długość Kłosu w 1515 r. wynosiła 197°5', tj. 17°5' znaku Wagi (M. Kamieński, o. c., s. 96).

Str. 117,48. Zestawienie obserwacji wykorzystanych w niniejszym rozdziale przedstawia się następująco:

Kłos (α Vir)

Timocharis	rok 30	od śm. Aleks. = 294 przed n.e.	λ = 82°20'+ 90° = 172°20'
	42	283	86 30 + 90 = 172 30
Menelaus	421/422	98/99 n.e.	86 15 + 90 = 176 15
Ptolemeusz	462	139	86 40 + 90 = 176 40
Kopernik	1839	1515	17 14 +180 = 197 14
	1849	1525	17 21 +180 = 197 21

Północna na czole Skorpiona (β Scr)

Timocharis	30	294 przed n.e.	32 +180 = 212 0
Menelaus	422	99 n.e.	35 55 +180 = 215 55
Ptolemeusz	462	139	36 20 +180 = 216 20
Albattani	1202	878	47 50 +180 = 227 50

Regulus (α Leo)

Hipparch	196	129/128 przed n.e.	29 50 + 90 = 119 50
Ptolemeusz	462	139 n.e.	32 30 + 90 = 122 30
Albattani	1202	878	44 5 + 90 = 134 5

Str. 118,19. W rozdziale szóstym niniejszej księgi Kopernik podaje wartość nachylenia ekliptyki według wyznaczenia Albattaniego poprawnie jako 23°35' (s. 125,6; rękopis k. 79r, z poprawką pierwotnie napisanej liczby 27'). Poprawną liczbę 23°35' podaje też Retyk w *Narratio prima*.

Str. 118,21. Prophatius – Jakub ben Machir (II połowa XIII w., por. G. Sarton, *Introduction*... t. II, 2, s. 850). Zdaniem M. Curtzego („Mitt. Copp. Ver." I, 1878, s. 53–54), wiadomość o tym wyznaczeniu zaczerpnął Kopernik bezpośrednio z *Almanachu* Prophatiusa. Rękopis tego *Almanachu* znajdował się bowiem po 1550 r. w kolegium jezuickim w pobliskim Fromborkowi Braniewie. L. A. Birkenmajer (I, s. 251) krytycznie odniósł się do tej hipotezy i wyraził pogląd, że źródłem dla Kopernika były tu z pisma Mikołaja z Kuzy (por. także E. Rosen, *Three Copernican Treatises*, wyd. 2, N. York 1959, s. 118, przypis 41).

Str. 118,22. W autografie (k. 73r) skreślono: *vel XXIX secundum aliquos*. Por. przypis do s. 125,12.

Str. 119,15. Droga opisywana na sferze niebieskiej przez bieguny Ziemi, powstając ze złożenia dwóch prostopadłych do siebie ruchów harmonicznych, jest w ortogonicznym rzucie identyczna z hippopedą Eudoksosa (por. A. Birkenmajer, *Le huit du cavalier d'Eudoxe*..., w: *Études d'histoire des sciences en Pologne*, Wrocław-Warszawa 1972, „Studia Copernicana" t. IV, s. 659–673. L. A. Birkenmajer (I, s. 327–330) zwrócił uwagę, że kopernikowska krzywa ruchu bieguna jest krzywą Lissajoux, a określenie *corollae intortae similes* ściśle oddaje charakter krzywej, przedstawiającej pierścień poddany działaniu pary sił wzdłuż średnicy.

W autografie dzieła Kopernika rysunek na k. 74, towarzyszący tekstowi, przedstawia krzywą ruchu bieguna w postaci odręcznie naszkicowanej, spłaszczonej ósemki. Od tej, jakościowo poprawnej, postaci nie odbiega również w zasadzie rycina w wydaniu norymberskim z 1543 r. (k. 66v). Na nowszej literaturze kopernikowskiej zaciążył błąd wydawców toruńskich *Obrotów* z 1873 r., którzy przedstawili na s. 164 tego wydania kopernikowską ósemkę jako dwa styczne do siebie koła równej średnicy. Wykres ten powtórzony został m.in. przez wydawców niemieckiego (1879) i rosyjskiego (1964) tłumaczenia *Obrotów*. N. Herz w *Geschichte der Bahnbestimmung von Planeten und Kometen*, t. II, Leipzig 1894, s. 65–67, uznał go za przedstawienie poglądów samego Kopernika (... *dass die Bewegung der Erdpole... die Form einer Schleifenlinie habe, die sich aus zwei sich* *berührenden Kreisen zusammensetzt)*, poglądów sprzecznych z podanymi w dalszych rozdziałach księgi III wartościami parametrów ruchu bieguna. Błąd ten, wraz z mylną konkluzją, powtórzył O. Neugebauer (*On the Planetary Theory of Copernicus*, „Vistas in Astronomy“, t. X, 1968, s. 96): ... *a motion of the celestial poles along a figure-eight curve made of two small contacting circles, ... this supposed motion of the polar axis does not induce the simple harmonic motion of the vernal point which Copernicus finally assumed* ....

Str. 120,43. Zasada wywołania ruchu harmonicznego przez dwa ruchy kołowe znana była od czasów starożytnych. Sam Kopernik powołuje się (*Obroty*, ks. V, rozdz. 25, s. 275,10) na Proklosa i jego *Komentarz* do *Elementów* Euklidesa. Mógł znać ją również ze studiów krakowskich, skoro o składaniu ruchów kołowych mówi *Commentariolum super Theoricas*... Wojciecha Brudzewskiego, dzieło napisane w 1482 r. w Krakowie (L. A. Birkenmajer, *Stromata Copernicana*, Kraków 1924, s. 95). Wspomnieć tu należy jednak również o notatce anonimowego (II połowa XVI w.) autora glos w egzemplarzu pierwszego wydania *De revolutionibus*, znajdującym się w Bibliotece Królewskiej w Kopenhadze. Notatka na marginesie omawianego tu rozdziału (k. 67 edycji 1543 r.) brzmi: *Novum inventum Copernici. Demonstratio egregiae, utilis et inauditae rei, quam hic invenit Copernicus, cuius occasione meditandi accepta attractione Candelabri brachialis mobilis*... (cyt. według L. A. Birkenmajer, I, s. 645–646). Glosa powyższa interesująca jest ze względu na powtarzające się w *Obrotach* skojarzenia z ruchem wahadła (ks. III, rozdz. 1, s. 115,25-26 oraz ks. III, rozdz. 3, s. 118,43).

Str. 121,20. Następująca tu wzmianka o elipsie jako wypadkowej ruchów kołowych, skreślona już w rękopisie (k. 75r), stała się przyczyną nieporozumień w nowszej literaturze historycznonaukowej. Nie potrzeba już wprawdzie prostować błędu wydawców toruńskich *O obrotach* z 1873 r., powtórzonego przez Menzzera (*Kreisbewegungen*..., 1879, przyp. 91a, Anmerkungen s. 22), których zdaniem ustęp powyższy miał dowodzić, że Kopernik przeczuwał eliptyczną formę orbit planetarnych. Sprostował to już w 1894 r. N. Herz (*Geschichte*, II, s. 66), nie ustrzegł się jednak innego błędu. Uznał bowiem, że konstrukcja Kopernika prowadzi do hipocykloidy, powstającej przy toczeniu się koła *GHD* wewnątrz *GAB*. W szczególnym przypadku, dla $DF = FG$, a więc gdy promień koła wewnętrznego, toczącego się jest dwukrotnie mniejszy od promienia koła zewnętrznego *DG*, hipocykloida przechodzi w odcinek *AB*. Hertz, a za nim J. L. E. Dreyer (*History of Astronomy*, wyd. 2, Londyn 1953, s. 330–331) uznali więc stwierdzenie Kopernika o elipsie jako wypadkowej składania ruchu kół za błędne i, z powodu błędności, wykreślone przez samego autora w rękopisie. Taką też konstrukcję dla wytworzenia ruchu harmonicznego w teorii ruchu planet stosowali astronomowie Islamu w XIII i XIV w. (E. S. Kennedy, *Late Medieval Planetary Theory*, „Isis“, LVII, 1966 (3), s. 368–370).

W rzeczywistości jednak rozwiązanie Kopernika polega na obrocie promieni wodzących *DF* i *FH*, przy zachowaniu stałego stosunku szybkości obrotu ($\sphericalangle GFH = 2 \sphericalangle DFH$). Dalszy warunek $DF = FH$ prowadzi do powstania ruchu harmonicznego. Istnieje więc różnica genetyczna z modelem Nasir-ad-Dina i jego szkoły, co słusznie podkreśla K. P. Moesgaard w pracy o powstaniu kopernikowskiej teorii precesji (*The 1717 Egyptian Years and The Copernican Theory of Precession*, „Centaurus“, XIII, 1968 (2), s. 120–138). W skreślonym fragmencie Kopernik rozważa uogólnioną postać rozwiązania dla $DF \neq FH$. Powstaje wtedy rzeczywiście elipsa o półosiach $DF+FH$ oraz $DF-FH$ (L. A. Birkenmajer, I, s. 323–324). Dodajmy, że rozkład szybkości punktu *H* na obwodzie elipsy wyklucza możliwość wykorzystania jej do przedstawienia ruchu planet.

Str. 122,13. *Elementy*, ks. III, tw. 7: „Spośród odcinków, przeprowadzonych z punktu leżącego poza środkiem koła do obwodu tegoż koła, najdłuższy jest leżący na średnicy i przechodzący przez środek koła, najkrótszy zaś jest pozostałością tej średnicy...“

Str. 123,6. *Elementy*, ks. VI, tw. 1.: „Trójkąty i równoległoboki o równej wysokości mają się do siebie tak jak ich podstawy“.

Str. 123,20. Końcowy fragment rozdziału mieści się w rękopisie na k. 76r pod nagłówkiem: *additio, ad finem quinti capitis*. Karta 76 stanowi, wraz z nie zapisaną k. 77, wkładkę z papieru o znaku wodnym E, włączoną wśród arkusza papieru starszego (z filigranem C). Por. t. I nin. wydania, s. 14.

Str. 124,11. W rękopisie (k. 78v) pierwotnie napisane: *Arystarcha* poprawiono na: *Arystylla*. Pomyłka, występująca również w *Liście do Bernarda Wapowskiego* z 1524 r., powstała na skutek błędnej identyfikacji zniekształconych imion własnych w łacińskim wydaniu *Almagestu* z 1515 r., którego używał Kopernik. Arystyll określony jest tu jako Arsalitis. We własnym egzemplarzu tej książki (obecnie Bibl. uniw. w Uppsali, sygn. Obr. W. 19) Kopernik poprawił (k. 73) *Arsalitis* na *Aristarchus*.

Agryppa — pochodzący z Bitynii astronom z II połowy I stulecia n.e.; jego obserwację zakrycia Plejad przez Księżyc wykorzystał Ptolemeusz (*Almagest*, ks. VII, rozdz. 3; Heiberg, II, s. 27, wyd. 1515 r., k. 76, 76v).

Str. 124,23. Od roku 30 ery Aleksandra, daty obserwacji Timocharisa, do 1849 r. tejże ery, czyli 1525 n.e.

Str. 124,44. Wielkości wyjściowe podane w tekście, tj. 23°57′ jednostajnego ruchu punktów równonocnych w 1717 latach egipskich, prowadzą do długości okresu precesji 25809 lat, nie zaś, jak podaje tu Kopernik, 25816 lat. Por. przypis do s. 125,23.

Str. 125,12. W pierwotnej wersji tego ustępu Kopernik wymienił pomiary nachylenia ekliptyki dokonane przez Jerzego Peuerbacha, Dominika Marię Nowarę i Jana Regiomontana: ... *Georgius Purbachius anno Christi MCCCCLX parium vt illi XXIII, scrup. vero XXVIII adnotauit, Dominicus Maria Nouariensis anno Christi MCCCCXCI vltra partes integras scrup. XXIX et amplius quiddam* (k. 79 rękopisu). Fragment ten został skreślony, a na marginesie dopisał Kopernik: *Ioannes Regiomontanus part. 23 scrup. 28 et dimidij* (por. *N. Copernici Opera*, t. II, s. 126,26 w przypisie).

Wyznaczenie nachylenia ekliptyki przez Kopernika jako 23°28′24″ oparte jest na obserwacjach prowadzonych od trzydziestu lat, a więc sięgających może nawet czasów krakowskich astronoma. Inne wyznaczenia z XV w. (Peuerbacha, Regiomontana i Dominika Nowary) podaje również Jan Werner w cytowanym już traktacie o ruchu ósmej sfery (k. r_2 wyd. 1522 r.). Dokładniejsza u Kopernika informacja o wyznaczeniu Nowary (według Wernera 28°29′, tu natomiast 28°29′ *et amplius quiddam*) pochodzi niewątpliwie z czasów osobistych kontaktów obu uczonych w Bolonii.

Str. 125,23. Wartości podane w tekście, tj. 23°57′ w 1717 latach egipskich, prowadzą do odmiennej wielkości ruchu rocznego, a mianowicie 50″12‴55^{IV}. Podana przez Kopernika wielkość 50″12‴5^{IV} zgodna jest z długością cyklu precesji, przytoczoną na s. 124,44 i posłużyła za podstawę przy obliczaniu tablicy ruchu średniego precesji na s. 126.

Str. 125,42. Do ustalenia kanonu miesięcy kalendarza egipskiego dążył Kopernik w ciągu długiego czasu. Zadanie to było utrudnione wobec zniekształceń licznych nazw miesięcy we współczesnej literaturze. Najwcześniejszym świadectwem zainteresowania Kopernika kalendarzem egipskim są glosy w *Tablicach astronomicznych króla Alfonsa*, k. a_3 egzemplarza z biblioteki Kopernika, obecnie w Uppsali, sygn. Obr. W. 19. Większość poprawnych już nazw odnalazł w *Komentarzu do „Zjawisk“ Aratosa* Teona. Nazwy te znalazły się też we własnoręcznej notatce astronoma, zamieszczonej na trzeciej stronie okładki woluminu, zawierającej traktat Teona (por. przypis do s. 82,35). Pełny kanon w ostatecznej już, poprawnej formie zapisał Kopernik na drugiej stronie okładki *Almagestu* Ptolemeusza (wyd. 1515 r., obecnie również w bibliotece uniwersyteckiej w Uppsali). Również w tekście tego dzieła poprawiał Kopernik skażone w tłumaczeniu Gerharda z Kremony nazwy miesięcy. Por. także L. A. Birkenmajer, I, s. 139–149, 243, 280–282.

Str. 126,1. Tablice ruchu średniego precesji obliczone zostały przy użyciu wartości podanej w rozdziale szóstym, a więc 50″12‴5^{IV} na rok egipski. Jest to wartość bliska rzeczywistej, równej (roczna precesja w długości) 50″13‴12^{IV}. Następne tablice ruchu anomalii przedstawiają argument domniemanych okresowych zmian nachylenia ekliptyki o okresie 3434 lat egipskich, tj. 6′17″24‴9^{IV} na rok egipski. Ruch anomalii punktów równonocnych o okresie 1717 lat otrzymuje się przez podwojenie wartości w tablicy. Obliczając tablice Kopernik zaokrąglał wartości funkcji przez proste odrzucanie kwart; dla 11 lat np. ruch punktów równonocnych, wynoszący 9′12″12‴55^{IV}, podany jest w tablicy jako 9′12″12‴. Wartości ruchu precesyjnego i anomalii dla epoki wyjściowej (*radices*), za którą Kopernik obrał epokę narodzenia Chrystusa, wynikają z obliczeń przytoczonych w rozdziale 11 niniejszej księgi.

W rękopisie dzieła zachowała się częściowo wcześniejsza redakcja tablic. Na poprzedzającej tekst trzeciej księgi k. 70 znajdują się przekreślone tablice ruchu anomalii. Poprzedzające je tablice ruchu średniego niewątpliwie widniały na usuniętej z rękopisu karcie, która mieściła się między obecnymi k. 69 i 70, a której brak wykazała analiza bibliograficzna składki rękopisu, oznaczonej literą *g* (t. I, 14). Składka ta, obejmująca k. 62–70, utworzona z najwcześniejszego w rękopisie Kopernika papieru o znaku wodnym C, zawiera na k. 62–69 końcową część katalogu gwiazd. Umieszczenie przez Kopernika pierwotnie tablic precesyjnych bezpośrednio po katalogu gwiazd jest świadectwem wczesnych koncepcji redakcji dzieła.

Tablice ruchu anomalii z k. 70 różnią się od ich ostatecznej redakcji, występującej w rękopisie na k. 81, oparte są bowiem na wartości rocznego ruchu równej 6′17″ 29‴36^{IV}, a więc o 5‴27^{IV} większej niż przyjęta ostatecznie przez autora 6′17″24‴9^{IV}. Fakt ten uszedł uwagi dotychczasowych wydawców *Obrotów* (por. A. Birkenmajer, *Trygonometria M. Kopernika...*, „Studia Źródłoznawcze“ 15, 1971, s. 45–46). Inne były również w skreślonej wcześniej redakcji *radices*, wartości ruchu anomalii dla wybranych epok. Pierwotnie podane zostały one jako 4^{s}47°27′ dla ery Nabonassara, 5^{s}31°55′ dla ery Aleksandra i 0^{s}5°49′ dla narodzin Chrystusa. Wszystkie te liczby zostały przekreślone i zastąpione nowym zestawem: 4^{s}48°22′ (Nabonassar), 5^{s}32°49′ (Aleksander), 0^{s}1°58′ (Cezar) i 0^{s}6°41′ (Chrystus). Pod ostatnią z tych liczb dopisał Kopernik trzecią wartość dla n.e., a mianowicie 0^{s}6°15′, prawdopodobnie omyłkowo zamiast przyjętej ostatecznie liczby 0^{s}6°45′. Podobnie zmieniane były w rękopisie wartości ruchu anomalii dla wybranych epok w tekście rozdziału jedenastego (s. 137,6 i n). Wszystkie te zmiany nie mają jednak istotnego wpływu na obliczenie precesji punktów równonocnych: zmiana wartości wyjściowej (*radix*) anomalii o 55′ spowodować może maksymalną zmianę precesji o około 2′.

Str. 130,1. W rękopisie niniejszego rozdziału (k. 82–83) występują liczne skreślenia i poprawki. Dwukrotnie rozpoczynał Kopernik pisanie rozdziału (na k. 82 przekreślono 14 wierszy pierwotnej redakcji); również ostatni ustęp ma inną, skreśloną wersję pierwszych zdań (k. 82v). Pionowe zakreślenie marginesu k. 82v interpretowane było przez Zellerów (*Gesamtausgabe*, II, s. 162 w przypisach) jako świadectwo zamierzonych, a nie wykonanych już dalszych zabiegów redakcyjnych. Jednakże układ treści rozdziału, przekazany nam w rękopisie, jest w pełni uzasadniony. Uznać więc trzeba za chybione te zmiany toku wywodów, a nawet emendacje wartości liczbowych, jakie wprowadzali kolejno autor erraty do I wydania *Obrotów*, wydawcy toruńscy z 1873 r. oraz, częściowo, wydawcy monachijscy w 1949 r. Zniekształcenie tekstu Kopernika przejęte zostało przez tłumaczy *Obrotów* (Menzzer 1879, Viesielovskij 1964). Rzecz wymaga przeto bliższego omówienia.

Treścią rozdziału, jak wynika z nagłówka, jest określenie wielkości, o którą różnić się mogą pod wpływem ruchu anomalii położenia biegunów chwilowego i średniego, czyli największej różnicy między średnią a widomą precesją punktów równonocnych. Zasadnicza treść rozdziału zawarta jest w trzech ustępach. Pierwszy (s. 130,4–18) służy ustaleniu danych wyjściowych dla dalszego rachunku. Z obserwacji Timocharisa i Ptolemeusza (były to obserwacje gwiazdy β Skorpiona, przytaczane w rozdziale 2) wynika mianowicie, że długość ekliptyczna tej gwiazdy zmieniła się w 432 latach o 4°20′.W tym samym czasie jednostajny ruch precesyjny spowodował przesunięcie punktów równonocnych, a więc i zmianę długości ekliptycznych wszystkich gwiazd, o 6° (według tablic na s. 126 dla 432 lat, czyli w układzie sześćdziesiątkowym, 7, 12 lat, znajdujemy 5°51′24″+10′2″ = 6°1′26″). Różnica 6°0′−4°20′ = 1°40′ wynika z ruchu anomalii. Przyjmując, że w połowie okresu od Timocharisa do Ptolemeusza wpływ anomalii był równy zeru, tzn. że położenie rzeczywiste bieguna odpowiadało średniemu, dochodzi Kopernik do koniecznego wniosku, że dla epoki Timocharisa ruch anomalii powodował przesunięcie punktów równonocnych względem położenia średniego o +50′, dla epoki Ptolemeusza zaś o −50′. Ruch anomalii wynosił odpowiednio −45°17′ ½ i +45°17′ ½ (z tablicy na s. 128 otrzymalibyśmy 45°17′18″).

Drugą część rozdziału (s. 130,19-44) zajmuje obliczenie wielkości odchylenia bieguna chwilowego od średniego, przy której przesunięcie punktów równonocnych wyniesie właśnie 50′. W tym celu rozpatruje Kopernik trójkąt *BGI* utworzony przez ekliptykę *AIBC*, równik chwilowy *CI* i łuk *FGI*, przechodzący przez średnie położenie bieguna i przecinający prostopadle średni równik *EBD* w punkcie *B*, określającym średnie położenie punktów równonocnych, zmieniające się jedynie na skutek jednostajnego ruchu precesyjnego. Trójkąt *BGI* można uważać za prostokątny, gdyż odchyłki kąta *BGI* od kąta prostego, powodowane przez zmianę nachylenia ekliptyki, nie przekraczają $\frac{1}{450}$ kąta prostego, tj. ±12′, zgodnie z danymi przytoczonymi w rozdziałach: trzecim księgi drugiej oraz szóstym księgi trzeciej. Rozwiązanie trójkąta *BGI* dla *BI* = 50′ daje *BG* = 20′, wielkość, o którą przemieścił się biegun ruchu anomalii.

Ostatni fragment (s. 130,45–131,10) wykorzystuje dane przytoczone w obu poprzednich częściach rozdziału. Kopernik analizuje harmoniczny ruch punktów równonocnych za pomocą konstrukcji geometrycznej, w której punkt, obiegający z jednostajną szybkością koło *CDEA*, rzutowany jest prostopadle na średnicę *CBA*. Przy tym łukowi *DE* równemu 45°17′ ½ odpowiada odcinek średnicy *BF* = 20′, zgodnie z omówionymi na początku rozdziału obserwacjami. Ponieważ *FB* = *AB* sin 45°17′ ½ = 50′, wynika stąd *AB* = 70′ jako największa różnica między średnią a widomą precesją punktów równonocnych. W samym zakończeniu wreszcie wykorzystano rezultat, otrzymany w drugiej części rozdziału. Aby stwierdzić bowiem, jak czyni to Kopernik, że największe odchylenie biegunów wynosi 28′, niezbędne jest uprzednie ustalenie — dokonane właśnie w środkowym fragmencie rozdziału — że zmiana położenia punktów równonocnych o 50′ odpowiada odchyleniu bieguna o 20′ oraz obliczenie prostej proporcji $x : 20 = 70 : 50$.

Omówiwszy pokrótce układ i związek poszczególnych fragmentów rozdziału siódmego księgi III, stwierdzić możemy, że jeszcze w I wydaniu dzieła Kopernika treść tego rozdziału podana została zgodnie z autografem. Zupełnie natomiast nie zrozumiał wywodów Kopernika autor erraty do tegoż wydania, zalecając przestawienie drugiej i trzeciej części rozdziału oraz poprawiając wartości liczbowe drugiej części w taki sposób, że staje się ona powtórzeniem części trzeciej. W tak zmienionym układzie pozbawiona została swych przesłanek konkluzja autora o maksymalnym odchyleniu biegunów równym 28′. Można przypuszczać, że inicjatorem powyższych zmian nie był Retyk, ale osoba o znacznie słabszej kompetencji w dziedzinie matematyki; był to zapewne bezpośredni wydawca *Obrotów*, Jan Petreius.

Do błędów erraty z 1543 r. wydawcy toruńscy *Obrotów* dodali nowy, zmieniając (s. 179,25) wartość ułamka $\frac{1}{450}$ na błędną $\frac{1}{350}$. C. L. Menzzer w niemieckim tłumaczeniu dzieła Kopernika nie tylko przejął, lecz także starał się w komentarzu (przypis 114) uzasadnić te odstępstwa od oryginalnego tekstu. Zellerowie (*Gesamtausgabe*, II, s. 161–163) przywrócili poprawne liczby, pozostawili jednak, wzorem edycji toruńskiej, błędny układ tekstu.

Str. 133,1. Prostafereza punktów równonocnych w tablicy obliczona jest według wzoru $p_a = -70' \sin 2a$ (a oznacza anomalię obliczoną na podstawie tablicy na s. 128-129).

Zmianę nachylenia ekliptyki w odniesieniu do wartości minimalnej, równej 23°28′, wyrazić można wzorem $d\varepsilon = 12'(1+\cos a)$. Tak też pierwotnie obliczył i wypełnił tablicę Kopernik (k. 84 rękopisu); w lewej połowie tablicy wpisał przy tym błędne wartości, oparte na wzorze $d\varepsilon = 24' \cos \frac{1}{2} a$. Ostatecznie jednak zamiast poprawek nachylenia umieścił w tablicy różnice proporcjonalne (zwane też minutami proporcjonalnymi), o których mowa była w zakończeniu rozdziału ósmego, a określone wzorem $c = 0;30\,(1+\cos a)$. Oczywiście $d\varepsilon = 24'\,c$. c jest ułamkiem sześćdziesiątkowym, jest więc np. $c = 0;48 = {}^{48}/_{60} = 0{,}8$. Ta pozornie zbyteczna komplikacja znajduje uzasadnienie przy obliczaniu, za pomocą tablic z rozdziału trzeciego księgi II (s. 56) deklinacji δ_ε, dowolnego punktu ekliptyki dla dowolnego momentu, tj. zgodnie z chwilową wartością nachylenia ekliptyki ε. Przypomnijmy, że wspomniana tablica podaje deklinacje punktów ekliptyki δ_0 obliczone dla minimalnego nachylenia ekliptyki $\varepsilon_0 = 23°28'$ oraz ich przyrosty $d\delta_E$, odpowiadające maksymalnemu nachyleniu ekliptyki $\varepsilon_{max} = E = 23°52'$. Aby otrzymać deklinację dowolnego punktu ekliptyki przy danym nachyleniu, należy obliczyć wyrażenie $\delta_\varepsilon = \delta_0 + d\delta_E \cdot c$, pamiętając, że c, *minuta proporcjonalna*, jest ułamkiem sześćdziesiątkowym.

Str. 134,10. Wartość 742 lata jest sprzeczna z danymi przytoczonymi przez autora w rozdziale drugim (s. 118,12), zgodnie z którymi obserwacje Ptolemeusza i Albattaniego dzieliło 741 lat. Jak widać z drobnych rozbieżności w następujących tu obliczeniach, część rachunków wykonana została przy założeniu, że obserwację Ptolemeusza dzieli 430 lat od Timocharisa i 742 lata od Albattaniego, część zaś na podstawie chronologii rozdziału drugiego (432 i 741 lat). Omyłka ta nie ma zresztą znaczenia dla dalszego biegu wywodów.

Str. 135,14. Pierwotnie (k. 85 marg.) zamiast 99°2' w autografie napisana była poprawna wartość 98°47'.

Str. 135,23. Podaną w rękopisie wielkość 144°4' wydawca norymberski zmienił na 145°24' (wyd. 1543 r., k. 76). Tyle też istotnie wynosi, jak łatwo sprawdzić w tablicy na s. 128, ruch anomalii w ciągu 1387 lat egipskich, dzielących wyznaczenie Ptolemeusza od obserwacji Kopernika w 1525 r. Wartość 144°4' natomiast odpowiada okresowi 1374 lat, a więc do 1512 r., jako prawdopodobnej daty kolejnego wyznaczenia przez Kopernika wartości nachylenia ekliptyki.

W norymberskim pierwodruku wprowadzono też odpowiednie zmiany dalszych pochodnych wielkości, np. (s. 135,31) zamiast $DF = 75°19'$ wydanie 1543 r. podaje $DF = 76°29'$ (zapewne błąd drukarski zamiast poprawnego 76°39'). Zmiany te, jak słusznie zauważył Menzzer (*Kreisbewegungen*, przyp. 134), nie mają wpływu na końcowy rezultat obliczeń, tj. ustalenie amplitudy zmian nachylenia ekliptyki na 24'.

Str. 136,9. Nabuchodonozora (605–652 przed n.e.) mylą z Nabonassarem (747–734 przed n.e.) m. in. *Tablice astronomiczne króla Alfonsa* (k. a_1 w wydaniu weneckim 1492 r.) Asyryjski władca, Salmanassar IV, panował w latach 727–722 przed n.e.

Str. 136,27. W autografie (k. 85v) i pierwodruku (k. 76v) omyłkowo *Numatius* zamiast *Munatius*. Błąd Kopernika ma swe źródło w bolońskim wydaniu rozprawy Censorina (III w.n.e.) *De die natali*, z której pochodzą podane tu informacje. Wydanie bolońskie, którym dysponował Kopernik, również podaje błędnie imię Numatius Plancus (k. b_V v).

Str. 136,38. Epoka (początek ery) I olimpiady = południe 1 lipca 776 r. przed n.e.

Epoka Nabonassara, tj. początek pierwszego dnia pierwszego miesiąca pierwszego roku (1 Thoth 1 r. Nabon.) = = południe 26 lutego 747 przed n.e.

Epoka śmierci Aleksandra, znana w chronologii również jako era Filipa = 1 Thoth 425 Nabon. = 12 listopada 324 przed n.e.

Epoka Cezara = 12^h 29 Chiach (4 miesiąc) 703 Nabon. = północ 1 stycznia 45 przed n.e.

Epoka Oktawiana Augusta = 12^h 4 Tybi (5 miesiąc) 721 Nabon. = północ 1 stycznia 27 przed n.e.

Epoka Oktawiana Augusta, egipska (według kanonu Ptolemeusza) = 1 Thoth 719 Nabon. = południe 31 sierpnia 30 przed n.e.

Epoka narodzenia Chrystusa = 12^h 11 Tybi 748 Nabon. = północ 1 stycznia 1 r. n.e.

Epoka obserwacji Ptolemeusza (por. ks. I, rozdz. 14, s. 81,37 nn) = 9 Pharmuti (8 miesiąc) 2 roku Antonina = 9 Pharmuti 886 Nabon. = 18^h 23 lutego 139 r. n.e.

W powyższym zestawieniu daty kalendarza juliańskiego podano według nowożytnej rachuby czasu, tj. przy uznaniu północy (godziny 0) za początek doby. Obliczenie okresów dzielących poszczególne epoki prowadzi do następujących wyników:

od I olimpiady do Nabonassara – 28 lat egipskich 247 dni
(według Kopernika) 27 lat 247 dni
od Nabonassara do śmierci Aleksandra — 424 lata
od Aleksandra do Juliusza Cezara – 278 lat 118 ½ dnia
od Juliusza Cezara do Oktawiana
(w chronologii rzymskiej) 18 lat 5 dni
(w chronologii egipskiej) 15 lat 246 ½ dnia
od Oktawiana do narodzenia Chrystusa
(w chronologii rzymskiej) 27 lat 7 dni
(w chronologii egipskiej) 29 lat 130 ½ dnia
od narodzenia Chrystusa do obserwacji Ptolemeusza — 138 lat 88 dni
(według Kopernika) 138 lat 89 dni

Łącznie od I olimpiady do obserwacji Ptolemeusza – 914 lat 100 ½ dnia. Według Kopernika było 913 lat 101 dni, jednakże z podsumowania wartości podanych wyżej wynika 913 lat 101 $\frac{1}{2}$ dnia; taką też liczbę podaje errata do I wydania z 1543 r. Różnica jednej doby powstała na skutek rozwiązania przez Kopernika daty 9 Pharmuti 2 r. Antonina jako 24 lutego zamiast 23 lutego 139 r. (por. *Obroty*, ks. II, rozdz. 14, s. 82,17). Natomiast rozbieżność o jeden rok jest wynikiem błędnego określenia okresu dzielącego początki olimpiad i Nabonassara. Błąd ten, na który zwrócił uwagę Menzzer (*Kreisbewegungen*, przyp. 144), nie ma jednak wpływu na dalszy tok wywodów w dziele Kopernika. Epokę olimpiad stosuje on bowiem wyłącznie erudycyjnie, a przypisane jej wartości poszczególnych parametrów nie stanowią danych wyjściowych, lecz są jedynie obliczane wstecz dla rzekomej epoki I olimpiady.

Na antefolium *Almagestu* Ptolemeusza w wydaniu z 1515 r. (egzemplarz Kopernika) znajdują się notatki astronoma, świadczące o staraniach nad ustaleniem poprawnej chronologii, niezbędnej dla powiązania obserwacji astronomicznych dokonanych w różnych okresach. Notatki te opublikował L. A. Birkenmajer (I, s. 244). Są to trzy wersje kanonu chronologicznego, z licznymi skreśleniami, ilustrujące kolejne etapy rozwiązania problemu. Dwie wersje pochodzą zapewne sprzed 1524 r. Z ich treści wynikają bowiem 323 lata 130 dni jako odstęp er Aleksandra i naszej. Tę też wartość przytacza Kopernik w liście do Bernarda Wapowskiego z 1524 r. Ostatnia z notatek natomiast podaje 323 lata 130 $\frac{1}{2}$ dnia, zgodnie z omawianym tu kanonem w tekście *Obrotów;* również i w pozostałych rubrykach końcowa notatka z *Almagestu* nie różni się od tego kanonu.

Notatki w *Almageście* pozwalają na stwierdzenie, że przyczyną wspomnianej wyżej omyłki w datowaniu I olimpiady było niedokładne określenie ery założenia Rzymu. Era ta służyła Kopernikowi za element pośredni dla powiązania er olimpiad i Nabonassara. Według pierwszej wersji, ery te dzieliło 22 lata 305 dni (I olimpiada — założenie Rzymu) i 5 lat 305 dni (założenie Rzymu — Nabonassar), łącznie więc 28 lat 245 dni. Druga wersja zastępująca powyższą, przekreśloną, podaje odpowiednio 22 lata 307 dni oraz 4 lata 305 dni, razem 27 lat 247 dni, a więc tyle samo, co i w tekście *Obrotów*.

Postęp, jaki chronologia zawdzięcza Kopernikowi, ocenić można porównując omawiany tu tekst z rozpowszechnionymi szeroko *Tablicami astronomicznymi króla Alfonsa*, w których okres dzielący ery Aleksandra i Cezara podany jest z błędem ponad 7 lat; błędną chronologię stosuje również Jan Werner w krytycznie przez Kopernika ocenionej rozprawie *De motu octavae sphaerae*, datę drugiego roku Antonina rozwiązując jako 150 r. n.e. (*De motu... tractatus primus*, prop. IV, fol. k_3) zamiast 139 n.e. Dalsze błędy popełnia jeszcze G. Mercator w swej *Chronologii* (Kolonia, wyd. A. Birckmann, 1569, s. 160, pod datą AD 138), niesłusznie krytykując ustalenia Kopernika. Dodać wreszcie trzeba, że półdobowe odchyłki w długości poszczególnych okresów, jakie w stosunku do danych Kopernika wykazują obliczenia Menzzera (*Kreisbewegungen*, przypis 138), pochodzą jedynie z odmiennego sposobu określania początku doby przez obu autorów.

Do źródeł, jakie wykorzystywał Kopernik w swych studiach chronologicznych, zaliczyć trzeba przede wszystkim Censorina *De die natali ad Q. Caerelium;* na autora tego powołuje się Kopernik zarówno w *Obrotach:* „Censorinus i inni uznani autorzy“ (s. 136,15), jak i w liście do Bernarda Wapowskiego z 1524 r. (por. E. Rosen, *Three Copernican Treatises*, s. 95). Za innych uznanych autorów uważać należy Pliniusza, którego *Historia naturalis* znajdowała się w bibliotece Kopernika (obecnie w bibliotece uniwersyteckiej w Uppsali, sygn. 32 : 50; por. M. Curtze, „Mitt. Cop. Ver.“ I, 1878, s. 40), Marcjana Kapellę *De nuptiis Philologiae et Mercurii* i Teodora Gazę, piętnastowiecznego autora traktatu Περὶ μηνῶν (współwyd. z: Gaza Th., *Introductio grammaticae... Graecae*. Venezia, A. Manutius, 1495, HC 7500), por. L. A. Birkenmajer, I, s. 107–109, 245–246.

Str. 138,2. Dla epoki t, wyrażonej w latach egipskich (po 365 dni) od naszej ery, należy odnaleźć w tablicy na s. 126,27 wielkość średniego ruchu punktów równonocnych $t \cdot 0°; 0,50,12...$ Dodając *radix*, tj. długość ekliptyczną 5°32′ gwiazdy γ Arietis dla epoki naszej ery, otrzymujemy średnią długość tej gwiazdy w epoce t:

$$p_m = 5°32' + t \cdot 0°; 0,50,...$$

Ruch anomalii z tablicy, s. 128-129, służy do obliczania kąta fazowego anomalii $a = 6°45' + t \cdot 0°; 6, 17, ...$ Z argumentem $2a$ odnajdujemy w tablicy na s. 133 prostaferezę punktów równonocnych

$$p_a = -70' \sin 2a$$

Suma $P = p_m + p_a$ daje długość ekliptyczną gwiazdy γ Arietis dla epoki t. Różnica wielkości P dla dwóch epok równa jest wielkości precesji punktów równonocnych między tymi epokami. Długości γ_s innych gwiazd i planet, określane przez Kopernika różnicowo względem γ Arietis, odnieść można do chwilowego położenia punktów równonocnych, tworząc sumę $\lambda = \lambda_s + P$.

Str. 138,34. „W tym miejscu“, tzn. w przykładzie podanym powyżej, dla 1525 r. Anomalia pojedyncza wynosiła wtedy 2,46°; 15, tj. 166°15′. W tablicy prostaferez równika i nachylenia (s. 133) znajdujemy odpowiadającą jej wartość minut proporcjonalnych równą 1. Nadwyżka nachylenia ekliptyki wynosi więc $24' \cdot \frac{1}{60} = 24''$. Zbliżające się najmniejsze nachylenie, równe 23°28′, miało nastąpić w 1652 r., przy anomalii $a = 180°$.

Str. 138,43. Dla obliczenia nachylenia ekliptyki dla epoki t, należy z argumentem a odczytać w tablicy na

s. 133 wyrażony w układzie sześćdziesiątkowym współczynnik c *(scrupula proportionum)*. Nachylenie ekliptyki oblicza się według wzoru

$$\varepsilon = 23°28' + 0°;24c.$$

Str. 138,48. Wskazówki co do uwzględniania wpływu zmian nachylenia ekliptyki powtórzone zostały w napisanym później końcowym fragmencie rozdz. 5 ks. II *Obrotów* (s. 55,40-43). Znajdujące się przy tymże rozdziale tablice deklinacji punktów ekliptyki, rektascenzji oraz kąta, jaki tworzy ekliptyka z południkiem, zawierają kolumnę z odpowiednimi minutami proporcjonalnymi. Obliczone za ich pomocą poprawki należy dodawać w tablicy deklinacji, odejmować w tablicach rektascenzji i kąta ekliptyki z południkiem.

W wierszach 1-2, s. 139, Kopernik napisał omyłkowo „kątami przecięcia zodiaku i równika" zamiast „zodiaku i południka". Błąd pozostał nie zauważony we wszystkich dotychczasowych wydaniach i tłumaczeniach *Obrotów*.

Str. 139,37. Obie obserwacje jak i następujące obliczenia zaczerpnięte zostały z *Almagestu*, ks. III, rozdz. I (Heiberg, I, s. 195, 204, wyd. 1515 r., k. 28r). Trzeci dzień nadliczbowy 177 roku od śmierci Aleksandra (czyli ery Filipa) = 27 września 147 przed n.e.; 9 Athyr 463 r. Aleksandra = 26 września 139.

Str. 139,44. *Almagest*, ks. III, rozdz. I (Heiberg, I, s. 196 i 205, wyd. 1515 r., k. 28r). 27 Mechir 178 Aleks. = 24 marca 146 przed n.e.; 7 Pachon 463 Aleks. = 22 marca 140.

Str. 139,45. Aracta - Er-Raqqa w płn. Syrii (starożytne Nikephorion). Rzeczywista różnica długości geograficznej z Aleksandrią wynosi 9°10'.

Str. 140,13. Obserwacja Albattaniego zaczerpnięta została z *Epitomatu* Peuerbacha i Regiomontana, I, prop. 2.

Str. 140,17. Rzeczywisty moment równonocy jesiennej przypadł o godz. 8.31 czasu fromborskiego (por. Zinner, *Entstehung*..., s. 203 i n., Kamieński, o. c., s. 97). Podany przez Kopernika moment równonocy, jak i wymienione w dalszym ciągu rozdziału wyznaczenia położenia Słońca pochodzą oczywiście nie z obserwacji, dokonanej w samym momencie równonocy, lecz są rezultatem obliczeń na podstawie pomiarów położenia Słońca w okresie kilku przynajmniej dni, obejmujących datę równonocy.

Moment obserwacji, określony ostatecznie na „pół godziny po wschodzie Słońca" *hora* $^1/_2$ *post ortum Solis* zmieniany był w rękopisie *Obrotów* dwukrotnie. Pierwotnie określony był jako „przed wschodem Słońca" *ante ortum Solis*, następnie zaś jako „godzinę przed wschodem Słońca" *una hora ante ortum Solis* (k. 88r). Obserwacja równonocy z 1515 r. wymieniona jest ponownie w rozdziale 18 księgi III *Obrotów* (k. 98v rękopisu). I tu Kopernik wprowadzał analogiczne poprawki. Zmiany określenia momentu równonocy jesiennej dokonał Kopernik w trakcie pisania III księgi; w rozdziale 21 (k. 102v rękopisu) jest on cytowany od razu w ostatecznej wersji.

Różnice interwału dzielącego obserwację Kopernika od obserwacji Ptolemeusza i Albattaniego, wynikające z powyższych zmian, nie mają większego znaczenia dla wywodu bieżącego rozdziału, tj. dla stwierdzenia zmian długości roku zwrotnikowego. Por. także przypis następny.

Str. 140,29. Rzeczywisty moment równonocy - godz. 1.19 o północy czasu fromborskiego. Moment obserwacji zapisany był w rękopisie pierwotnie jako „trzy i jedna czwarta godziny przed wschodem słońca" *ante ortum Solis tribus horis et quadrante*. Data obserwacji według kalendarza egipskiego - 4 Pharmuti 1840 r. ery Aleksandra.

Str. 140,42. Istotne znaczenie dla formułowania przez Kopernika poglądu o nierówności roku zwrotnikowego miały dane zawarte w *Almageście*. Ptolemeuszowski układ odniesienia obarczony był błędem położenia punktu równonocnego, wynoszącym ponad 1°. Powodowało to z jednej strony systematyczny błąd długości ekliptycznych gwiazd, co musiało wpłynąć na późniejsze teorie ruchu ósmej sfery, z drugiej zaś błędne, przeszło o jedną dobę zbyt późne, wyznaczenia momentów równonocy (por. Herz, *Geschichte*..., I, s. 88; A. Pannekoek, *Ptolemy's precession*, „Vistas in Astronomy", 1, 1955, s. 60).

Późniejsze dane obserwacyjne pogodzić można było z wynikami *Almagestu* przez stwierdzenie niejednostajności roku zwrotnikowego, jak to uczynił również i Kopernik. Rolę obserwacji Ptolemeusza w kopernikowskiej teorii ruchów Słońca (ściślej mówiąc, ruchu Ziemi) łatwo zilustrować, obliczając długość roku zwrotnikowego, która wynika z porównania obserwacji Hipparcha, Albattaniego i Kopernika, z wyłączeniem błędnych o przeszło całą dobę obserwacji Ptolemeusza. Według danych, przytoczonych przez Kopernika, obserwacje Hipparcha i Albattaniego dzieli odstęp 1028 lat egipskich, 249 dni $^4/_5$ godz., z czego wynika długość roku zwrotnikowego równa $365\,^1/_4 - ^1/_{129}$ dnia. Dla okresu Albattani - Kopernik rok zwrotnikowy wynosi $365\,^1/_4 - ^1/_{128}$ dnia (*Obroty*, s. 140,37-38). Wreszcie obserwacje Hipparcha i Kopernika dzielą 1662 lata 37 dni $^1/_2$ godz., rok zwrotnikowy ma więc dla tego okresu długość $365\,^1/_4 - ^1/_{128}$ dnia. Wszystkie te wielkości są wystarczająco zgodne z rzeczywistą długością roku zwrotnikowego ($365\,^1/_4 - ^1/_{130}$ dnia w czasach Hipparcha oraz $365\,^1/_4 - ^1/_{128}$ w czasach Kopernika) i nie wymagają założenia zmiennej długości roku.

Str. 140,45. Wiadomość o wyznaczeniu długości roku gwiazdowego przez Thabita zaczerpnięta została z *Epitomatu*, ks. I, prop. 2 .*De anno Solis* Thabita podaje długość roku gwiazdowego jako 365^d; 15, 23, 34, 43 = $= 365^d 6^h 9^m 26^s$ (F. J. Carmody, *The Astronomical Works of Thabit d. Qurra*, Berkeley, 1960, s. 74).

Str. 141,2. *Almagest*, ks. III, rozdz. I (Heiberg, I, s. 193; wyd. 1515 r., k. 26v).

Str. 141,31. Pierwszą przyczyną niejednostajności zwrotnikowego ruchu Słońca jest więc „libracja" punktów równonocnych; drugą stanowi znana od czasów Hipparcha mimośrodowość orbity Ziemi. Trzecia przyczyna to postulowana przez Kopernika zmienność tego mimośrodu (rozdz. 20 nin. księgi), czwartą wreszcie przyczyną jest ruch linii absyd.

Str. 142,7. Wobec niejednostajnej precesji punktów równonocnych i zmiennej długości roku zwrotnikowego, Kopernik uznał rok gwiazdowy, którego miarą jest ruch Słońca względem nieruchomej sfery gwiazd stałych, za podstawowy element swej astronomii matematycznej. Już w najwcześniejszym sformułowaniu teorii heliocentrycznej, *Krótkim zarysie (Commentariolus)* pochodzącym z pierwszych lat XVI stulecia, stwierdzał Kopernik, powołując się na własne, nie zachowane obecnie obserwacje: *invenimusque annum 365 dierum et 6 horarum et sextantis fere unius horae semper fuisse, qualis etiam in Aegyptiaca antiquitate reperitur.* (Wiadomość o rzekomym starożytnym wyznaczeniu długości roku przez Egipcjan pochodzi z *Epitomatu*, ks. III, prop. 2). Sama długość roku gwiazdowego była przez Kopernika parokrotnie modyfikowana, od cytowanej wartości z *Krótkiego zarysu* (365^d; $15,25 = 365^d 6^h {}^1/_6$) poprzez późniejszą notatkę na ostatniej karcie ochronnej weneckiego wydania *Almagestu* (365^d; 15, 24, 45 $= 365^d 6^h 9^m 54^s$; por. L. A. Birkenmajer, I, s. 248). W rękopisie *Obrotów* użyta była pierwotnie wartość 365^d; 15, 24 $= 365^d 6^h 9^m 36^s$. Przyjęcie ostatecznej większej o 4 sekundy długości roku pociągnęło za sobą poprawienie wszystkich zależnych od niej wielkości w rozdz. czternastym księgi III *Obrotów* (k. 89v rękopisu) oraz w następujących tablicach (k. 90 i 93). Nie obyło się przy tym bez błędu, gdyż wynikający z ostatecznie przyjętej długości roku gwiazdowego ruch Słońca w roku egipskim wynosi 5, 49°; 55, 49, 8, 2 nie zaś, jak w tekście, 5, 59°; 44, 49, 7, 4.

Sama zmiana długości roku gwiazdowego o 4 sekundy nie ma praktycznego znaczenia; spowodować ją może zmiana o 1,5 godziny okresu dzielącego obserwację Ptolemeusza i Kopernika. Przytoczone w III księdze *Obrotów* obserwacje Hipparcha i Ptolemeusza, w zestawieniu z obserwacjami Kopernika, prowadzą do długości roku gwiazdowego pomiędzy $365^d 6^h 9^m$ i $365^d 6^h 10^m$.

Przypuszczenie L. A. Birkenmajera, że omawianą zmianę wprowadził Kopernik dopiero po przyjeździe Retyka na Warmię w 1539 r. (L. A. Birkenmajer, I, s. 681), nie wydaje się słuszne. W dalszym ciągu *Obrotów* Kopernik wykorzystuje już bez poprawek ostateczną wartość długości roku (rozdz. 18 nin. księgi).

Str. 142,20. „Ruch prosty" odniesiony jest do sfery gwiazd stałych. Po uwzględnieniu jednostajnej składowej precesji otrzymujemy „ruch złożony", a więc szybkość Słońca względem punktów równonocnych, jednakże bez uwzględnienia „libracji".

Str. 145,1. W rękopisie *Obrotów* tablica ta oparta została na wcześniejszej wartości roku gwiazdowego. Zmianę wynikającą z poprawek wprowadzonych w rozdz. 14 zaznaczył Kopernik poprawiając jedynie ostatnią wartość tablicy (k. 93 rękopisu). Zgodnie z tą poprawką wydanie norymberskie z 1543 r. poprawiło wszystkie wartości tablicy. W obecnym wydaniu, jak we wszystkich dotychczasowych, przyjmujemy redakcję z pierwodruku.

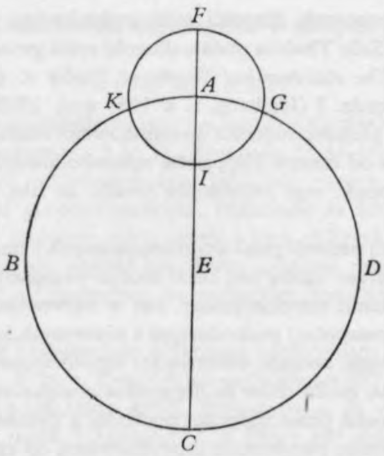
Str. 147,1. Podstawę do obliczenia tablicy anomalii podał Kopernik w rozdziale 23 księgi III (s. 161,8-11). Anomalia słoneczna, tj. odległość kątowa Słońca od punktu apogeum, zmienia się z szybkością mniejszą niż średnia szybkość Słońca, ponieważ linia absyd, a więc i kierunek apogeum, przesuwa się z zachodu na wschód o ok. 24″ rocznie (rozdz. 22 księgi III, s. 161,4). Ostateczna wersja tablicy znajdująca się w rękopisie na k. 91 jest późniejszym uzupełnieniem i zastąpiła przekreśloną tablicę z k. 94. (Por. przyp. do s. 142,7).

Str. 149,24. *Elementy*, ks. I, tw. 21: „Proste przechodzące przez dwa wierzchołki trójkąta i przecinające się wewnątrz niego tworzą odcinki, których suma jest mniejsza niż suma boków leżących przy trzecim wierzchołku. Kąt zawarty między tymi odcinkami jest większy od kąta przy tymże wierzchołku".

Str. 150,8. Opisy obu rozwiązań oraz wszystkie (z wyjątkiem pierwszej) ilustracje rozdziału oparte są na analogicznym fragmencie *Almagestu* odnoszącym się do orbity słonecznej (III, rozdz. 3, Heiberg, I, s. 217-218, wyd. 1515 r., k. 29-31).

Str. 150,14. Określenia *apogeum* i *perigeum* są tu oczywiście terminologicznym reliktem astronomii geocentrycznej, zamiast właściwych dla Ziemi określeń aphelium i perihelium.

Str. 150,38. Kierunek ruchu „w konsekwencji", tj. kierunek zgodny z kolejnością znaków zodiaku, z zachodu na wschód. Ruch po epicyklu *FGIK* odbywać się miał w kierunku przeciwnym, „w precedencji". Przy określaniu kierunku ruchu po obwodzie epicykla rozróżniano zewnętrzną *(KFG)* i wewnętrzną *(GIF)* część epicykla odpowiednio do jego podziału przez koło deferentu *DGKB*. Dla obserwatora umieszczonego w środku deferentu *F* ruch planety po zewnętrznej części epicykla odbywa się w kierunku precedencji, natomiast po wewnętrznej w kierunku sekwencji (p. rys. na stronie następnej).



Str. 151,16. *Elementy*, ks. I, tw. 33: „Odcinki łączące końce odcinków równych i równoległych są równe i równoległe".

Str. 151,23. W opisie ruchu po epicyklu położenie ciała niebieskiego odnoszono zawsze do kierunku wyznaczonego przez promień wodzący deferentu *EA*. Przy równych liczbowo, lecz przeciwnie skierowanych ruchach po deferencie i epicyklu promień wodzący epicyklu *AP* zachowuje stały kierunek w przestrzeni, szybkość gwiazdowa jego obrotu jest więc równa zeru.

Str. 151,24. Treścią następujących rozważań jest wykazanie, że odpowiednio dobrane szybkości synodyczne epicykla i deferentu mogą wyjaśnić ruch linii absyd. Mechanizm taki okazał się niezbędny wobec stwierdzenia przez Kopernika zmian położenia peryheliów planet (o ruchu linii absyd orbity Ziemi por. rozdz. 20 księgi III).

Str. 151,47. *Almagest*, ks. III, rozdz. 4 (Heiberg, I, s. 232 wyd. 1515 r., k. 31): ... *convenientior ... est modus orbis eccentrici, eo quod ipse est manifestior et velocior et facilior, et quod ipse est ex uno motu, et non est ex duobus.*

Do kwestii wyboru jednego spośród równoważnych rozwiązań geometrycznych orbity Ziemi powróci Kopernik w rozdz. 20 niniejszej księgi *Obrotów* (s. 159,22-27).

Str. 153,21. *Almagest*, ks. III, rozdz. 4 (Heiberg, I, s. 234; wyd. 1515 r., k. 31).

Str. 153,27. Wiadomość o wyznaczeniach Albattaniego i Zarqaliego pochodzi z *Epitomatu*, ks. I, prop. 13.

Str. 153,38. Podany przez Kopernika odstęp czasu, jaki upłynął od równonocy wiosennej do jesiennej 1515 r., nie da się pogodzić z podanym niżej odstępem dzielącym równonoc jesienną 1515 i wiosenną 1516 (178^d; 53, 30). Oba interwały dają bowiem w sumie wielkość roku zwrotnikowego 364^d; 59 wobec rzeczywistej wielkości bliskiej 365; 15 (por. L. A. Birkenmajer, I, 203; Zinner, *Entstehung...*, s. 203 i n.).

Str. 153,42. Wykorzystanie obserwacji pośrednich położeń Słońca zamiast trudnych do wyznaczenia punktów przesileń pochodzi z astronomii Islamu (L. A. Birkenmajer, I, s. 11). Kopernik z metodą tą zapoznał się za pośrednictwem *Epitomatu* (ks. I, prop. 14), w którym zaleca się obserwować zamiast przesileń *quodcunque punctum medium i quartis quatuor puncta 15 tauri vel leonis vel scorpii vel aquarii, vel prope illa.* Powtórzenie za *Epitomatem* tego wywodu nie świadczy jednak, że Kopernik rzeczywiście obserwował Słońce we wszystkich czterech wymienionych położeniach, jak twierdził L. A. Birkenmajer (I, s. 309 i n.). Dla wyznaczenia mimośrodu i kierunku linii absyd orbity Ziemi niezbędne jest, oprócz obserwacji równonocy, jedno tylko wyznaczenie spośród wyżej wymienionych. U Kopernika była to obserwacja Słońca w środku znaku Skorpiona, omówiona w tekście rozdziałów kilka wierszy niżej.

Str. 154,30. Rachunek powyższy wykorzystuje jako dane wyjściowe obserwacje Słońca z okresu jesień 1515 – wiosna 1516, jest więc niezależny od błędu wyznaczenia interwału wiosna – jesień 1515 (por. przypis do s. 153,38). Zaznaczyć trzeba jednak, że przytoczone w rozdziale 13 księgi III obserwacje prowadzą do odstępu równonocy jesiennej 1515 i wiosennej 1516 równego 178^d; 54, 35, wobec użytego w tekście obecnego rozdziału 178^d; 53, 30.

Obliczenia niniejszego rozdziału były w rękopisie *Obrotów* poprawiane już po napisaniu dalszych rozdziałów. W szczególności mimośród orbity Ziemi podany był pierwotnie jako 0,0322 i zmieniony na 0,0323 już po napisaniu rozdz. 21 ks. III. Poprawki w rękopisie obecnego rozdziału spowodowane zostały zwiększeniem dokładności rachunku o jedno miejsce dziesiętne. Wynikłe stąd różnice nie mają zresztą znaczenia przy praktycznym zastosowaniu teorii do obliczania położeń Słońca.

Str. 155,2. *Almagest*, ks. III, rozdz. 4, skąd zaczerpnięty został również tok wywodu (Heiberg, I, s. 238–239; wyd. 1515 r., k. 31 v–32).

Str. 155,21. Jest to cytowana już w rozdz. 13 obserwacja z 26/27 września 147 przed n.e.

Str. 155,44. Obserwacja Kopernika podana w rozdz. 13 (por. przypis do s. 140,17) również w obecnym rozdziale zapisana została z poprawką momentu obserwacji (k. 98v rękopisu). Jednakże okres między obserwacjami Hipparcha i Kopernika zapisany w dalszym ciągu niniejszego rozdziału (s. 156,14-15, k. 99 rękopisu *Obrotów*) obliczony został przez Kopernika od razu na podstawie ostatecznej wersji obserwacji.

Str. 156,38. Por. przypis do s. 187,35 (rozdz. 7 ks. IV). Wobec błędnego datowania ery olimpiad, podana tu wartość odnosi się do 2 roku I olimpiady (por. przyp. do s. 136,38).

Str. 156,42. „Położenia złożone" powstają z podanych uprzednio gwiazdowych miejsc Słońca przez dodanie, według rozdz. 11 księgi III, średniej długości γ Arietis. Odnoszą się więc one do średniej równonocy bez uwzględnienia „prostaferezy punktów równonocnych".

Str. 157,7. Wiadomość o Zarqalim (Arzachel) pochodzi z *Epitomatu*, ks. III, prop. 13: *Arzahel ... coactus fuit dicere quod centrum eccentri solis moveretur in circulo parvo: velut in mercurio habetur.*

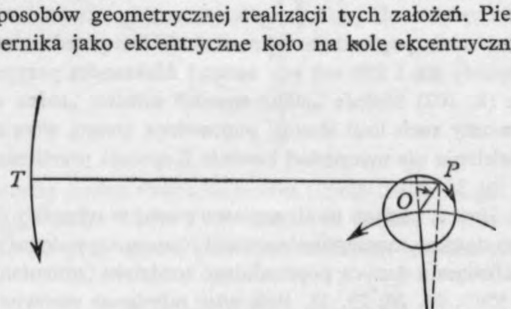
Str. 157,45. Okres zmian mimośrodu ziemskiego przyjmuje Kopernik bez szczegółowego dowodu jako równy okresowi zmian nachylenia ekliptyki, tj. 1717 lat egipskich.

Str. 158,15. *Elementy*, ks. III, tw. 8: „Spośród siecznych, przeprowadzonych z jednego punktu poza kołem, najdłuższa jest przechodząca przez środek koła. Sieczne bliższe tego środka dłuższe są od siecznych bardziej oddalonych. Z zewnętrznych odcinków najkrótszy jest odcinek siecznej, przechodzącej przez środek koła".

Str. 159,18. *Elementy*, ks. I, tw. 8: „Trójkąty, mające odpowiednio równe dwa boki oraz kąt między nimi zawarty, są równe".

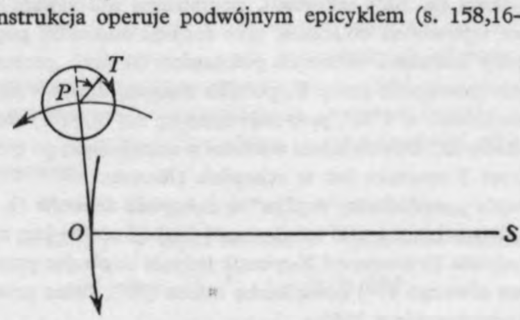
Str. 159,27. Wykorzystując i rozwijając wspomniany na wstępie rozdziału pomysł Zarqaliego Kopernik opracował zupełnie nową teorię ruchu Ziemi, uwzględniającą okresowe zmiany mimośrodu i kierunku linii absyd. Według tej teorii, ruch linii absyd złożony jest z ruchu jednostajnego oraz harmonicznej oscylacji, wynikającej z nadania środkowi orbity Ziemi obiegu po małym kole. Obieg ten, o okresie 1717 lat egipskich, powoduje zmianę odległości środka orbity od Słońca, a więc zmienia i samą wielkość mimośrodu.

Kopernik podaje kilka sposobów geometrycznej realizacji tych założeń. Pierwsza konstrukcja (s. 157,46–158,15), określona przez Kopernika jako ekscentryczne koło na kole ekscentrycznym, może być schematycznie przedstawiona następująco:



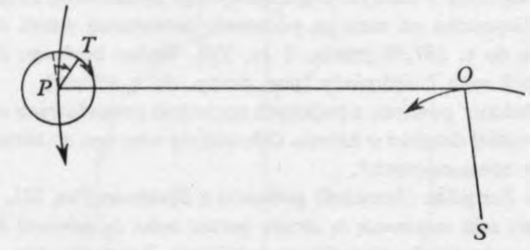
S – Słońce, *T* – Ziemia. Dla promienia orbity Ziemi $TP = 10000$, $SO = 369$, $OP = 48$ (księga III, rozdz. 21). *SP* – chwilowa wartość mimośrodu (wyznaczającego chwilowy kierunek linii absyd). Promień wiodący *SO* obraca się z szybkością roczną 0°; 0, 24, 20, 14 powodując jednostajną postępową zmianę kierunku linii absyd. Promień koła zmian mimośrodu *OP* wykonuje obrót w kierunku przeciwnym w ciągu 1717 lat, tj. z szybkością roczną 0°; 6, 17, 24 (jest to szybkość zmiany anomalii punktów równonocnych – por. rozdz. 6 księgi III). Ruch ten mierzony jest synodycznie względem kierunku średniej absydy *SO*. Roczny ruch Ziemi realizowany jest przez promień wiodący *PT*.

Druga, równoważna konstrukcja operuje podwójnym epicyklem (s. 158,16–159,6).



SO – promień orbity Ziemi, *OP* – promień wiodący postępowych zmian linii absyd, *PT* – promień wiodący zmian okresowych.

Wykorzystując w pełni możliwości wynikające z zamienności obrotów, Kopernik stwierdzał wreszcie (s. 159,7–159,25) możliwość trzeciego rozwiązania opartego na epicyklu koła ekscentrycznego:



SO – promień wiodący jednostajnego ruchu linii absyd, *OP* – promień rocznego ruchu Ziemi: *PT* – promień wiodący zmian okresowych.

Oczywiście, wszystkie trzy modele są kinematycznie równoważne i bez dodatkowych przesłanek nie można podać kryterium wyboru jednego z nich jako odpowiadającego rzeczywistości. Stwierdza to Kopernik w ostatnim zdaniu obecnego rozdziału oraz dobitniej jeszcze w rozdziale 25 (s. 164,35–45). Wzmianka o „stałej zgodności liczb i zjawisk" *numerorum ac apparentium perpetua consonantia* może być wyjaśniona jedynie w powiązaniu z analizą zmian mimośrodu orbity Marsa, jaką - co prawda tylko szkicową - podał Kopernik w rozdz. 16 księgi V (s. 264,47–265,4).

Str. 160,22. Przed poprawieniem w rękopisie (k. 101 v) obliczenia tego rozdziału prowadziły do maksymalnego odchylenia linii absyd, wynoszącego 7°24′. Taka też wartość była podstawą przy obliczaniu tablicy „prostaferez słonecznych" przy rozdz. 24 księgi III.

Str. 160,34. Początek rachuby anomalii punktów równonocnych, a zarazem epoka największego mimośrodu orbity Ziemi, określone zostały w rozdz. poprzednim jako „około 64 lata przed narodzeniem Chrystusa" (s. 159,35). Jednakże trzeci rok 188 olimpiady jak i 259 rok ery śmierci Aleksandra przypadały na lata 66/65 przed n.e.

Str. 160,43. W rękopisie (k. 102) błędnie „jedna trzecia" zamiast „jedna szósta" stopnia.

Str. 161,4. Wartość ta (roczny ruch linii absyd), poprawiona zresztą wraz z poprzedzającym rachunkiem, jest tylko przybliżona. Przy dzieleniu nie uwzględnił bowiem Kopernik przeliczenia okresu 1580 lat zwrotnikowych na lata egipskie (1581 lat 30 dni).

Str. 161,9. Roczny ruch Słońca, podany tutaj, zapisany został w rękopisie (k. 102) już po dokonaniu poprawek w rozdz. 14. To samo dotyczy momentu obserwacji równonocy jesiennej 1515 r. (s. 161,15). Natomiast wartość rocznej anomalii, wynikająca z danych poprzedniego rozdziału (zmienianych przez Kopernika w czasie pisania) wynosiła pierwotnie 359°; 44, 24, 23, 38. Była więc odmienna zarówno od ostatecznej (359°; 44, 24, 46, 50), jak i od wcześniejszej, którą znajdujemy w wykreślonej tablicy na k. 94 rękopisu (359°; 44, 24, 34, 26). Zdaniem A. Birkenmajera (*Trygonometria* ..., s. 49), świadczy to o trzykrotnym redagowaniu przez Kopernika tej treści tekstu.

Str. 161,16. Podana w rękopisie *Obrotów* (k. 102v) wartość 71°37′ sprzeczna jest z wywodem poprzedniego rozdziału (71°32′).

Str.161,17. Rozwiązanie daty 1515 r. jako drugiego roku 573 olimpiady jest wprawdzie prawidłowe, jednakże w obliczeniu okresu od ery olimpiad do 14 września 1515 r. powtarza Kopernik błąd, polegający na przesunięciu o jeden rok początkowej daty olimpijskiej rachuby czasu. Od południa 1 lipca 776 r. przed n.e. do 14 września 1515 r. godz. 6.30 upłynęło bowiem nie 2290, lecz 2291 lat egipskich 281^d; 46. Również w dalszym rachunku rozdziału pojawiają się nieścisłości (k. 102v rękopisu), poprawiane nie zawsze szczęśliwie przez wydawców z 1543 r. Nie mają one jednak wpływu na obliczaną, jako funkcja anomalii, poprawkę położenia Słońca.

Str. 161,35. Różnica między średnim i widomym położeniem Słońca, „prostafereza kręgu" *prostaphaeresis orbis* wynosi, według przyjętych ostatecznie przez Kopernika danych, odpowiednio przy najmniejszym mimośrodzie (równym 0,0321) arc sin 0,0321 = 1°50′, przy największym zaś (0,0417) arc sin 0,0417 = 2°23′. Różnica wynosi więc 33′, a nie, jak w tekście 32′. Odpowiednie wartości w następującej po tym rozdziale tablicy prostaferez zostały jednak poprawione przez Kopernika już w rękopisie *Obrotów*.

Str. 162,1. Liczby w rubryce „prostaferezy środka" w rękopisie *Obrotów* (k. 103) odzwierciedlają wcześniejszą redakcję III księgi. Maksymalna wartość tabulowanej funkcji równa jest tam 7°24′; poprawkę wynikającą z przeliczenia na nowo rozdziału 21 zaznaczył Kopernik jedynie dopisując przy maksymalnej wartości „prostaferezy" (7°24′ dla argumentu równego 96°) nową liczbę minut (28′). Pełne przeliczenie wszystkich wartości rubryki przyniosło wydanie norymberskie z 1543 r.

Str. 164,35. Obliczenie widomego położenia Słońca, według teorii podanej w III księdze *Obrotów*, rozpocząć trzeba od ustalenia okresu dzielącego dany moment od epoki n.e. i wyrażenia go w latach egipskich, dniach i sześćdziesiątkowym ułamku doby. Oznaczając ten okres przez t mamy ruch średni Słońca (z tabl. s. 143-144), czyli odległość kątową Słońca średniego od γ Arietis

$$l_{\odot} = 4{,}32°;31+5{,}59°;44{,}49{,}7 \cdot t$$

anomalię słoneczną, a więc odległość kątową Słońca od punktu apogeum, przy uwzględnieniu jednostajnego ruchu linii absyd

$$a_{\odot} = 3{,}31°;19+5{,}59°;44{,}24{,}46 \cdot t \qquad \text{(tabl. s. 147-148)}$$

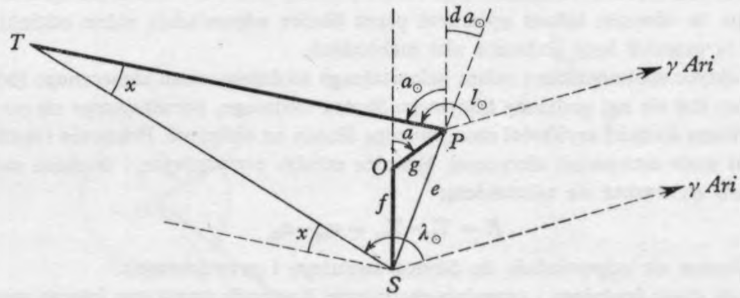
anomalię punktów równonocnych

$$a = 6°;45+0°;6{,}17 \cdot t \qquad \text{(tabl. s. 128-129)}$$

Chwilową wartość mimośrodu e oraz podaną w tablicy prostaferez słonecznych „prostaferezę środka" $da_{\odot} = \sphericalangle OSP$ oblicza się z trójkąta SOP, w którym

$$SO = f = 369 \quad OP = g = 48 \quad POS = 180° - a.$$

„Anomalia wyrównana" $a'_{\odot} = a_{\odot}+da_{\odot}$ pozwala na obliczenie „równania środka" x, gdyż w trójkącie TPS dane są boki $TP = 10000$, $SP = e$, kąt $TPS = 180° - a'_{\odot}$ (por. poniższy rysunek).



Tablica prostaferez Kopernika podaje równanie środka („prostafereza kręgu") $x_{\min}$, obliczone dla najmniejszej wartości mimośrodu $e_{\min} = SO-OP = f-g = 369-48 = 321$. Poprawkę równania dla rzeczywistej wartości mimośrodu e oblicza się przy użyciu podanych w tablicy „minut proporcjonalnych" m

$$m = \frac{e-e_{\min}}{e_{\max}-e_{\min}} = \frac{e-321}{96}$$

oraz „nadwyżki" n, czyli różnicy, w minutach łuku, między największym równaniem środka $x_{\max}$ (dla $e_{\max} = f+g = 417$) i najmniejszym równaniem $x_{\min}$ (dla $e_{\min} = f-g = 321$). Jest więc

$$x - x_{\min} + m \cdot n$$

W tablicy Kopernika argumentem dla $da_{\odot}$ i m jest anomalia a, dla x i n – anomalia wyrównana $a'_{\odot} = a_{\odot}+da_{\odot}$. Równanie środka x, odjęte od średniej długości Słońca $l_{\odot}$, daje widomą długość Słońca $\lambda_{\odot}$ mierzoną od γ Arietis:

$$\lambda_{\odot} = l_{\odot} - x$$

Ekliptyczną długość Słońca $\bar{\lambda}_{\odot}$ liczoną od punktu równonocy wiosennej otrzymamy, dodając obliczoną dla danego momentu długość γ Ari: $\bar{\lambda}_{\odot} = l_{\odot} - x + \lambda_{\gamma \text{Ari}}$ lub wykorzystując „złożoną szybkość Słońca" $\bar{l}_{\odot}$ (tabl. s. 145-146), z dodaniem prostaferezy punktów równonocnych p_a (tabl. s. 133): $\bar{\lambda}_{\odot} = \bar{l}_{\odot} - x + p_a$.

Aby ustalić dokładność użytego w tablicy przybliżenia, przypomnijmy, że związek między rzeczywistą (M) a średnią anomalią (v) planety w jej ruchu jednostajnym po mimośrodowej orbicie kołowej przedstawić można za pomocą rozwinięcia szeregowego

$$v = M-(e \sin M - {}^1/_2\, e^2 \sin 2M+\ldots)$$

Jest więc $x = e \sin M - {}^1/_2\, e^2 \sin 2M$, przy czym mimośród e przybiera wartości zawarte między $f-g$ i $f+g$:

dla $e_{\min} = f-g$ $\quad x_{\min} = (f-g) \sin M - {}^1/_2 (f-g)^2 \sin 2M$;

dla $e_{\max} = f+g$ $\quad x_{\max} = (f-g) \sin M - {}^1/_2 (f+g)^2 \sin 2M$;

$$x - x_{\min} = [e-(f-g)] \sin M - {}^1/_2 [e^2-(f-g)^2] \sin 2M\ldots \qquad \text{(I).}$$

Natomiast wzór będący podstawą tablicy Kopernika ma postać

$$x - x_{\min} = m \cdot n,$$

przy czym $m = \dfrac{e-(f-g)}{2g}$, $n = x_{\max} - x_{\min} = 2g \sin M - 2fg \sin 2M$.

Stąd

$$m \cdot n = [e-(f-g)]\,(\sin M - f \cdot \sin 2M) \qquad \text{(II)}$$

Różnica między wzorem Kopernika i rozwinięciem teoretycznym wynosi

$$\text{(II)}-\text{(I)} = -f[e-(f-g)]\sin 2M + {}^1/_2\,[e^2-(f-g)^2]\,\sin 2M$$

jest więc wielkością małą drugiego rzędu i osiąga maksymalnie $^1/_4{}'$ (dla $e = f$).

Str. 164,45. Kwestia wyboru jednego z geometrycznych modeli orbity Ziemi oraz wzajemnego położenia Słońca i środka świata poruszona była w rozdz. 20 tej księgi (s. 159,25-27). Do sprawy tej powróci Kopernik w rozdz. 16 księgi V w związku ze zmianą mimośrodu orbity Marsa (s. 264,47 i n.).

Str. 165,1. Treść tego rozdziału oparta jest ściśle na odpowiednim rozdziale *Almagestu* (ks. III, rozdz. 9; Heiberg, I, s. 258–263. W wydaniu z 1515 r. jest to rozdz. 10 księgi III, k. 34–35). Czas prawdziwy słoneczny, a więc kąt godzinny Słońca, mierzony np. przy użyciu zegara słonecznego, ma przebieg niejednostajny zarówno na skutek niejednostajnej szybkości Słońca w jego ruchu po ekliptyce, jak i wobec nachylenia ekliptyki do równika, powodującego, że równym łukom opisanym przez Słońce odpowiadają różne odcinki równika, wzdłuż którego mierzone są przecież kąty godzinne ciał niebieskich.

W nowszej praktyce astronomicznej miarą jednostajnego średniego czasu słonecznego (odmierzanego przez zegary mechaniczne) stał się kąt godzinny fikcyjnego Słońca średniego, poruszającego się po równiku z jednostajną szybkością równą średniej szybkości rzeczywistego Słońca na ekliptyce. Położenie i ruch Słońca średniego określa odpowiedni wzór astronomii sferycznej. Różnica między prawdziwym i średnim czasem słonecznym, tzw. równanie czasu R, wyraża się zależnością:

$$R = T_v - T_m = \alpha_m - \alpha_v$$

(indeksy m i v odnoszą się odpowiednio do Słońca średniego i prawdziwego).

Przy nawiązaniu czasu średniego i prawdziwego stosuje Kopernik starożytną jeszcze metodę, w której nie występowało pojęcie fikcyjnego Słońca średniego, a porównaniu podlegały okresy czasu między dwoma momentami. Wyznaczano więc różnicowy wpływ równania czasu na długość rozważanego okresu. Przy takim postępowaniu wystarczającą miarą czasu jednostajnego była długość średnia Słońca $\bar{l}_{\odot}$, której przyrost równy jest przyrostowi rektascenzji Słońca średniego α_m. Rektascenzja Słońca prawdziwego α_v związana jest z jego położeniem na ekliptyce zależnością

$$\operatorname{tg} \alpha_v = \operatorname{tg} \lambda_{\odot} \cos \varepsilon.$$

Dla okresu między momentami t_1 i t_2 jest więc

$$R_2 - R_1 = (\alpha_2 - \alpha_1)_m - (\alpha_2 - \alpha_1)_v = (\bar{l}_{\odot 2} - \bar{l}_{\odot 1}) - (\alpha_{v2} - \alpha_{v1})$$

Występujące w tym wzorze wielkości α_{v2} i α_{v1} odczytać można bezpośrednio z tablicy rektascenzji przy rozdz. 10 księgi II (s. 73). Przy amplitudzie równania czasu, wynoszącej około $\pm\,^1/_4$ godziny, maksymalna różnica między długością danego okresu, wyrażonego w czasie średnim i prawdziwym, osiągać może $\pm\,^1/_2$ godziny.

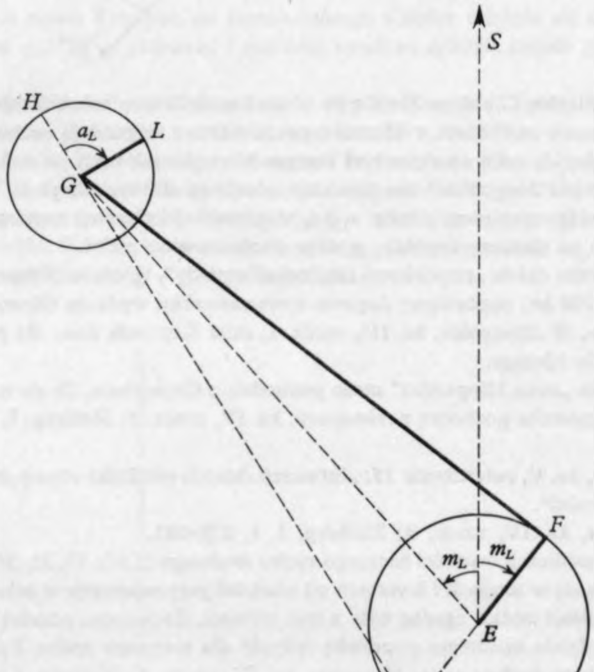
Str. 166,29. Tu: $^1/_2 + {}^1/_2 \cdot {}^1/_3$ stopnia, czyli 40′. Tyle też wynosi średni ruch Księżyca w ciągu 1 godz. 20 min.

Księga czwarta

Str. 169,41. Dla określenia kierunku obiegu po epicyklu za pomocą zwykłych określeń „w precedencji", tj. w kierunku ruchu wstecznego, ze wschodu na zachód, i postępowego (z zachodu na wschód) niezbędne jest rozróżnienie „górnej" i „dolnej" części epicykla. Względem środka deferentu bowiem punkt na obwodzie epicykla porusza się w zewnętrznej części (w pobliżu apogeum) ruchem „w precedencji", w wewnętrznej zaś, w pobliżu perigeum, ruchem „w antecedencji".

Str. 171,10. Ptolemeuszowska teoria Księżyca przedstawiona jest ogólnie w *Almageście*, ks. V, rozdz. 2. Na rysunku poniższym (wg O. Neugebauer, *Exact Science in Antiquity*, New York 1962, s. 196) *E* oznacza Ziemię, *L* – Księżyc, *S* – słońce średnie. Środek koła mimośrodowego *F* obiega Ziemię w kierunku precedencji w okresie miesiąca synodycznego. W tym samym okresie dokonuje obiegu w przeciwnym kierunku środek epicykla *G*, przy czym jednostajny ruch punktu *G* po deferencie mierzony jest kątem elongacji $SEG = SEF$. Księżyc obiega po obwodzie epicykla w kierunku precedencji ruchem anomalii a_L, jednostajnym względem zmiennego apogeum *H*. Punkt *H* określony jest przez przedłużenie linii łączącej punkt *F'* i środek epicykla *G*.

Mechanizm powyższy powoduje zbliżanie środka epicykla *G* do Ziemi w pobliżu pierwszej i ostatniej kwadry, a przez to większe odchylenie kątowe Księżyca od jego średniego położenia.

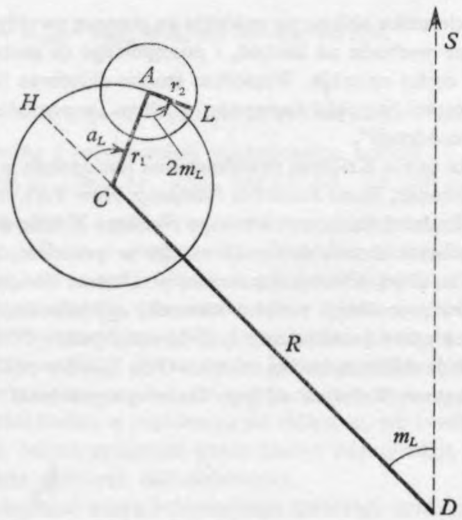


Str. 172,2. Twierdzenie to (*axioma*) należy do naczelnych założeń, jakie przyjmował Kopernik przy tworzeniu swego dzieła. Jeszcze w okresie pisania *Zarysu*, a więc w I dziesięcioleciu XVI w., wymienił ją na samym wstępie, krytykując starożytnych astronomów, którzy dopuszczali, aby *corpus caeleste non semper in absolutissima rotunditate moveri*. Por. A. Birkenmajer, *Mikołaj Kopernik jako filozof*, „Studia i Materiały z Dziejów Nauki Polskiej" seria C, 1963 (7), s. 49–52.

Str. 172,31. *Almagest*, ks. V, rozdz. 17; Heiberg, I, s. 429, wyd. 1515 r., k. 55v.

Str. 172,46. Dioptra Hipparcha, służąca do pomiaru rozmiarów kątowych tarcz Słońca i Księżyca, opisana jest ogólnikowo w *Almageście*, ks. V, rozdz. 14. Ptolemeusz wspomina w tym rozdziale również inne przyrządy używane do tego celu, w których to przyrządach przepływ wody służy do wyznaczenia czasu potrzebnego dla przejścia tarczy ciała niebieskiego przez horyzont. Określa je jednak jako nie dość dokładne (Heiberg, I, s. 416–417, wyd. 1515 r., k. 15r).

Str. 173,17. Na rysunku poniższym D oznacza Ziemię, S – słońce średnie, L – Księżyc, R – promień wiodący deferentu DC, r_1 – promień pierwszego epicykla CA, r_2 – promień drugiego epicykla AL.



Środek pierwszego epicykla C obiega Ziemię po obwodzie deferentu z jednostajną szybkością m_L. Środek drugiego epicykla A wykonuje swój obrót w kierunku przeciwnym z szybkością ruchu anomalii a_L. Ruch Księżyca po obwodzie tego epicykla odbywa się w tym samym kierunku jak ruch po deferencie z szybkością dwukrotnie większą, a więc równą $2\ m_L$. Ruch ten powoduje okresową zmianę odległości Księżyca L od punktu C, przy czym odległość ta osiąga maximum równe r_1+r_2 w pierwszej i trzeciej kwadrze, minimum zaś (r_1-r_2) przy koniunkcji Księżyca ze słońcem średnim, a więc około nowiu i pełni.

Str. 174,12. W autografie dzieła „trzydziestej siódmej olimpiady", tj. około 628 przed n.e. Błąd daty o pięćdziesiąt olimpiad, czyli o 200 lat, poprawiony dopiero w warszawskim wydaniu *Obrotów* z 1954 r., był zapewne zwykłą pomyłką piszącego. W *Almageście*, ks. III, rozdz. 1, miał Kopernik dane dla poprawnego chronologicznego ustalenia epoki życia Metona.

Str. 174,25. Określenie „roku Hipparcha" może pochodzić z Censorinus, *De die natali*, ks. XVIII, rozdz. 8.

Str. 174,32. Dane Hipparcha pochodzą z *Almagestu*, ks. IV, rozdz. 2; Heiberg, I, s. 270–271, wyd. 1515 r., k. 36v.

Str. 174,44. *Elementy*, ks. V, twierdzenie 15: „Stosunek danych wielkości równy jest stosunkowi wspólnych wielokrotności tych wielkości".

Str. 175,21. *Almagest*, ks. IV, rozdz. 3; Heiberg, I, s. 278–281.

Str. 176,1. Użyte w tablicach wartości rocznego ruchu średniego (2,9°; 37, 22, 36, 25) oraz ruchu anomalii (1,28°; 43, 9, 7, 15) różnią się w tercjach i kwartach od wartości przytoczonych w zakończeniu rozdziału czwartego. W ich pierwotnej postaci tablice zgodne były z tym tekstem. Zmieniając później wartości w tablicach Kopernik wprowadził w rozdziale czwartym poprawkę jedynie dla rocznego ruchu Księżyca w szerokości.

Str. 182,17. Zaćmienia te podane są w *Almageście*, ks. IV, rozdz. 6; Heiberg, I, s. 314–315, wyd. 1515 r., k. 42.

Str. 182,46. Uwzględnienie równania czasu według metody wyłożonej w rozdz. 26 księgi III *Obrotów* sprowadza interwał między momentami wyrażonymi w prawdziwym czasie słonecznym („czas naturalny") do interwału w czasie średnim słonecznym („czas równy", „wyrównany; „ściśle", „dokładnie").

Str. 183,45. W rzeczywistości chodzi tu o twierdzenie 35 z księgi III *Elementów*: „Jeśli z punktu leżącego poza kołem przeprowadzimy dwie proste, styczną do koła i przecinającą je, wówczas prostokąt zbudowany z odcinków siecznej i dosiecznej równy będzie kwadratowi stycznej".

Str. 184,34. Zaćmienie to omawia M. Kamieński, *Obserwacje Kopernika*..., s. 99–101. Wcześniejsze o 6 minut momenty tego zaćmienia odnotował Kopernik w swym egzemplarzu *Calendarium Romanum Magnum* J. Stoefflera (Oppenheim 1518), k.D_1v. *Calendarium* Stoefflera znajduje się obecnie w bibliotece Obserwatorium Astronomicznego w Uppsali.

Str. 184,42. Kamieński, o. c., s. 102–109. Również to zaćmienie odnotowane zostało w *Calendarium Romanum*, k. D_2.

Dla wszystkich trzech zaćmień Kopernik odnotował w rękopisie (k. 116) odmienne nieco momenty tych zjawisk. Ostatnia redakcja rękopisu utrzymała wartości zapisane pierwotnie, a rezultatem tych zmian są liczne poprawki wartości liczbowych w dalszym ciągu rozdziału (rękopis k. 116v–118v).

Str. 186,39. I. I. Viesielovskij (*O vraščenijach* ..., s. 601, przypis 21) zwrócił uwagę na popełniony tu przez Kopernika błąd w terminologii. Określając średnią elongację Księżyca od Słońca jako różnicę między „ruchem Księżyca a rocznym ruchem Ziemi" Kopernik zamienił mechanicznie określenia Słońca i Ziemi.

Str. 187,13. Zdanie to jest w rękopisie (k. 117v) trudno czytelne, ponieważ autorskie dopiski i poprawki rozmieszczone zostały w różnych miejscach obu marginesów oraz pod tekstem. Poprzednie wydania bądź opuszczały fragment zdania (jak wyd. norymberskie z 1543), bądź też podawały je w formie skażonej, przy czym zakończenie zdania przybierało postać: ... *quod cum aequatum fuerit, sunt horae tres post medium noctis* (wyd. toruńskie 1873 i monachijskie 1949). Przypisanie objaśnienia *post medium noctis* do określenia interwału dzielącego dwie obserwacje jest oczywiście pozbawione sensu. Odnosi się ono do cytowanego w poprzednim rozdziale momentu zaćmienia obserwowanego przez Kopernika 6 września 1522 o godz. 1 min. 20.

Str. 187,35. Zgodnie z danymi przytoczonymi w rozdziale 11 księgi III *Obrotów* od I olimpiady do 1 r. n.e. upłynęło 775 lat egipskich, 12 ½ dni. W rachubie kalendarza juliańskiego okres ten równa się 774 lata 184 ½ dni, tj. 193 olimpiady, 2 lata i 184 ½ dni, o dziesięć dni mniej niż wartość podana w autografie *Obrotów* (k. 118).

Str. 188,8. Dyrrhachium, obecnie Durresi w Albanii, nad Morzem Adriatyckim, leży o ½° na zachód od południka krakowskiego. J. Wasiutyński (*Mikołaj Kopernik*, Warszawa 1938, s. 144) zwrócił uwagę, że wzmianka o Dyrrhachium mogła być reminiscencją z okresu padewskich studiów Kopernika. W Padwie wykładał wówczas słynny humanista Leonico Tomeo, pochodzący z Albanii.

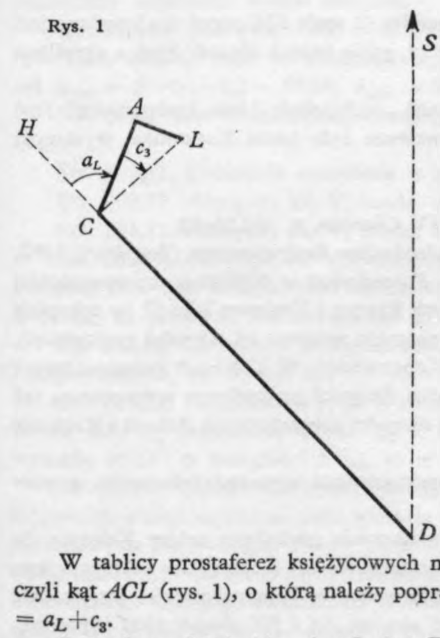
Str. 188,17. Zakłócenie ruchu Księżyca, na skutek którego Księżyc odchyla się od swego średniego położenia, osiągając maksimum $\pm 1°20'$ w pierwszej i ostatniej kwadrze, odkryte zostało przez Ptolemeusza (*Almagest*, ks. V, rozdz. 3).

Str. 189,33. Obserwacja Hipparcha z 10 Pauni 197 r. ery Aleksandra (7 lipca 127 przed n.e.) podana jest w *Almageście*, ks. V, rozdz. 5; Heiberg, I, s. 374–375, wyd. 1515 r., k. 49v.

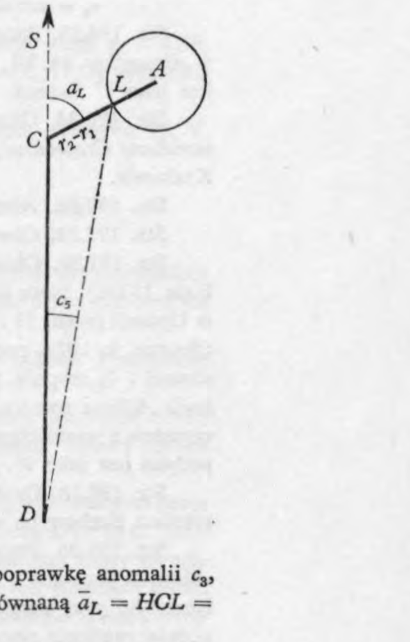
Str. 189,42. Współrzędne Rodos pochodzą z *Kosmografii* Ptolemeusza. Kopernik dysponował egzemplarzem tego dzieła, wydanym z Ulm w 1486 r. (Hain, obecnie w bibliotece uniwersyteckiej w Uppsali, sygn. 32 : 9).

Str. 195,23. Oznaczmy: c_3 – prostafereza II epicykla, c_4 – minuty proporcjonalne, c_5 – prostafereza I epicykla, c_6 – przyrost I epicykla. Z tablic przy rozdziale 4 księgi IV otrzymujemy m_L — średni ruch Księżyca w elongacji, a_L – ruch anomalii oraz b_L – ruch w szerokości.

Rys. 1



Rys. 2



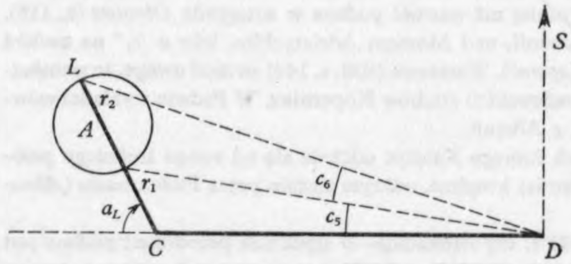
W tablicy prostaferez księżycowych na podstawie argumentu 2 m_L otrzymujemy poprawkę anomalii c_3, czyli kąt ACL (rys. 1), o którą należy poprawić anomalię a_L, aby otrzymać anomalię wyrównaną $\bar{a}_L = HCL = a_L + c_3$.

Prostafereza I epicykla c_5 jest funkcją $\bar{a}_L$ i przedstawia kąt, o jaki Księżyc odchyla się od położenia średniego przy $CL = r_1 - r_2$, a więc w syzygiach (rys. 2), gdy $m_L = 0°; 180°$. Przyrost c_6 jest różnicą między tym odchyleniem a położeniem Księżyca przy $CL = r_1 + r_2$, a więc w pierwszej i ostatniej kwadrze (rys. 3), gdy $m_L = 90°; 270°$.

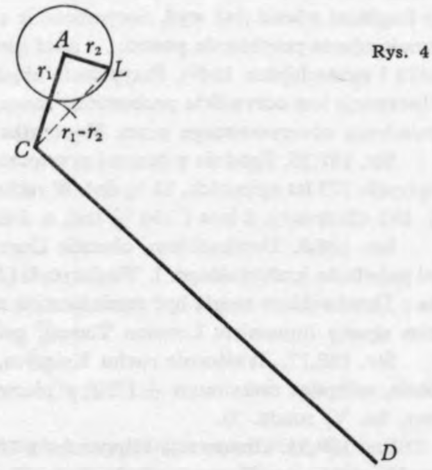
Dla pośrednich położeń Księżyca wartość odchylenia oblicza się mnożąc przyrost c_6 przez wyrażony w układzie sześćdziesiątkowym współczynnik c_4, będący funkcją $2\,m_L$: $c_4 = \dfrac{CL-(r_1-r_2)}{2r_1}$ (rys. 4).

Odchylenie kątowe Księżyca względem promienia wiodącego deferentu wynosi $x = c_5 + c_4 c_6$. Rzeczywista odległość kątowa Księżyca od słońca średniego równa się $m_L + c_5 + c_4 c_6$, a długość ekliptyczna Księżyca $\lambda_L = l_{\odot} + m_L + c_5 + c_4 c_6$.

Rys. 3



Rys. 4



Maksymalne wartości funkcji ujętych w tablicy prostaferez określone są przyjętymi przez Kopernika względnymi rozmiarami kół, które tworzą orbitę Księżyca:

$$DC = R = 10000; \qquad CA = r_1 = 1097; \qquad AL = r_2 = 237.$$

Jest więc: $c_3 = \arcsin r_2/r_1 = 12°28'$ dla $2\,\mathrm{m}_L = 78°$,

$c_5 = \arcsin (r_1 - r_2) : R = 4°56'$ dla $\bar{a}_L = 95°$,

$c_6 = \arcsin (r_1 + r_2) : R - c_5 = 7°40' - 4°56' = 2°34'$.

Str. 196,33. Zaćmienie Księżyca z 28 Phamenoth 150 r. Aleksandra (1 maja 174 przed n.e.) podane jest w *Almageście*, ks. VI, rozdz. 5; Heiberg, I, s. 477, wyd. 1515 r., k. 63v, gdzie jednak długość Słońca określona jest jako 7° Barana.

Str. 196,34. Określenie długości geograficznej miejsca obserwacji „pod południkiem krakowskim" *(sub meridiano Cracoviensi)* nie oznacza oczywiście, że zaćmienie obserwowane było przez Kopernika w samym Krakowie.

Str. 197,26. *Almagest*, ks. IV, rozdz. 9.

Str. 197,28. Obserwacja ta omówiona była w rozdz. 5 księgi IV *Obrotów*, s. 182,26–32.

Str. 197,39. Obserwację tę zanotował Kopernik również w *Kalendarium* Regiomontana (Augsburg 1492, Hain 13781). Nota Kopernika znajduje się na k. 131 egzemplarza *Kalendarium* w bibliotece uniwersyteckiej w Uppsali (sygn. 33 : 217). Określenie różnicy długości geograficznych Rzymu i Krakowa jako 5° (w rękopisie *Obrotów*, k. 124v, poprawione z pierwotnie napisanego 6°) odbiega znacznie zarówno od wartości rzeczywistej, równej 7 ½ stopnia, jak i od wartości w źródłach współczesnych Kopernikowi. W *Tablicach astronomicznych króla Alfonsa* różnica ta wynosi $40^m = 10°$. Przyjęte przez Kopernika długości geograficzne sprzeczne są też wyraźnie z wartościami w rozdz. 27 księgi IV *Obrotów*, gdzie różnica długości geograficznych Bolonii i Krakowa podana jest jako 9°.

Str. 198,18. Drobne nieścisłości w rachunku wynikły z niekonsekwentnego wprowadzenia zmian w wartościach liczbowych w rękopisie *Obrotów* (k. 125).

Str. 199,36. Przytoczone na początku niniejszego rozdziału wyznaczenie nachylenia orbity Księżyca do ekliptyki pochodzi z *Almagestu*, ks. V, rozdz. 12. Na tekście tym wzorował się też Kopernik w dalszym ciągu rozdziału, przy opisie przyrządu paralaktycznego *(triquetrum)*. Zastosowany w kopernikowskim przyrządzie podział ramienia pomiarowego *AC* na 1414 jednostek, przy długości ramion *AZ* i *BZ* równej 1000 jednostek, pozwala na bezpośredni odczyt cięciwy kąta mierzonej odległości zenitalnej *z*. Sam przyrząd, wykonany przez Kopernika z drewna jodłowego, znajdował się we Fromborku jeszcze w 40 lat po śmierci astronoma. W roku 1584 przybył do Fromborka Elias Morsing, asystent Tychona Brahego, wysłany przez niego dla dokonania pomiaru szerokości geograficznej Fromborka. Trójkąt paralaktyczny Kopernika został wtedy ofiarowany przez kanoników warmińskich Tychonowi Brahemu i po przewiezieniu do Danii umieszczony w obserwatorium na wyspie Hven. W wieku XVII, wraz z rozproszeniem instrumentarium Tychona Brahego, przyrząd ten zaginął.

Str. 200,25. Obserwacja Ptolemeusza z 13 Athyr 20 r. Hadriana (1 października 135), *Almagest*, ks. V, rozdz. 13; Heiberg, I, s. 408–409, wyd. 1515 r., k. 54, gdzie jednak długość Księżyca podana jest jako 3°10′ Koziorożca, nie zaś, jak u Kopernika, 3°9′.

Str. 201,10. 27 września 1522. Obliczona w w. 22 paralaksa Księżyca wynosiła w momencie obserwacji 54′ (wobec 50′ wg Kopernika, w. 22). Kamieński. o.c., s. 101.

Str. 201,28. 7 sierpnia 1524. Rzeczywista paralaksa wynosiła w momencie obserwacji 58′ (Kamieński, o. c., s. 103). W rękopisie *Obrotów* (k. 126v) zapisane były pierwotnie inne wartości: odległość zenitalna obserwowana (topocentryczna) $z' = 81°43' \frac{1}{2}$, szerokość Księżyca $\beta = -26\ 23'$, odległość zenitalna (geocentryczna) $z = 80°42'$, paralaksa Księżyca $\pi = 1°1\ \frac{1}{2}'$. Już po napisaniu początku następnego rozdziału wartości te zostały przez Kopernika skreślone i zastąpione podanymi w tekście: $z' = 82°$, $\beta = -26°36'$, $z = 80°55'$, $\pi = 1°5'$ (por. s. 202.23).

Str. 202,23. Wartości $DAE = z'$, $ACE = z$, $AEC = \pi$ zostały zmienione przez Kopernika w rękopisie (k. 127v) zgodnie z poprawkami, dokonanymi w rozdziale poprzednim. Zmiany te są jednak sprzeczne z wynikiem obliczeń, przeprowadzanych w omawianym obecnie fragmencie tekstu. W wersji I, przed wprowadzeniem poprawek, w trójkącie CAE kąt DAE, tj. odległość zenitalna z', równał się $81°43' \frac{1}{2}$, kąt $ACE = z = 80°42'$, kąt $AEC = \pi = 1°1' \frac{1}{2}$. Wpisując trójkąt ACE w koło otrzymujemy na podstawie twierdzenia sinusów $EC = 98957$, $AC = 1774$, skąd odległość Księżyca d (wyrażona w promieniach Ziemi AC) $= EC/AC = 56;\ 42$.

Wspomniane już wniesione przez autora skreślenia i poprawki dały II wersję: $z' = 82°$, $z = 80°55'$, $\pi = 65'$. Wynika stąd $EC = 99027$, $AC = 1891$ i odległość Księżyca $d = 52;22$.

Zaznaczyć trzeba, że w norymberskim pierwodruku *Obrotów* znalazł się inny zestaw danych, nie potwierdzonych w rękopisie dzieła: $z' = 81°55'$, $z = 80°55'$, $\pi = 60'$, $EC = 99006$, $AC = 1747$ oraz $d = 56;\ 41$ (z dzielenia 99006 : 1747 wynika zresztą $d = 56;\ 40$). W dalszym ciągu księgi IV *Obrotów* Kopernik wykorzystuje wynikającą z I wersji odległość Księżyca równą 56;42 promieni Ziemi (powtarza się ona już, bez żadnych poprawek, w w. 38-39). Należy więc przyjąć, że zmiany w opisie obserwacji z 7 sierpnia 1524 r. zostały ostatecznie przez autora odrzucone, chociaż w rękopisie nie przywrócono pierwotnie zapisanych wartości.

Przypomnieć trzeba, że użyta przez Kopernika, a wzorowana na Ptolemeuszu, metoda wyznaczania paralaksy Księżyca jest wysoce zawodna, a dokładność wyznaczenia paralaksy fikcyjna, wbrew stwierdzeniu z końca niniejszego rozdziału *Obrotów* (s. 203,5–6). Już uwzględnienie refrakcji wynoszącej (refrakcja średnia) około 7′, zmieniłoby zasadniczo wyniki obliczeń.

Str. 202,46. Jest więc $ED = R = 60;18$, $DF = r_1 - r_2 = 5;11$, $DG = r_1 + r_2 = 8;2$, skąd $r_1 = 6;36$, $r_2 = 1;25$. Mamy więc w kwadrach $d_{max} + R + r_1 + r_2 = 68;19$, $d_{min} = R - (r_1 + r_2) = 52;17$, w syzygiach zaś $d_{max} = R + (r_1 - r_2) = 65;19$, $d_{min} = R + (r_1 - r_2) = 55;07$.

Str. 203,2. Jest to maksymalna odległość Księżyca w syzygiach według Ptolemeusza, *Almagest*, ks. V, rozdz. 13.

Str. 203,22. Zaćmienia omówione w przykładzie są fikcyjne.

Str. 203,37. *Almagest*, ks. V, rozdz. 14.

Str. 204,17. *Almagest*, ks. V, rozdz. 15.

Str. 204,39. *Elementy*, ks. VI, twierdzenie 2: „Prosta równoległa do boku trójkąta dzieli proporcjonalnie pozostałe boki tego trójkąta. Jeśli natomiast dwa boki trójkąta podzielone są proporcjonalnie przez przecinającą je prostą, to prosta ta jest równoległa do pozostałego boku trójkąta".

Str. 205,16. Informacja o wyznaczeniach Albattaniego pochodzi z *Epitoma in Almagestum* Peuerbacha i Regiomontana, ks. V, tw. 21.

Str. 205,19. Przypomnijmy, że w rozdz. 16 księgi III (s. 154,27–28) Kopernik określił mimośród orbity Słońca jako $^1/_{31}$ promienia, wobec $^1/_{24}$ w czasach Ptolemeusza. Jeśli więc pozorna średnica kątowa Słońca wynosiła 31′21″ w odległości $1\,^1/_{24}$, to w odległości $1\,^1/_{31}$ wyniesie ona 31′36″ = 31′40″.

Str. 205,33. Zmiana stosunku promieni stożka cienia i Księżyca (z 13 : 5 na 403 : 150), wprowadzona przez Kopernika w niniejszym rozdziale, spotkała się w przeszło 400 lat po napisaniu *Obrotów* z surową krytyką O. Neugebauera (*On the Planetary Theory ...*, s. 101). Zdaniem Neugebauera, *conveniently doctored data* miały na celu utrzymanie przyjmowanych przez Ptolemeusza odległości w systemie Słońce – Ziemia – Księżyc. Kopernik chciał więc uniknąć zbytniego zwiększenia odległości Słońca od Ziemi, co byłoby *rather unpleasant for a heliocentric system, which had to face the absence of any fixed-star parallax*. Nie wydaje się, aby ten ostatni argument mógł być decydujący dla Kopernika przy rozstrzyganiu szczegółowych zagadnień. Dostatecznie mocno wyraził on już w księdze I (rozdz. 6 i 10) przekonanie o niewspółmierności rozmiarów sfery gwiazd stałych i układu planetarnego.

W autografie *Obrotów* obliczenie odległości Księżyca i Słońca napisane zostało w dwóch wersjach. Zmiany i poprawki obejmujące również stosunek cienia do tarczy Księżyca, określany kolejno jako 79 : 30 oraz 403 : 150, ciągną się w rękopisie aż do rozdziału 23, aczkolwiek ostateczny rezultat obliczenia, odległość Słońca równa 1179 promieni ziemskich, zapisana została w rozdz. 21 i 23 bez żadnych skreśleń i poprawek. Pierwsza wersja określała tę odległość na 1572 (rękopis k. 132).

W obliczeniach Kopernika tkwi jednak błąd, który nie pozostaje bez znaczenia dla wywodów rozdz. 23. Otóż obliczenia Kopernika, wzorowane na schemacie z *Almagestu*, przeprowadzone zostały dla odległości Księżyca równej 62 promienie Ziemi, a więc dla odległości, której pozorne kątowe średnice Księżyca i Słońca są równe sobie i wynoszą 31′40″, nie zaś dla maksymalnej odległości Księżyca równej 65; 30 (pozorna średnica tarczy księżycowej 30′). Tak obliczone rezultaty traktuje Kopernik w rozdz. 23 jako odnoszące się do maksymalnej odległości Księżyca w syzygiach.

Str. 206,37. W rękopisie 1 : $14^1/_5$.

Str. 207,18. W latach 1536–1541 przeprowadzał Kopernik obserwacje zaćmień Słońca, odnotowane w *Kalendarium* Regiomontana (k. D_{III}). Charakter obserwacji wskazuje, że mogły one mieć na celu przygotowanie materiałów do dalszych dociekań nad paralaksą Księżyca i Słońca (L. A. Birkenmajer, I, s. 554–556).

Str. 207,26. W rzeczywistości minimalna średnica stożka cienia wyznaczona została w rozdz. 19 nie dla największej odległości Księżyca ($KM = 65; 30$), lecz dla $KM = 62$.

Str. 207,36. Poprawki w rękopisie tego fragmentu (k. 131v) objęły wartości KM i MR, natomiast wynikająca z nich odległość Słońca – DK zapisana została od razu jako 1179. Jest to jeszcze jedna wskazówka świadcząca o tym, że rękopis *Obrotów* pisany był na podstawie brulionowych notatek, oraz że przynajmniej część występujących w nim skreśleń i poprawek przeniesiona została z poprzednich brulionów.

Str. 212,1. Wartości promienia cienia i jego zmian podano według wydania z 1543 r., w którym rubryki te poprawiono zgodnie z poprawkami w tekście, rozdz. 23 (s. 207, rękopis k. 131v).

Str. 216,11. Zakrycie α *Tauri* (Aldebaran) przez Księżyc odnotował Kopernik również w swym egzemplarzu *Kalendarium* Regiomontana, k. 92, z podaniem momentu koniunkcji jako $10^1/_3$ godz. Obserwacje Kopernika omawia krytycznie O. Neugebauer (*On the Planetary Theory*..., s. 100), zwracając uwagę, że jej pozytywny wynik jest rezultatem wzajemnego eliminowania się błędów w określeniu szerokości ekliptycznej Księżyca i gwiazdy.

Str. 216,21. Rzeczywista różnica długości geograficznych Bolonii i Krakowa wynosi 8°37′. *Tablice astronomiczne króla Alfonsa* podają 11°.

Str. 218,1. W rękopisie wartości funkcji tabularyzowanych oparte są na pierwotnej wersji tablic rozdziału 4. Uwzględniając wniesione w tamtych tablicach poprawki, podajemy tablicę w postaci przekazanej przez wydanie norymberskie z 1543 r.

Str. 223,2. Informacje o wartościach π przyjmowanych przez Archimedesa i Ptolemeusza pochodzą z *Almagestu*, ks. VI, rozdz. 7; Heiberg, I, s. 513, wyd. 1515 r., k. 68.

Str. 223,4. Zamiast „wycinkom *AEC* i *AIC*" winno być „połowom wycinków *AEC* i *AIC*".

Księga piąta

Str. 225,19. Wymienione tu greckie nazwy planet pochodzą z okresu hellenistycznego i pojawiają się w piśmiennictwie począwszy od III w. przed n.e. (por. Pauly-Wissowa, *Realencyclopaedie der classischen Altertumswissenschaft*, 40 Halbb., 1950, szp. 1030 i n.). Powołanie się Kopernika na *Timaios* Platona jest błędne. Prawdopodobnie wynikło ono z faktu, że hellenistyczne nazwy planet występują w komentarzu do *Timaiosa* Chalcidiusa. Komentarz ten dostępny był Kopernikowi już w okresie jego studiów krakowskich. Jako możliwe źródło informacji Kopernika wymienić można również cytowane parokrotnie w *Obrotach* dzieło Martianusa Capelli *De nuptiis Philologiae et Mercurii*.

Str. 226,12. *Almagest*, ks. IX, rozdz. 3.

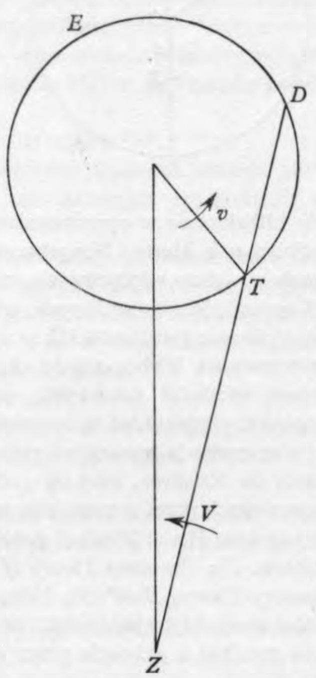
Str. 226,19. Określenie „ruch paralaksy" oznacza średnią prędkość kątową planety, mierzoną powrotami do tego samego położenia kątowego na sferze niebieskiej względem Słońca, a więc średnią prędkość w ruchu synodycznym. Szybkość ruchu komutacji v_c związana jest z szybkością kątową ruchu planety v_s (szybkość gwiazdowa) i szybkością kątową Ziemi v_T znaną zależnością $v_s + v_c = v_T$. Wynika stąd zależność między wyrażonymi w dobach okresami obiegu gwiazdowego T_s i synodycznego T_c planety $1/T_c = {}^1/_{365{,}25} - {}^1/T_s$.

Str. 226,39. Podane tu wartości dobowego i rocznego ruchu komutacji Wenus nie są zgodne między sobą. Dobowej szybkości równej 0°; 36, 49, 21 odpowiada szybkość 224°; 0, 58, 53, nie zaś, jak w tekście, 225°; 1, 48, 54, 30.

Str. 234,1. Obie tablice ruchu Wenus uwzględniają poprawkę wniesioną przez Kopernika w autografie (k. 147), zgodnie z wyd. norymberskim.

Str. 238,5. Przedstawienie poglądów „starożytnych astronomów" oparte jest na wykładzie Ptolemeusza w *Almageście*, ks. V, rozdz. 2.

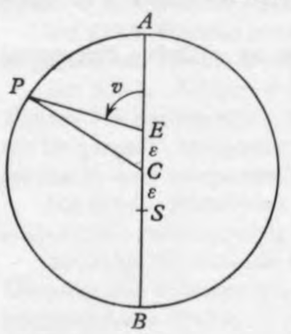
Str. 238,28. *Obroty*, ks. IV, rozdz. 2, s. 172.



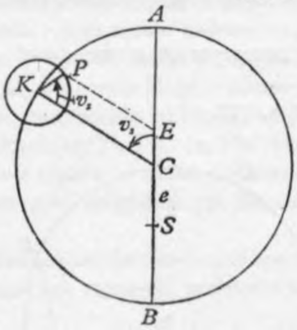
Str. 239,14. Apollonios z Pergi, działający w II połowie III w. przed n.e., autor fundamentalnego dzieła o przecięciach stożkowych. W astronomii imię Apolloniosa związane jest z wprowadzeniem epicykli dla wyjaśnienia zjawisk ruchu planet. Twierdzenie Apolloniosa, do którego odwołuje się tu Kopernik, znane mu było z *Almagestu*, ks. XII, rozdz. 1. Twierdzenie to głosi, że w ruchu planety po epicyklu *E*, przy szybkości planety na obwodzie epicykla *v* i przy szybkości *V* ruchu epicykla wokół punktu *Z* istnieje takie położenie w punkcie *T*, określone zależnością $\frac{1}{2}\, TD : ZT = v : V$, przy którym szybkość kątowa planety obserwowanej z punktu *Z* równa się zeru (por. poniższy rysunek).

Str. 240,31. Stwierdzenie Kopernika o starożytnych matematykach, głoszących, że planeta zakreśla w swym ruchu „doskonałe koło", zostało zakwestionowane przez O. Neugebauera (*On the Planetary Theory*..., s. 89–103). W istocie jednak ruch planety, według schematu Ptolemeusza, przy odpowiednim przekształceniu do układu heliocentrycznego, odbywa się właśnie po kolistym deferencie. Niejednostajna szybkość tego ruchu realizowana jest poprzez konstrukcję ekwantu, nie zaś, jak u Kopernika, poprzez dodatkowy epicykl „z niedostrzegalną różnicą" deformujący „doskonałe koło" deferentu.

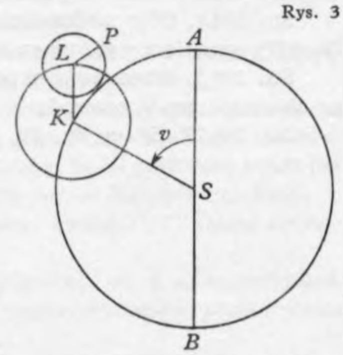
Str. 240,45. Ptolemeuszowski model orbity planetarnej w odniesieniu do ruchu heliocentrycznego sprowadza się do koła o promieniu CP ze Słońcem S i punktem równania (ekwantem) E położonymi symetrycznie względem środka C w odległości ε (rys. 1). Miarą jednostajnego ruchu planety jest kąt $v_s = AEP$. W rozwiązaniu Kopernika środek epicykla K porusza się z jednostajną szybkością kątową wokół środka C, oddalonego od Słońca o wielkość mimośrodu e (rys. 2). Wokół punktu K po obwodzie epicykla porusza się (w kierunku przeciwnym) planeta P, przy czym stale $\sphericalangle PKC = \sphericalangle ACK$. Odkładając na linii absyd AB odcinek CE równy promieniowi epicykla r otrzymujemy punkt E, dla którego $\sphericalangle AEP = \sphericalangle ACK = v_s$. E spełnia więc rolę ptolemeuszowskiego punktu równania. Przyrównując ekstremalne odległości planety od Słońca w obu modelach (Ptolemeusza i Kopernika) otrzymamy na linii absyd $R \pm \varepsilon = R \pm (e-r)$, a więc $\varepsilon = e - r$; dla $v_s = 90°$ $2\varepsilon \approx e+r$; a więc $e = {}^3/_2\varepsilon$ oraz $r = {}^1/_2\varepsilon$, czyli $r : e = 1 : 3$. Warunek ten odnajdujemy już w najwcześniejszych notatkach Kopernika dotyczących rozmiarów kręgów planetarnych (przy *Tabulae directionum* Regiomontana, w egzemplarzu należącym do Kopernika, obecnie w bibliotece uniwersyteckiej w Uppsali).



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3

Zależności powyższe omawiane były kilkakrotnie w opracowaniach na temat historii teorii planetarnych, m. in. w cytowanych już opracowaniach Frischaufa, Herza i Neugebauera. W obu modelach błąd przedstawienia anomalii prawdziwej planety, w porównaniu z ruchem eliptycznym o mimośrodzie e, wynosi maksymalnie ${}^1/_4\varepsilon^2$. Równoważne rozwiązanie wprowadził Kopernik jeszcze w *Zarysie*, umieszczając środek deferentu w Słońcu i zastępując mimośród e odpowiednim epicyklem o promieniu $KL = e$ (rys. 3). Geometrycznie oczywiście oba rozwiązania kopernikowskie są ściśle równoważne. Wybór układu ekscentryczno-epicyklicznego wiąże się ze stwierdzonymi przez Kopernika zmianami wielkości mimośrodu orbit planetarnych. Zachowując dwuepicykliczny układ z *Zarysu*, musiałby Kopernik uwzględniać te zmiany przez zmianę promienia epicykla KL. Zadanie zastąpienia ekwantu odpowiednim zestawem jednostajnych ruchów kołowych rozwiązywane było i przed Kopernikiem. Podobnie jak w odniesieniu do Księżyca, miał on prekursorów w astronomach Islamu XIII i XIV w. Spośród kilku rozwiązań proponowanych przez astronomów szkoły Nasir-ad Dina a Tusi w Maragha, jedno, którego autorem był damasceński astronom Ibn al-Shatir (I połowa XIV w.), identyczne było z rozwiązaniem Kopernika (E. S. Kennedy, V. Roberts, *The Planetary Theory of Ibn al-Shatir*, „Isis", 50, 1959, s. 227–235; E. S. Kennedy, *Late Medieval Planetary Theory*, „Isis", 57, 1966, s. 365–378, gdzie dalsze informacje bibliograficzne). Nie istnieją przesłanki, które pozwoliłyby stwierdzić, że Kopernik znał choćby pośrednio pisma al-Shatira. Zbieżność rozwiązań zdaje się wynikać z przyjęcia przez obu autorów podobnych warunków zadania.

Str. 241,17. Por. rozdz. 16 i 22 niniejszej księgi, s. 264-265 i 271.

Str. 242,12. *Almagest*, ks. XI, rozdz. 5; Heiberg, II, s. 392, wyd. 1515 r., k. 122v. W rękopisie błędna nazwa miesiąca, Mechir, powtórzona za Ptolemeuszem.

Str. 242,15. Rzeczywista różnica długości geograficznych Aleksandrii i Krakowa wynosi niecałe 10°. Współczesne Kopernikowi wydania *Tablic astronomicznych króla Alfonsa* różnicę tę określały na 7°.

Str. 242,19. *Almagest*, ks. XI, rozdz. 5; Heiberg, II, s. 392–393, wyd. 1515 r., k. 122v. Ptolemeusz określa długość Saturna jako 1°13′ Wagi, tj. 181°13′. W stosowanym przez Kopernika systemie liczenia długości ekliptycznych od γ Arietis *(ad fixarum stellarum sphaeram)* wartość ta ulega zmniejszeniu o 6°33′ (długość γ Ari dla epoki obserwacji, tj. dla 127 r.): 181°13′-6°33′ = 174°40′. Analogicznie przebiega rachunek w odniesieniu do innych obserwacji cytowanych w *Obrotach*. E. Zinner (*Entstehung* ..., s. 510) niesłusznie przeto uznał te obliczenia za przykłady błędów rachunkowych.

Str. 242,24. *Almagest*, ks. XI, rozdz. 5.

Str. 243,14. W rękopisie (k. 153) skreślono porównanie: „jak to się dzieje w kwadraturze koła i wielu innych problemach".

Str. 243,18. Przybliżone wyznaczenie wielkości mimośrodu i kierunku linii absyd planety sprowadza się do geodezyjnego zadania Snelliusa-Pothenota (wcięcie wstecz). Zadanie to da się rozwiązać ściśle na podstawie obserwacji trzech opozycji, przy upraszczających założeniach, a więc bez uwzględnienia konstrukcji ekwantu (w schemacie ptolemeuszowskim) względnie bez małego epicykla unoszącego planetę (w modelu Kopernika). Następnie w drodze iteracji rozwiązuje się zadanie w odniesieniu do pełnej konstrukcji orbity. Kopernik pomija w swym wykładzie omówienie tego typu obliczeń, w przeciwieństwie do Ptolemeusza, który referuje (np. *Almagest*, ks. X, rozdz. 7, ks. XI, rozdz. 1 i 5) cały tok rozwiązania.

Str. 243,21. W rękopisie $DF = 1016$ zamiast $DF = 1139$. Błąd Kopernika w autografie dzieła (k. 152) nie wpłynął na dalszy tok obliczeń. Ptolemeuszowską wartość mimośrodu $DF = 1139$ rozłożył Kopernik na nowy mimośród $DE = {}^3/_4\ DF = 854$ oraz promień epicykla równy ${}^1/_4\ DF = 285$.

Str. 244,17. Por. s. 243,19 - gdzie łuk FB określony został jako 18°37′.

Str. 245,17. Por. Kamieński, o. c., s. (95 obserwacja z 5 maja 1520), s. 99 (13 lipca 1520) i s. 105 (10 października 1527). Momenty wyznaczonych przez Kopernika opozycji Saturna były dwukrotnie poprawiane w rękopisie *Obrotów*. Jednakże następujący bezpośrednio po opisie obserwacji rachunek, obliczenie interwałów między poszczególnymi opozycjami, prowadzony był od razu w oparciu o momenty opozycji ich ostatecznej wersji. Pozwala to stwierdzić, że tekst pisany był na podstawie brulionowych notatek. Błędy i poprawki wnoszone do rękopisu nie miały tutaj wpływu na poprawność dalszych wywodów.

Datę trzeciej opozycji (10 października 1527) zakwestionował niesłusznie Zinner, *Entstehung*..., s. 208-209. Momenty opozycji planety mógł Kopernik ustalać jedynie rachunkowo, na podstawie obserwacji dokonywanych w okresie kilku nocy następujących i poprzedzających po ścisłym momencie opozycji. Argument Zinnera, że w dniu 10 października niemożliwe było wykorzystanie pośredniczącej obserwacji Księżyca, jest więc nieistotny, a proponowana przez niego data 10 listopada 1527 r. pociągałaby za sobą niewytłumaczalną rozbieżność z poprzednimi obserwacjami.

Str. 246,41. Jest więc $r^2 = FH^2 = CD \times DE + FD^2$.

Str. 249,11. Analogiczną wartość położenia apogeum Saturna 240°21′ odnotował Kopernik z datą 1527 ♏ 7 = 21 października 1527 r. w „Raptularzyku uppsalskim", tj. w swych notatkach przy *Tabulae directionum* Regiomontana, k. 15.

Str. 250,10. Odkrycie przez Kopernika zmiany położenia absyd orbit planetarnych zarówno Saturna, jak i innych planet, jest rezultatem konsekwentnego, planowanego programu obserwacyjnego. Obserwacja trzech opozycji planety umożliwiła, niezależnie od Ptolemeusza, ustalenie położenia orbity. Szybkość ruchu linii absyd Saturna określona przez Kopernika jako +1° w ciągu stulecia wynosi w rzeczywistości +0°,6.

Str. 250,43. Są to gwiazdy δ i π Niedźwiadka.

Str. 251,2. W rękopisie błędnie „77 dni".

Str. 251,18. W rękopisie (k. 158): 40°10′; wartość 41°10′ stosuje Kopernik w dalszym ciągu obliczeń.

Str. 252,8. W rękopisie błędnie $HL = 116°33′$ oraz (w. 10) $LIK = 67°31′$, co poprawiono w amsterdamskim wydaniu *Obrotów* z 1616r.

Str. 252,15. Według Ptolemeusza w *Almageście*, ks. XI, rozdz. 6, promień orbity Ziemi wynosi 6;30.

Str. 252,32. Obserwacje Ptolemeusza pochodzą z *Almagestu*, ks. XI, rozdz. 1; Heiberg, II, s. 360, wyd. 1515 r., k. 118.

Str. 252,40. Winno być: 7°54′ Ryb.

Str. 254,25. W rękopisie 154°30′ (k. 160). Wartość 154°22′ podaje sam Kopernik w dalszym ciągu tekstu, s. 254,36.

Str. 254,43. Obserwację tę omawia M. Kamieński (o. c., s. 98-99).

Str. 254,45. Tamże, s. 104-105.

Str. 256,9. Przyczynę niepowodzenia powyższego rachunku wskazał A. Pannekoek, *A remarkable place in Copernicus' «De revolutionibus»*, „Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands", 10, 1945, s. 68. Otóż rozwiązując trójkąt CDE (s. 255,20-21) Kopernik pomylił kąty C i E, błędnie wskutek tego obliczając stosunek boków $CE : DE = 18150 : 10918 = 1{,}662$ zamiast poprawnego 1,709. Poprawnie wykonany rachunek prowadzi do wartości mimośrodu $FD = 0{,}0945$ zamiast, jak u Kopernika, 0,1193, oraz kąta $DFK = 22°46′$ (zamiast 36°35′). Wynikają stąd odległości obserwowanych miejsc Jowisza od apogeum: A : 45°15′, B : 65°55′, C : 48°55′. W następnym fragmencie rozdziału Kopernik sumarycznie przypisuje błędny rezultat niedostatkom, przybliżonego rachunku. Uwaga o rozbieżności pierwszego przybliżenia i ostatecznego rachunku u Ptolemeusza i w *Obrotach* odnosi się do wartości mimośrodów: dla Saturna wstępny rachunek w *Almageście* dał 0;7,8, ostateczny zaś 0; 6,50; w *Obrotach* (rozdz. 6 ks. V) odpowiednio 1200 i 1139. Dla Jowisza Ptolemeusz otrzymał kolejno 0;5,23 i 0;5,30, Kopernik 1193 i 916.

Str. 257,45. Apogeum Jowisza jako 159° odnotował Kopernik również w „Raptularzyku uppsalskim" (przy *Tabulae directionum*) z datą 1529 ≏ 27° = 10 października 1529.

Str. 258,15. W przekładach *Obrotów*: niemieckim Menzzera i rosyjskim Viesielovskiego błędnie 1267 zamiast 1274 (w oryginale *Obrotów*: *milies bis centies bisque trigesies septies*). Obliczenie ruchu paralaktycznego Jowisza przy użyciu tablic ruchu paralaktycznego Jowisza (s. 230) daje dla podanego w tekście interwału istotnie 1274 obiegi Jowisza z nadwyżką 1°5'47".

Str. 258,19. Ruch linii absyd Jowisza wynosi więc według Kopernika +0°, 3 na stulecie wobec rzeczywistej szybkości gwiazdowej +0°, 2.

Str. 258,40. Kamieński, o. c., s. 98.

Str. 258,42. β Niedźwiadka.

Str. 259,24. Poprawnie: „Między *BDA* (ruch średni) i *FEB* (ruch prawdziwy)".

Str. 260,46. Obserwacje Ptolemeusza, datowane 15.XII. 130, 21.II.135 i 27.V.139, zawarte są w *Almageście*, ks. X, rozdz. 7; Heiberg, II, s. 322, wyd. 1515 r., k. 112v. Przy opisie ostatniej obserwacji Kopernik poprawił (rękopis k. 164v) błędnie w wydaniu z 1515 r. zapisaną długość planety 2°33' na 2°34'.

Str. 261,24. W rękopisie omyłkowo 138°. Zwrócili na to uwagę wydawcy toruńscy, uzupełniając jednak błędnie wartość kąta na 138°26' (*Obroty*, wyd. 1873, s. 492, nota do s. 355, 22). Kąt *ADE* jest dopełnieniem do 180° *ADF*, określonego wyżej (w. 19) jako 41°33'.

Str. 262,13. W rękopisie błędnie *EBM* = 45°13'.

Str. 262,19. W autografie omyłkowo *CED* = 37°39' zamiast 128°57'; błąd ten nie występuje zresztą w dalszym ciągu rachunku.

Str. 262,31. Wbrew stwierdzeniu L. A. Birkenmajera (I, s. 185), poprawki wartości położenia apogeum Marsa (rękopis k. 165v) są wynikiem pomyłek w zapisie i nie mają związku z zapisaną na marginesie katalogu gwiazd (rękopis k. 60), pochodzącą od Ptolemeusza wartością 109°50'.

Str. 262,37. Jest bowiem *DCE* = 6°42' (s. 262,19), *CEB* = 1°52' oraz 6°42'+1°52' = 8°34'.

Str. 263,9. Kamieński, o. c., s. 94.

Str. 263,11. Tamże, s. 101–102.

Str. 264,46. Ruch linii absyd Marsa wynosi więc według Kopernika +0°, 8 na stulecie (rzeczywisty +0°, 4).

Str. 265,3. Związek między zmiennością mimośrodów poszczególnych planet stwierdza Kopernik przyjmując, że zmiana mimośrodu Marsa (i, jak zobaczymy niżej, Wenus) jest wynikiem zmniejszenia się mimośrodu Ziemi. Jest to nawiązanie do zapowiedzi z zakończenia rozdz. 25 księgi III, rozstrzygnięcia kwestii, czy zmiana mimośrodu orbity Ziemi powodowana jest ruchem Słońca, czy ruchem środka jej deferentu. Tutaj sprawę tę rozstrzyga autor, stwierdzając zgodność między zmianą mimośrodu Ziemi w okresie od Ptolemeusza z $^1/_{24}$ na $^1/_{31}$ (tzn. o $^1/_{106}$ promienia deferentu Ziemi, przy długości aphelium 72°) oraz wynikającym z tej zmiany zmniejszeniem się mimośrodu Marsa o $^4/_{1000}$ promienia deferentu (tzn. w przybliżeniu o $^1/_{170}$ promienia orbity Ziemi, przy aphelium planety w długości 112°).

Str. 265,41. W rękopisie (k. 168r) niezgodnie z tablicą ruchu komutacji i z dalszym ciągiem tekstu 293°22'.

Str. 266,5. Wartość dla epoki Cezara wynosi, według poprawnego rachunku, 211°27'. W rękopisie *Obrotów* (k. 168) zapisał Kopernik 111°25'. Błąd ten, powstały prawdopodobnie na skutek opuszczenia cyfry „C", utrzymany został we wszystkich dotychczasowych wydaniach *Obrotów*.

Str. 266,11. Kamieński, o. c., s. 93–94.

Str. 268,14. *Almagest*, ks. X, rozdz. 1, skąd też zaczerpnięte są cytowane dalej obserwacje.

Str. 268,17. L. c., Heiberg, II, s. 296, wyd. 1515 r., k. 109.

Str. 268,23. L. c., Heiberg, II, s. 298, wyd. 1515 r., k. 109.

Str. 268,36. Obserwacja Theona przytaczana była w dostępnych Kopernikowi źródłach z rozbieżnymi datami. *Epitoma in Almagestum* podaje dla niej czwarty rok Hadriana (443 ery śmierci Aleksandra), *Almagest* zaś drugi rok Hadriana (ks. X, rozdz. 1, Heiberg, II, s. 297–298, wyd. 1515 r., k. 109–109v). Rzeczywistą datą obserwacji był dwunasty rok Hadriana. Kopernik oparł swój dalszy wywód na dacie podanej w *Epitoma*. Wynikający stąd błąd ośmiu lat, wobec znanej współmierności obiegów Ziemi i synodycznego ruchu Wenus (5 obiegów synodycznych w 8 latach), nie ma ujemnego wpływu na dalszy tok wywodów dotyczących określenia maksymalnej elongacji planety. Nie mają więc uzasadnienia negatywne wnioski, jakie co do skutków błędnego datowania obserwacji wyciągnęli E. Zinner (*Entstehung* ..., s. 209) i L. A. Birkenmajer (I, s. 10, 271, 292).

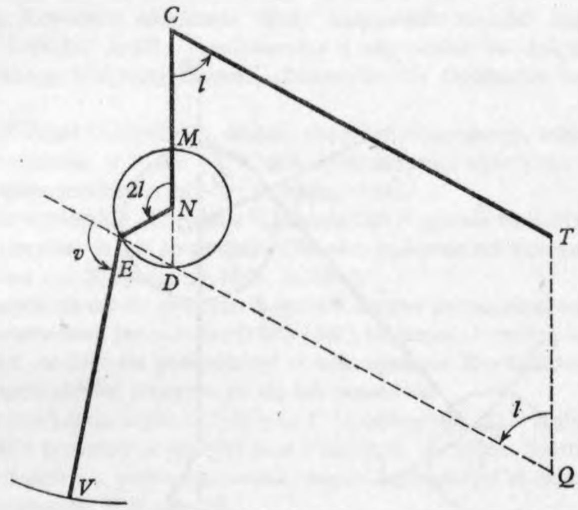
Str. 268,40. *Almagest*, ks. X, rozdz. 1; Heiberg, II, s. 298, wyd. 1515 r., k. 109v.

Str. 269,4. Obserwacje Theona z 21 maja 129 r. i Ptolemeusza z 18 listopada 136 r. (w tekście Kopernika błędna data *V Calendas Januarii*): *Almagest*, ks. X, rozdz. 2; Heiberg, II, s. 196–197, wyd. 1515 r., k. 109v.

Str. 269,43. Obserwacje Ptolemeusza z 18 lutego 134 r. i 18 lutego 140 r. pochodzą z *Almagestu*, ks. X, rozdz. 3; Heiberg, II, s. 303, wyd. 1515 r., k. 110.

Str. 270,10. Zamiast „pięciu szóstych" winno być: „jednej szóstej" stopnia.

Str. 271,14. Na rysunku poniższym oznaczają: C – środek orbity Ziemi, T – Ziemię, N – środek orbity Wenus, V – Wenus, NE, EV – promienie wodzące orbitalnych kół planety; l – średni ruch Ziemi (pozorny średni ruch Słońca), v – ruch komutacji Wenus.



Przyjmując $CT = 10000$ mamy $CM = MD = 208$, a więc $CN = 312$, $NE = 104$; $EV = 7193$. Stąd największy mimośród planety $CD = 416$, najmniejszy $CM = 208$. Jak widać z rysunku, punkt $Q(TQ \| CD, EDQ \| CT)$ spełnia rolę ekwantu dla ruchu punktu E względem Ziemi (Neugebauer, *On the Planetary Theory* ..., s. 95).

Str. 271,23. Obserwacja z 12 października 272 r. przed n.e., zapisana w *Almageście*, ks. X, rozdz. 4.

Str. 271,39. W rękopisie omyłkowo 144°4′ zamiast 147°4′ (112°6′+34°58′).

Str. 272,1. Jak zauważył Menzzer (*Kreisbewegungen* ..., przypis 428), poprawny rachunek winien brzmieć:

$$KLG = EFG - EFL + 180° = 72°5' - 1°21' + 180° = 250°44'.$$

Str. 272,4. Kamieński, o. c., s. 105–107. Obserwacja zakrycia Wenus przez Księżyc w dniu 12 marca 1529 r. jest najpóźniejszą obserwacją Kopernika zanotowaną w *Obrotach*.

Str. 272,28. Położenie aphelium Wenus równe 76°9′–332°11′ = 48°20′ pozostało według Kopernika nie zmienione w stosunku do wyznaczenia starożytnego (cytowanego s. 269, 15). Istotnie rzeczywisty ruch linii absyd Wenus (gwiazdowy) wynosi około +0°, 01 na stulecie. W notatkach przy *Tabulae directionum* zanotował Kopernik położenie apogeum Wenus jako 48°30′ z datą 1532 II 16 = 28 maja 1532.

Str. 273,4. Zmniejszenie mimośrodu CN z 312 na 246 odpowiada, przynajmniej jakościowo, efektowi wywołanemu przez zmianę położenia środka orbity Ziemi, podobnie do zmiany mimośrodu orbity Marsa (s. 264,47).

Str. 274,9. W rękopisie *Obrotów* rozdział ten zachował się w dwóch redakcjach. Dla ustalenia ruchu komutacji Wenus Kopernik wykorzystał pierwotnie obserwację Ptolemeusza z drugiego roku Antonina, dnia 29 (w *Obrotach*, k. 172, omyłkowo: 20) miesiąca Tybi, tj. z 16 grudnia 138 r., podaną w *Almageście*, ks. X, rozdz. 4 (Heiberg, II, s. 306–307, wyd. 1515 r., k. 110v).

Już po napisaniu początku następnego rozdziału zastąpił tę obserwację obserwacją Timocharisa. Skreśleniu uległy więc pierwsza połowa rozdziału (rękopis k. 172–173) oraz jego zakończenie (k. 174). Zastąpił je nowy tekst znajdujący się na k. 174v–175. Skreślona wersja prowadziła do wartości rocznego ruchu komutacji Wenus równej 3,45°; 1,50, 11, 15 i użytej pierwotnie w tablicach na s. 234–235. Tablice te dopiero w wydaniu norymberskim otrzymały postać zgodną z nową redakcją omawianego tu tekstu, a więc z użyciem ruchu rocznego równego 3,45°;1,45, 3,40.

Str. 274,10. Skreślona w rękopisie (k. 174v) wersja tego rozdziału opierała się na podanej pierwotnie w rozdz. 23 wartości rocznego ruchu komutacji.

Str. 274,19. Wartość dla epoki Cezara (70°26′) jest błędna: winno być 73°3′.

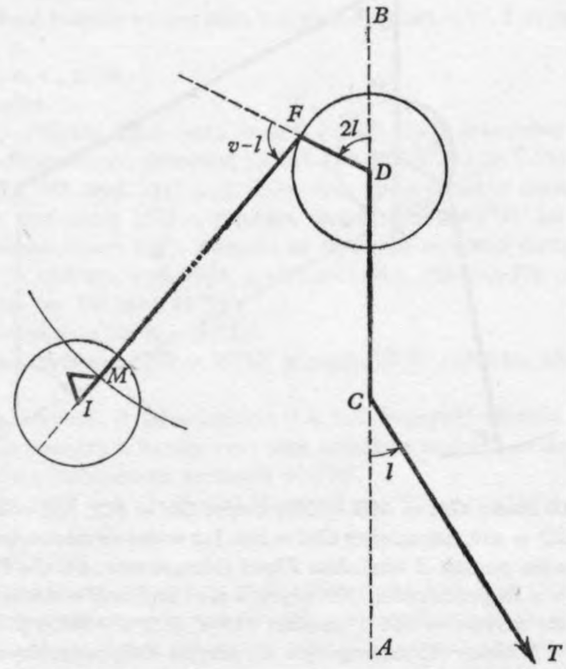
Str. 274,29. *Almagest*, ks. IX, rozdz. 8.

Str. 274,44. *Almagest*, ks. IX, rozdz. 6.

Str. 275,3. To krótkie sformułowanie precyzuje doskonale naczelne zamierzenie autora *Obrotów*: przyjmując ruchomość Ziemi wykazać, jak może być zrealizowany postulat jednostajności ruchu ciał niebieskich.

Str. 275,8. *Obroty*, ks. III, rozdz. 4, s. 120-121.

Str. 276,6. Opisany tu schemat orbity Merkurego przedstawia poniższy rysunek, na którym oznaczają: C - środek orbity Ziemi, T - Ziemia, M - Merkury, l - średni ruch Ziemi, v - ruch komutacji Merkurego, $FD = \frac{1}{3} CD$ (s. 278,21 i n.).



Str. 276,12. W rękopisie (k. 175v marg.) błędnie *HK* zamiast *LK*.

Str. 276,24. Część rozdziału, w tym i ostatni jego akapit, mają w rękopisie *Obrotów* postać marginesowych dopisków (k. 176v). Obejmują one przede wszystkim te partie tekstu, w których Kopernik mówi o wahadłowym ruchu planety po średnicy epicykla *KL*. Tekst przed uzupełnieniem opisywał planetę obiegającą ów epicykl, bez wzmianki o ruchu harmonicznym. Zdaniem A. Birkenmajera (*Trygonometria*..., s. 61–63), wzmianka obecna, nawiązująca do teorii ruchu planet w szerokości, powstała już w okresie pisania księgi VI *Obrotów*.

Str. 276,30. 4 czerwca 136 r., *Almagest*, ks. IX, rozdz. 7; Heiberg, II, s. 263, wyd. 1515 r., k. 104v.

Str. 276,32. W rękopisie pomyłkowo „lata Chrystusa", a więc lata juliańskie, zamiast „lata egipskie".

Str. 276,39. 2 lutego 141 r., *Almagest*, ks IX, rozdz. 7.

Str. 277,5. 3 października 134 r. oraz 5 kwietnia 135 r., *Almagest*, ks. IX, rozdz. 8: Heiberg, II, s. 270, wyd. 1515 r., k. 105v.

Str. 277,10. W zapisie daty (rękopis k. 177) popełnił Kopernik charakterystyczną omyłkę pisząc MCCCV zamiast poprawnego CXXXV. Świadczy to o przepisywaniu tekstu *Obrotów* z notatek, w których liczby zapisane były cyframi arabskimi. Tylko w takim zapisie możliwa jest pomyłkowa zamiana liczb 1305 i 135.

Str. 277,45. Obserwacja Theona z 4 lipca 130 r. *Almagest*, ks. IX, rozdz. 9; Heiberg, II, s. 275, wyd. 1515 r., k. 106r.

Str. 278,6. Obserwacja Ptolemeusza wykonana była w rzeczywistości w dniu 24 miesiąca Mesori, 8 lipca 139 r. (*Almagest*, l. c.). Datę 21 Mesori (= 5 lipca 139 r.) zaczerpnął Kopernik z weneckiego wydania *Almagestu* z 1515 r. (k. 106r).

Str. 279,26. *Elementy*, ks. XIII, tw. 12: „W trójkącie równobocznym wpisanym w koło kwadrat boku trójkąta równa się potrojonemu kwadratowi promienia koła". *Elementy*, ks. V, tw. 15: „Stosunek wielkości pozostaje ten sam, jeśli są one mnożone przez tę samą liczbę".

Str. 279,42. Obserwacje z 15 listopada 265 r. przed n.e. (19 Thoth 21 r. Ptolemeusza Filadelfa, czyli 60 r. Aleksandra) notuje *Almagest*, ks. IX, rozdz. 10; Heiberg, II, s. 288, wyd. 1515 r., k. 107v–108.

Str. 279,45. β i δ Skorpiona.

Str. 280,4. Szerokość gwiazdy δ Skorpiona podana tutaj ($-1°50'$) sprzeczna jest z innymi źródłami; zarówno w *Obrotach*, s. 99,39 (katalog gwiazd), jak i w *Almageście* jest ona określona jako $-1°40'$.

Str. 280,9. *Almagest*, l. c.

Str. 280,21. Uprzednio (rozdz. 27, s. 278.25) mimośród CI określony był jako 736.

Str. 280,27. Uprzednio (s. 278.25) promień małego koła $IF = 212$.

Str. 281,8. W czasach Kopernika określenie Wisły obejmowało również Zalew Wiślany, nad którym leży Frombork. Por. G. Labuda, *Źródła skandynawskie i anglosaskie do dziejów Słowiańszczyzny*, Warszawa 1971, s. 113; A. Kolberg, *Wulfstans Seekurs*, „Zeitschrift für Geschichte und Altertumskunde Ermlands", 1878, 6, s. 43.

Str. 281,19. Bernard Walther (1430–1504), bogaty obywatel Norymbergi, uczeń Regiomontana. Kontynuował jego działalność, wykonując w latach 1475–1504 systematycznie obserwacje astronomiczne, wyróżniające się m. in. użyciem zegara mechanicznego do pomiaru czasu.

Str. 281,22. Pierwotnie w rękopisie „13 i około $^2/_5$ stopnia", co Kopernik zmienił następnie na $12\frac{1}{2}°$. Obserwacja Walthera, ogłoszona drukiem w rok po wydaniu *Obrotów*, podawała też położenie Merkurego jako 13°23' (*Observationes XXX annorum* ..., Norymberga 1544, k. 38v).

Str. 281,29. Z nie dających się ustalić przyczyn Kopernik drugą i trzecią obserwację Merkurego, wykonaną przez Walthera, przypisał Schonerowi. Jan Schoner (1477–1547), astronom i astrolog, od 1520 r. działał w Norymberdze. Można przypuszczać, że Schoner pośredniczył w udostępnieniu Kopernikowi danych obserwacyjnych z Norymbergi, co mogło spowodować pomyłkę co do ich autorstwa.

Str. 281,32. Położenie Merkurego zapisane było jako $3°\,^1/_4$ (rękopis k. 181) i zmienione następnie na $3°\,^1/_3$. Pierwotny zapis zgodny jest z podanym przez Walthera 3°15' (cyt. z wydania Snelliusa, *Coeli et siderum in eo errantium Observationes Hassiacae ..., quibus accesserunt Ioannis Regiomontani et Bernardi Walteri Observationes Norimbergicae*, Lugduni Batavorum 1618, k. 42).

Str. 281,35. W rękopisie (k. 181) omyłkowo „Wodnika".

Str. 281,38. W rękopisie (k. 181), 26°55' (XXVI *cum deunce unius gradus*) poprawione z $26°\,\frac{1}{2}$ (XXVI *s.*). I tutaj pierwotny zapis zgodny jest z zapisem Walthera (*Coeli et siderum*..., k. 45). W norymberskim wydaniu *Obrotów* 26°6' (XXVI *cum decima unius gradus)* powstało skutkiem błędnego odczytania „deunce" jako „decima".

Str. 282,5. O. Gingerich (*The Mercury Theory from Antiquity to Kepler*, „XIII^e, Congrès International d'Histoire des Sciences, Actes", III A, Paris 1971, s. 57–64), porównując obserwacje norymberskie z tablicami astronomicznymi, opartymi na teorii Ptolemeusza, wykazał, że wszystkie trzy obserwacje cytowane w *Obrotach* przypadają na okresy, w których błąd teorii Merkurego jest bliski zeru. Obserwacje te nie mogły więc stanowić podstawy dla stworzenia zasadniczo nowej teorii ruchu planety. Zwiększenie dokładności efemeryd Merkurego, jakie dają *Obroty*, wynika z poprawienia parametrów średniego ruchu planety.

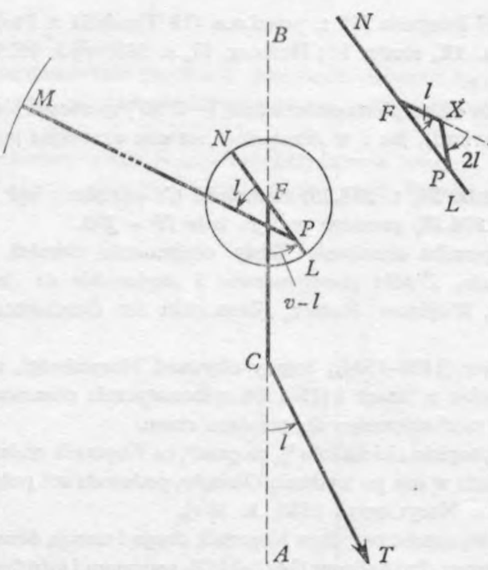
Str. 282,30. W rękopisie (k. 181v) błędnie zapisane „kąt POM" zmienił Kopernik omyłkowo na „kąt LOM".

Str. 282,33. W rękopisie błędnie 8349 (OP sin 33°,5) zamiast $5519 = OP$ cos 33°,5.

Str. 283,19. W rękopisie, k. 182, tekst rozdziału urywa się, a od k. 182v następują tablice prostaferez planet. Były one zapisane w tym miejscu przed redagowaniem poprzedzających rozdziałów, poświęconych teorii Merkurego. Dokończenie rozdziału 30 odnajdujemy dopiero na k. 195, po początkowych rozdziałach księgi VI. Od karty tej zaczyna się składka *v*, zawierająca ostatnie rozdziały księgi V. Por. A. Birkenmajer, *Trygonometria Mikołaja Kopernika*... s. 52 i n.; J. Zathey, *Analiza rękopisu «De revolutionibus»*, w tomie I obecnego wydania, s. 16.

Str. 284,25. Rzeczywisty ruch linii absyd Merkurego wynosi $+0°,2$ na stulecie. Podana w tekście szybkość $+1°$ w 63 latach, czyli $+1°,5/100$ lat, obliczona została przez porównanie położeń apogeum Merkurego około 1500 r. (211°30') i w epoce 1265 przed n.e. (183°20'). Jednakże takie samo położenie apogeum 183°20' przyjął Kopernik za Ptolemeuszem dla 135 r. n.e. (rozdz. 26, s. 277, 16-17). Od tego czasu do obserwacji norymberskich ruch apogeum wyniósłby więc 28°10' w 1365 latach, czyli przeszło dwa stopnie na stulecie.

Str. 285,32. Oznaczamy: C – środek orbity Ziemi, T – Ziemia, M – Merkury, l – średni ruch Ziemi, v – ruch komutacji planety. Środek koła chwilowej orbity planety P przebiega średnicę małego koła LN ruchem harmonicznym, znanym już z teorii precesji w księdze III *Obrotów*; powstaje on więc ze złożenia obrotu dwóch promieni wodzących FX i XP, przy czym $FX = XP = {}^1/_2\,FL$. Obieg planety względem promienia wodzącego Ziemi CT odbywa się z szybkością $v-l$ w okresie 116 dni, a względem linii absyd AB z szybkością v i okresem 88 dni (p. rys. na stronie następnej).



Str. 297,42. Tablice planetarne w *Obrotach* zbudowane są według tradycyjnego schematu tablic Ptolemeusza, zmodyfikowanych przez astronomów średniowiecznego Islamu. Wzorem Neugebauera (*On the Planetary Theory* ..., s. 96–97) oznaczamy tabelaryzowane funkcje: wyrównywanie koła mimośrodowego – c_3, minuty proporcjonalne – c_4, paralaksa wielkiego kręgu w apogeum – c_5, nadwyżka paralaksy – c_6.

Dalsze oznaczenia: Π – długość apogeum planety, l – średni ruch pozorny Słońca, v – ruch komutacji planety.

Dla planet górnych $l-v = v_s$, szybkość ruchu syderycznego planety. Anomalia koła mimośrodowego, czyli średnia odległość kątowa planety od perigeum, równa się $a = l-\Pi-v = v_s-\Pi$. Z argumentem a otrzymujemy z tablicy c_3 poprawkę anomalii wyrażającą kątowe odchylenie planety od ruchu średniego, wywołane przez mimośród orbity oraz przez ruch planety po małym epicyklu. Argument a służy również do uzyskania współczynnika c_4. Dla planet dolnych argumentem jest $(l-\Pi)$, elongacja kątowa Ziemi względem aphelium planety. Z poprawką c_3 otrzymujemy wyrównaną anomalię $\bar{a} = a \pm c_3$ oraz wyrównany ruch komutacji $\bar{v} = v \pm c_3$, tj. różnicę heliocentrycznych długości Ziemi i planety. Wyrównany ruch komutacji służy jako argument dla funkcji c_5 (paralaksa orbity Ziemi) i c_6 (nadwyżka paralaksy). Paralaksa c_5 podaje kątowe odchylenie planety zależne od wzajemnego położenia Ziemi i planety na orbitach przy założeniu maksymalnej odległości (aphelium, $a = 0°$) planety. Różnicę dla odległości minimalnej (perihelium, $a = 180°$) zawiera „nadwyżka" c_6. Suma c_5+c_6 jest więc poprawką przy położeniu planety w perihelium. W założeniu, że dla pośrednich odległości ϱ odchylenie planety jest proporcjonalne do przyrostu tej odległości, można obliczyć ostateczną poprawkę x przy użyciu współczynnika

$$c_4 = \frac{\varrho(a)-\varrho(180°)}{\varrho(0°)-\varrho(180°)}.$$

Jest więc $x = c_5 + c_4\, c_6$, długość planety względem gwiazdy γ Ari $\lambda = l-(\bar{v}+x)$ oraz długość względem chwilowego punktu równonocy: $\bar{\lambda} = l-(\bar{v}+x)+\lambda_{\gamma\, Ari}$.

Str. 298,1. Ostatnie dwa rozdziały, odbiegające tematycznie od reszty księgi V, oparte są na wykładzie Ptolemeusza w księdze XII *Almagestu*.

Str. 298,32. Twierdzenie Apolloniosa zaczerpnięte jest z *Almagestu*, ks. XII, rozdz. 1, Heiberg, II, s. 456–457, wyd. 1515 r., k. 132r.

I. Viesielovskij w komentarzu do przekładu rosyjskiego (*O vraščenijach* ..., s. 626) zwrócił uwagę, że użyte przez Kopernika określenie twierdzenia jako *lemmation* może pochodzić jedynie z greckiego tekstu *Almagestu*, a więc jest świadectwem tego, że obecny tekst pisany był nie wcześniej niż w 1539 r., kiedy to Kopernik otrzymał od Retyka bazylejskie wydanie *Almagestu* z 1538 r.

Str. 300,36. Przykład Marsa jest odpowiednim przetworzeniem, ze względu na ruchomość Ziemi, wykładu w rozdziale 4 księgi XII *Almagestu*.

Str. 301,39. Stwierdzeniem tym zastąpił Kopernik wykreślone w rękopisie szczegółowe obliczenia, prowadzące do wyznaczenia czasu i rozmiarów kątowych wstecznego ruchu Marsa dla jego położenia w apogeum (k. 201–201v).

Księga szósta

Str. 303,15. Teoria ruchu planet w szerokości jest więc, w założeniu autora, odpowiednim przetworzeniem tradycyjnej teorii, wyłożonej w pierwszych sześciu rozdziałach księgi XIII *Almagestu*, bez wprowadzania i wykorzystania nowych obserwacji.

Jak wiadomo, w kopernikowskiej teorii ruchu planet w szerokości pozostały relikty astronomii geocentrycznej. Odnosząc ruch planet nie do Słońca, lecz do środka koła orbity Ziemi (tj. do słońca średniego) musiał Kopernik uwzględnić zależność szerokości planet od chwilowego położenia Ziemi. Powiązanie to było dla Kopernika argumentem przemawiającym za ruchomością Ziemi, jak to widać ze sformułowania w przedmowie do księgi VI: „...również na nie ta sama ruchliwość Ziemi rozciąga władzę" (w. 7).

Str. 303,33. Są to długości ekliptyczne, liczone od punktu równonocy wiosennej. W stosowanym przez Kopernika systemie długości odnoszonych do γ Arietis długości te zmniejszyć trzeba o długość ekliptyczną γ Arietis, wynoszącą w początku XVI w. w przybliżeniu 27°. Punkt maksymalnej szerokości północnej B znajdował się więc dla Saturna w długości $217° - 27° = 190°$, przy apogeum $A = 240°$; dla Jowisza $B = 207° - 27° = 180°$, $A = 259°$; dla Marsa $B = 147° - 27° = 120°$, $A = 120°$. Odpowiednie wartości w *Almageście* wynosiły:

Saturn $B: = 183°$, $A = 233°$; Jowisz $B: = 180°40'$, $A = 161°$; Mars $B: = 115°30'$, $A = 115°30'$.

Str. 306,7. Oscylacja płaszczyzny orbity planety ma więc okres $2(l - \Pi)$.

Str. 306,16. Dla planet górnych, Saturna, Jowisza i Marsa, kąt utworzony przez płaszczyznę orbity planety z płaszczyzną ekliptyki jest więc zmienny i zależy od wzajemnego położenia planety i Ziemi, osiągając maximum w opozycji ($v = 180°$). Chwilowe nachylenie orbity równa się

$$i = i_{\max} - \Delta_i \cos(v - 180°),$$

gdzie $i_{\max}$ oznacza największe nachylenie orbity (przy opozycji), Δ_i – amplitudę oscylacji.

Str. 307,9. U Ptolemeusza λόξωσις (w wyd. łacińskim z 1515 r.: *reflexio*), oscylacja epicykla planety względem osi promienia wiodącego deferentu. Maksimum *reflexio* przypada przy położeniu Ziemi na linii absyd.

Str. 307,11. W *Almageście* ἔγκλισις (*declinatio*), oscylacja epicykla względem osi prostopadłej do promienia wiodącego deferentu. Maksima deklinacji występują, gdy Ziemia oddalona jest o 90° od linii absyd, podobnie jak wahania szerokości planet górnych.

Str. 307,31. Dla deklinacji i oblikwacji linię węzłów stanowi linia absyd planety; dewiacja natomiast jest odchyleniem płaszczyzny orbity względem ruchomej linii, której kierunek określić można wyrażeniem $v + 1 - \pi - 90°$, w którym v oznacza ruch komutacji (anomalię paralaktyczną) planety, π – długość jej perigeum, l – długość Ziemi. Maksima dewiacji występują dla $l = \pi$ i $l = \pi + 180°$, gdy planeta znajduje się w odległości 90° od węzła koła dewiacyjnego. Inny mechanizm powstawania dewiacji podaje Kopernik w rozdz. 8 niniejszej księgi.

Str. 308,2. Zakończenie rozdziału, dopisane (k. 192) w miejsce skreślonego końcowego zdania nawiązuje do przedstawionego w rozdz. 32 księgi V alternatywnego schematu orbity Merkurego (k. 196–197). Dopisek ten potwierdza więc chronologię pisania końcowych partii *Obrotów*, podaną przez A. Birkenmajera (*Trygonometria Mikołaja Kopernika* ..., s. 63–64), według której początkowe rozdziały księgi VI pisane były przed dokończeniem przez Kopernika księgi V.

Str. 308,19. Tablice w rozdz. 5 księgi XIII *Almagestu*.

Str. 309,24. W rękopisie błędnie 18′ zamiast 28′ (2°44′–2°16′). Zachowując oznaczenia z przypisu do s. 306,16 mamy:

	Saturn	Jowisz	Mars
$i_{\max}$	2°44′	1°42′	1°51′
Δ_i	28′	24′	1°42′

oraz maksymalne szerokości geocentryczne planety w opozycji, przy położeniu:

w perigeum	3°5′	2°7′	6°50′
w apogeum	3°2′	2°4′	4°30′

Str. 310,39. Według tablic w rozdziale 5 księgi XIII *Almagestu*.

Str. 311,2. Miarą deklinacji jest kąt b_1 między płaszczyznami orbity planety i ekliptyki, przy czym krawędź ich stanowi linia absyd planety. Gdy Ziemia znajdzie się 90° od linii absyd, deklinacja osiąga największą wartość, 2°30′ dla Wenus i 6°10′ dla Merkurego. Przy takim położeniu Ziemi zarówno oblikwacja b_2, jak i dewiacja b_3 równe są zeru, a obserwowana geocentryczna szerokość jest wyłącznie wynikiem działania deklinacji. Wynosi ona wtedy w koniunkcji dolnej ($v = 180°$) 6°22′ dla Wenus, 4°5′ dla Merkurego; w koniunkcji górnej ($v = 0°$) odpowiednio 1°2′ i 1°45′.

Tablica szerokości (s. 321–322) podaje w kolumnie „deklinacja" wartości deklinacji β_1 dla położenia Ziemi w odległości 90° od absyd, w zależności od argumentu v.

Str. 311,47. W rękopisie omyłkowo *ALM* (k. 204).

Str. 312,17. W rękopisie (k. 204) omyłkowo „*LK*" zamiast „*LH*".

Str. 314,13. *Almagest*, ks. XIII, rozdz. 4.

Str. 314,41. W rękopisie omyłkowo „*BD*" do „*BF*".

Str. 314,45. Maksymalne nachylenie płaszczyzny orbity planety, powodowane przez oblikwację (przy położeniu Ziemi na linii absyd planety), określa Kopernik jako 2°30′. Wynikają stąd największe szerokości planety β_2 w elongacji równe 3°29′ (Wenus) i 7°9′ (Merkury). W tablicy szerokości podane są wartości β_2, w zależności od argumentu v, obliczone dla Ziemi znajdującej się na linii absyd.

Str. 315,41. Kopernik przyjmuje więc, że dla Merkurego w pobliżu apogeum ($a = 0°+22°$) oblikwacja b_2 osiąga 2°30′ – 15′, w pobliżu perigeum ($a = 180°+22°$) 2°30′+15′.

Str. 316,12. *Almagest*, ks. XIII, rozdz. 4; Heiberg, II, s. 581, wyd. 1515 r., k. 149.

Str. 317,13. Zgodnie z przyjętą dewiacją Wenus wynoszącą $b_3 = +10'$, płaszczyzna jej orbity ulega przesunięciu maksymalnie o 0,0029 promienia orbity Ziemi. Wynika stąd obserwowana dewiacja β_3 równa $+15'$ (przy koniunkcji dolnej) i $+6'$ (koniunkcja górna); dla Merkurego odpowiednio $b_3 = -45'$, β_3 $-70'$ i $-33'$. Pośrednie wartości podane są z argumentem v w tablicy szerokości (s. 321-322).

Str. 317,20. W rzeczywistości $EAF = 35'$.

Str. 317,23. Rozdział ósmy pierwotnie kończył się tu wykreślonym w rękopisie (k. 208v) ustępem, stwierdzającym trudności opracowania teorii szerokości Merkurego. Rozszerzony tekst zajął większą część k. 208v oraz dołączoną do składki k. 209. Karta ta, na papierze F, należy wraz z k. 24–25 rękopisu do najpóźniejszej jego części, opracowanej już po przybyciu Retyka do Fromborka w 1539 r.

Str. 318,26. „Minuty proporcjonalne dewiacji" m_3 służą do obliczenia dewiacji β_3 dla pośrednich położeń Ziemi poza linią absyd; wynikające przy tym zmniejszenie obserwowanej szerokości wynika zarówno ze zmiany kąta b_3, jak i z równoczesnego względnego przemieszczania się planety na kole dewiacyjnym $m_3 = \cos^2 a$.

Str. 323,19. Tablica, wzorowana na tablicy Ptolemeusza z XIII księgi *Almagestu*, podaje dla planet górnych geocentryczną szerokość β_m, odpowiadającą położeniu planety w pobliżu apogeum (szerokości północne) i perigeum (szerokości południowe) z argumentem v, a więc w zależności od wzajemnego położenia Ziemi i planety. „Minuty proporcjonalne" $m \cong \cos(\lambda - B)$ służą do obliczenia szerokości obserwowanej, gdy planeta znajduje się w długości $\lambda : \beta = \beta_m m$.

Str. 324,6. Wartości składowych szerokości β_1, β_2 i β_3 otrzymuje się z tablicy z argumentem v (anomalia paralaktyczna, ruch komutacji). Dla Merkurego należy oblikwację otrzymaną w tablicy zwiększyć lub zmniejszyć o $^1/_{10}$ w zależności od położenia planety względem linii absyd, tj. w zależności od wartości anomalii a (por. przypis do s. 315,41). W tablicy podane są maksymalne wartości nachyleń. Ich redukcja uwzględniająca położenie Ziemi względem orbity planety odbywa się przy pomocy czynników proporcjonalnych m (z tablicy szerokości planet górnych) – dla deklinacji i oblikwacji oraz m_3 (ostatnia kolumna tablicy na s. 321–322) – dla dewiacji. Argumentem dla współczynnika deklinacji i dewiacji jest anomalia a, dla oblikwacji $a+90°$. Ostatecznie geocentryczną szerokość planety otrzymujemy jako sumę algebraiczną poszczególnych składowych: $\beta = m\beta_1 + m\beta_2(1 \pm 0{,}1) + m_3\beta_3$

INDEKS OSOBOWY

Opracowały *Małgorzata Golińska-Gierych* i *Małgorzata Malewicz*

Liczby przy haśle oznaczają numery stron i — po przecinku — wierszy tekstu *Obrotów*. Oznaczenia bez wyróżnienia wierszy odnoszą się do komentarzy (str. 327–402).

INDEKS RZECZOWY

Opracowali *Małgorzata Malewicz* i *Jerzy Dobrzycki*

Nakładem Państwowego Wydawnictwa Naukowego
Oddział w Krakowie w roku 1976

w ilości 3300+280 egzemplarzy
na papierze drukowym maszynowo gładzonym chamois klasy III
110 g z Fabryki Papieru i Celulozy w Kluczach

Redaktor Wydawnictwa: Władysław Negrey
Opracowanie graficzne: Stefan Nargiełło
Redaktor techniczny: Anna Kotulecka
Korektorzy: Helena Białoniowa, Małgorzata Dudkowa, Joanna Pychowska

Tekst i ilustracje wykonała techniką typograficzną Drukarnia Narodowa w Krakowie, wyklejki i obwolutę techniką rotograwiurową — Drukarnia Wydawnicza w Krakowie
Skład: Maria Gabryś, Barbara Makowska
Łamanie: Andrzej Maj, Antoni Rąkoczy
Druk: Marian Knuplerz, Sylwester Kołodziej, Tadeusz Zaręba, Czesław Zygadło
Oprawa: Zespół pracowników introligatorni pod kierownictwem Edmunda Ochońskiego
Ark. wyd. 42,25 Ark. druk. 27 8/16 Cena zł 180,—

Drukarnia Narodowa w Krakowie
Zam. nr 841/71. P-8-1001

ERRATA

S. 241 (rys.): w prawej części rysunku łuki *FB* i *AL* należy zastąpić łukami *FL* i *AB*.

M. Kopernik, *Dzieła wszystkie*, t. II