

MIKOŁAJ KOPERNIK.



1473

1873



MIKOŁAJ  
KOPERNIK

JEGO UKŁAD ŚWIATA

PRZEZ

J. KOWALCZYKA.

WSTRZYMIŁ  
SŁOŃCE

WZRUCZYŁ  
ZIEMIĘ

NA PAMIĄTKĘ  
CZTERECHSETY

RODZINY  
UROUZIŁ



DRĄŻKIEWICZ



ДОЗВОЛЕНО ЦЕНЗУРОЮ.

Варшава 8 (20) Декабря 1872 года.



88327

---

Drukiem A. Pajewskiego, ulica Niecała № 12 nowy, w Warszawie.

3190178



## PRZEDMOWA.

---

Niezadługo bo w dniu 19 lutego r. 1873 przypada czterechsetna rocznica urodzin Mikołaja Kopernika, twórcy nowoczesnej astronomii. Nie powinna ona dla nas przejść niepostrzeżenie; w miarę bowiem jak prace tego wielkiego męża coraz większe znajdowały uznanie w świecie uczonym, mnożyły się także objawy świadczące o wdzięczności, do jakiej poczuwały się różne społeczeństwa, składające hołd geniuszowi i głębokiej nauce Kopernika. Dziś widzimy już posągi jego wzniesione ofiarami współziomków, a pomimo to zapał narodu do uczczenia swoich przewodników na polu nauki jeszcze nie ostygł; na pierwsze wezwanie każdy śpieszyłby ze swoją danią, nikt nie chciałby być ostatnim. Ale skądże taka ochota i gotowość? Nie trudna na to odpowiedź! Imię Kopernika jest tak powszechnie znane, a jego zasługi w nauce tak cenione, że dosyć o nich wspomnieć, ażeby wywołać nowy objaw ich uczczenia. Lecz nie o to idzie nam dzisiaj, żebyśmy tylko podziwiali wielkość drugich; potrzeba nam podążać w ich ślady, i drogą wytrwałej pracy, oraz gruntownej nauki starać się poznać skarby wiedzy, jakie nam zostawili w spuściznie. Z tego względu nie



dosyć ogólnie znać imię i naukę Kopernika, ale należy także dobrze wiedzieć, co w szczególności zrobił i dla czego tak wielkie ma znaczenie w nauce. Okoliczność czterechsetnej rocznicy pobudza nas do nowego uczczenia pamięci wielkiego męża; uczynmy to w sposób każdemu przystępny, a mianowicie poznajmy bliżej zasady jego astronomii i zastanówmy się nad wpływem, jaki wywarła na cały obszar późniejszych badań astronomicznych. Próżnem zaiste byłoby mówić o dziełach naukowych, nie poznawszy z bliska ich treści; znaczyłoby to powtarzać na pamięć cudze słowa i głosić, że taki autor jak Kopernik, napisał wielkie i ważne dzieło, ale nie wiedzieć na prawdę, na czem właśnie ta ważność naukowa dzieła polega. Chcąc przeto ułatwić poznanie astronomii Kopernika,—która w kształcie, w jakim była ogłoszona, a następnie przy nowém wydaniu w r. 1854 przez p. Baranowskiego z łacińskiego na język polski przełożona, nie dla wszystkich, ale rzec można tylko dla ludzi wyłącznie się astronomią zajmujących, jest przystępną,—podamy poniżej streszczenie całego głównego dzieła Kopernika: „O obrotach ciał niebieskich“, przechodząc takowe rozdziałami i zachowując ile możności porządek rozumowań, jakimi kierował się autor „Obrotów“. Tym bowiem sposobem łatwiej będzie pochwycić nie przewodnią całego dzieła, które od początku do końca cechuje umysł wielkiego mistrza, i nie pomija szczegółów, ażeby położyć nowe podwaliny całej astronomicznej wiedzy, która na owe czasy nie posługiwała się wszystkimi dzisiejszemi ulepszeniami i ułatwieniami. Streszczenie, o którym mowa, przytoczymy według wydania powyżej wspomnianego z r. 1854 podobnie jak i krótki życiorys Kopernika, podamy według opisu tamże umieszczonego przez Juliana Bartoszewicza; nie potrącając jednak bynajmniej o narodowość Kopernika, gdyż polskie pochodzenie jego już dostatecznie zostało dowiedzioném.



Oprócz życiorysu i streszczenia dzieł Kopernika, ważną także wydaje się rzeczą porównanie astronomii Kopernika z dawniejszą i późniejszą nauką tejże, i wykazanie o ile przyczyniła się do obalenia astronomii dawnej, a podźwignięcia nowej.

Z tego względu rzecz nasza obejmuje w sobie trzy części, a mianowicie:

- I. Krótki życiorys Kopernika;
  - II. Streszczenie jego dzieła „O obrotach ciał niebieskich“;
  - III. Stanowisko Kopernika w astronomii.
-



## II. ŻYCIORYS KOPERNIKA.

---

Mikołaj Kopernik urodził się w Toruniu, dawnej ziemi chełmińskiej, dnia 19 lutego 1473 z ojca Mikołaja i Barbary z Wajselrodów, którzy mieli jeszcze więcej potomstwa, ale o losach tegoż nie mamy bliższych wiadomości z wyjątkiem Jędrzeja Kopernika, starszego brata astronoma. Ojciec odumarł wczesnie, a pozostałą dziatwą opiekował się wuj Koperników, Łukasz Wajselrod biskup warmiński i udzielny prawie pan na Warmii, oraz senator Rzeczypospolitej. On też w r. 1491 wyprawił swojego ośmnastoletniego siostrzeńca Mikołaja do akademii Krakowskiej na naukę.

Kopernik wpisał się w Krakowie w poczet uczniów medycyny, ale nie odbył całego kursu, gdyż po dwóch latach wrócił znowu na Pomorze do wuja. Oprócz medycyny słuchał Kopernik w Krakowie matematyki i astronomii, które były wykładane przez licznych nauczycieli. Ten pobyt na akademii krakowskiej, rozbudził w młodym umyśle Kopernika ten zapal do nauki, który w dojrzałym wieku miał wydać nieprzewidziane jeszcze owoce.

W czasie pobytu swojego na Pomorzu za powrotem z Krakowa zamierzył Kopernik poświęcić się zawodowi duchownemu, które na owe czasy mógł najlepiej zapewnić tę spokojność, jaka jest niezbędną dla człowieka chcącego oddać się w zupełności nauce; zgadzało się to z zamiarami wuja, który chciał obu siostrzeńców, Jędrzeja i Mikołaja, widzieć w stanie duchownym.



Z Pomorza wyjechał Kopernik r. 1495 do Włoch w celu dalszego kształcenia się, i w Padwie zapisał się w poczet uczniów akademii, gdzie słuchał medycyny i filozofii aż do r. 1499. Za pobytym swoim w Padwie zrobił wycieczkę do Bononii, gdzie astronom Dominik Marya z Ferrary używał rozgłosnej sławy. Znajomość tą podnieciła jeszcze bardziej zapał do astronomii w Koperniku, który zaprzyjaźniwszy się z Dominikiem Maryą, ponawiał swoje wycieczki do Bononii i wspólnie z uczonym Włochem robił spostrzeżenia astronomiczne; w r. 1497 d. 9 marca uważał zaćmienie księżyca. Po ukończeniu kursu nauk w Padwie, otrzymał Kopernik dyplom doktora medycyny i filozofii w r. 1499. Zdaje się, że w ciągu tej pierwszej naukowej podróży po Włoszech, został Kopernik wraz z swoim starszym bratem Jędrzejem zaliczony do grona kapituły warmińskiej, której obaj byli kanonikami.

Powróciwszy do ojczyzny w r. 1499 zamierzał Kopernik znowu udać się Włoch, gdzie sława pozyskana otwierała mu rozleglejsze do działania pole; jakoż na zalecenie Dominika z Ferrary papież Aleksander VI-ty powołał go do Rzymu i poruczył wykład astronomii; na tem nowem stanowisku zajmował się Kopernik nietylko samemi lekcjami, ale oddawał się także ulubionym spostrzeżeniom astronomicznym; w r. 1500 d. 6 listopada uważał w Rzymie zaćmienie księżyca.

Za powrotem do kraju w r. 1503 osiadł Kopernik w Krakowie, gdzie odnowił dawne a zawiązał nowe stosunki z uczonymi stolicy Jagiellonów. Taki uczony, jakim już był naówczas Kopernik, miał zapewne większe widoki w Krakowie, głównem ognisku nauki i spraw publicznych, aniżeli w innym zakątku kraju, i być może byłby stale tam osiadł, gdyby nie wola wuja, który go z Krakowa do Warmii przywołał. W Krakowie wydał Kopernik w r. 1509 pierwsze swoje dzieło na widok publiczny, a mianowicie, tłumaczenie listów Teofilakta z greckiego na język łaciński; a oprócz tego rozpoczął pracę najważniejszą, t. j. dzieło: „O obrotach ciał niebieskich“, które jeszcze długie lata miało być w ukryciu, zaczem świat mógł z niego czerpać naukę.



Pomimo opuszczenia Krakowa nie przestawał jednak Kopernik mieć go w pamięci, a nawet w pewnym względzie oddawał mu pierwszeństwo przed innymi stolicami. Świadczy już o tem i ta okoliczność że we wszystkich dalszych pracach astronomicznych zawsze odnosił rachunki swoje, dotyczące położenia miejsc, do południka Krakowskiego, który uważał za główny; według przyjętego albowiem u astronomów zwyczaju położenia gwiazd i miejsc na ziemi odnoszą się do jednego wspólnego, głównego południka, który zwykle obiera się w miejscu z naukowej działalności dobrze znanem. Chociaż zatem Kopernik po powrocie do Warmii, gdzie od r. 1510 aż do końca życia przez lat 33 ciągle zostawał, zamieszkał w Frauenburgu, gdzie była katedra Warmińska, i gdzie robił spostrzeżenia astronomiczne, wszelako nie odnosił swoich rachunków do tego miasta, ale zawsze do Krakowa.

Przy kościele katedralnym w Frauenburgu urządził sobie stosowne obserwatoryum, w którym za pomocą narzędzi własnego pomysłu śledził ruchy ciał niebieskich.

Obok naukowych zajęć ciążyły także na Koperniku obowiązki kanonika katedralnego, oraz obywatela kraju; ze wszystkich umiał się należycie wywiązać, jak to zaraz zobaczymy. Gdy bowiem pod koniec marca r. 1512 umarł biskup Warmiński Łukasz Wajselrod, kapituła obrała sobie na jego miejsce młodego i jeszcze nie wszystkie święcenia kapłańskie mającego Luzyńskiego; a uczyniła to wbrew życzeniu Zygmunta Starego, który chciał sam mianować biskupa na miejsce Wajselroda. Z tego powstały zatargi pomiędzy kapitułą a królem i sprawa przeniosła się do Rzymu pod rozstrzygnięcie papieżkie. Lękliwa o swoje przywileje kapituła nie chciała nawet przystać na ugodę jaką zawarł Luzyński na sejmie koronnym w Piotrkowie, mocą której król zastrzegł sobie prawo wyznaczania kapitule do wyboru czterech kanoników warmińskich na przypadek śmierci biskupa. Pomiędzy kanonikami trzymającymi stronę króla był także Kopernik pragnący widzieć Pomorze ściśle z Polską złączone a w r. 1522 był przez kapitułę wysłany jako deputat do



Grudziąza, gdzie się zebrał zjazd mający z pełnomocnikami Alberta Brandeburskiego mistrza Krzyżaków załatwić nieporozumienia, wywołane przez tegoż zaborami miast, zamków, i dóbr kapituły warmińskiej. Kopernik ułożył skargę kapituły przeciw mistrzowi krzyżaków, a na zjeździe powstał przeciw jego roszczeniom do władzy udzielnej, oraz wyrzucał mu spodlenie monety na Pomorzu, w której ledwo dwudziestą część srebra dodawał do miedzi. Dla korzyści całego kraju pragnął Kopernik zaprowadzić zupełną jednostajność monety, wygotował rozprawę o urządzeniu takowej i ułożył tabelkę porównawczą monet pruskich z polskimi. Zygmunt Stary zajmował się gorliwie tą sprawą, ale okoliczności nie sprzyjały doprowadzeniu jej do skutku.

Po śmierci Luzyańskiego wybrała kapituła na administratora dyecezyi Kopernika, a król ten wybór zatwierdził. Z początku był nowy urząd Kopernika zbyt ograniczony w uciśnionej przez Krzyżaków dyecezyi, którą oni całkiem do zakonu swojego przyłączyć chcieli; administrator atoli stojąc mocno po stronie Polski bronił jej praw w obec Rzymu i mistrza Krzyżaków zasłaniając się układami zawartymi z Rzeczpospolitą. Tą godność administratora dyecezyi piastował Kopernik aż do chwili, w której spokojność przywróconą została na Pomorzu, a mianowicie aż do czasu, kiedy Albert opuścił zakon Krzyżacki, przyjął naukę Lutra i został w Polsce udziałnym hołdowniczym księciem pruskim. Po oddaniu zarządu dyecezyą zatwierdzonemu przez papieża na przedstawienie królewskie nowemu biskupowi Maurycemu Ferberowi, nie przestał Kopernik zajmować się sprawami kapituły i dyecezyi, które znał lepiej od swoich kolegów i w których niósł wielką pomoc gorliwemu biskupowi.

W wolniejszych od zajęć chwilach lubił nasz astronom przebywać w Olsztynku, który wziął w zarząd od kapituły warmińskiej; lecz i tutaj kazał zbudować nad domem wieżę, w której robił spostrzeżenia astronomiczne; nigdzie nie mógł zapomnieć o tej nauce, której się z całym zamięłowaniem oddawał.



Sława tymczasem Kopernika rozniosła się już nawet po za granicami Polski, chociaż dzieła jego jeszcze świat nie widział. Kardynał Mikołaj Schomberg posłyszawszy w Rzymie o nowym systemacie słonecznym, prosił (w r. 1536) listownie Kopernika o treść takowego i zachęcał do śpiesznego ogłoszenia go światu, polecił nawet Teodorykowi Reden wszystko na jego koszt przepisać i jemu do Rzymu odesłać. W liście swoim mówi Schomberg: „Mężu głęboko uczony, jeśli ci nie będę natrętnym, proszę cię i błagam jak najusilniej, ażebyś całe twoje odkrycie miłośnikom nauki udzielił, —i poszukiwania swoje nad układem świata wraz z tablicami i wszystkim, co do tego przedmiotu należy jak najśpieszniej do mnie nadesłał;“ a dalej: „Jeżeli chęci mojej w tym względzie zechcesz zadosyć uczynić, poznasz żeś miał do czynienia z człowiekiem, który cię nader poważa, i który znamienitym twoim zdolnościom, pragnie oddać sprawiedliwość“ (zob. wydanie dzieł Kopernika p. Baranowskiego r. 1854).

Biskup chełmiński Gize, który zostawał w przyjacielskich stosunkach z Kopernikiem, zrał bliżej zasady jego astronomii i wiele o niej głosił przed uczonymi zagranicznymi; radził też Kopernikowi, żeby swoją pracę jak najrychlej wydał na widok publiczny. Ten rozgłos o nowej nauce astronomii wywołał nawet w uczonych zagranicznych taką ciekawość poznania jej, że niektórzy umyślnie przyjeżdżali do Frauenburga, ażeby od samego mistrza zaczerpnąć o niej wiadomość. Tak uczynił sławny matematyk niemiecki Retyk, który poznawszy bliżej zasady nowej astronomii z ust samego jej twórcy, był pierwszym jej uczniem i wielbicielem z przekonania; przez ogłoszenie też swojego „Opowiadania o obrotach ciał niebieskich Kopernika,“ najprzód w r. 1540 w Gdańsku, a niedługo potem powtórnie w Bazylei, przygotował świat uczony do tej przemiany pojęć astronomicznych, jakie dopiero w parę lat później sam Kopernik ogłosił. Retyk obeznany z szczegółami prac Kopernika, wydał w r. 1542 jego trygonometrię w Witembergu.



Chociaż tak skwapliwie chwymano każdą wiadomość o uczo-  
nym kanoniku warmińskim, chociaż ludzie bardzo wpływowi du-  
chowni i świeccy, ubiegali się o poznanie treści jego nowej  
astronomii, i zachęcali go do jej ogłoszenia, przecież Kopernik  
nie śpieszył się z jej wydaniem; pojmował on dobrze, że nowa  
jego nauka stoi w sprzeczności z pojęciami opartymi na dawnych  
zasadach Ptolemeusza i wprost mierzy przeciw powszechnym  
wyobrażeniom o dotychczasowym układzie świata, że wreszcie  
w czasach, w których pod wpływem nauki Lutra i Kalwina, umy-  
sły całej Europy były wstrząśnione, jego nowa astronomia może  
wywołać burzę tak uczonych, jak nieuków przeciw niemu, dla  
tego wolał odłożyć ogłoszenie jej na koniec swojego życia. Ja-  
koż przynaglony prośbami przyjaciela swojego biskupa  
Gize, oddał mu rękopis, i napisał przedmowę do Papieża Pa-  
wła III, któremu poświęcił swoje wielkie dzieło. Papież przy-  
jął dedykację, i nie widział w nauce Kopernika ani błędu, ani  
sprzeczności z nauką kościoła.

Gize odesłał rękopis Kopernika Retykowi do Norymbergu,  
druk rozpoczęto niezwłocznie, ale gdy przysłało najpierwszy  
exemplarz do Frauenburgu, autor dzieła już dogorywał; spoj-  
rzał tylko na owoc swej długoletniej pracy, i oddał Bogu ducha.  
Stało się to podług Gizego dnia 24 maja 1543 r.; zwłoki wiel-  
kiego męża złożono w tumie katedry warmińskiej po prawej  
stronie wielkiego ołtarza, i nakryto płaskim kamieniem. Koper-  
nik żył lat 70, miesięcy 3, dni 5.

---



## II. STRESZCZENIE DZIEŁA KOPERNIKA

### „O OBROTACH CIAŁ NIEBIESKICH.“

---

#### Księga pierwsza.

1. *Świat jest kulisty.* Kula jest figurą najdoskonalszą ze wszystkich, ma największą objętość, może pomieścić i utrzymać w sobie wszystko; najgłówniejsze części świata, jako to słońce, księżyc, gwiazdy pokazują się nam pod kształtem kulistym; taką też postać mają ciała płynne, jak np. woda, kiedy swobodnie dążą do nadania sobie kształtu. Dla tego któż może wątpić o tem że ciała niebieskie mają sobie dany kształt kulisty?

2. *Ziemia jest także kulista.* Chociaż z przyczyny wyniosłości gór i wklęsłości dolin nie można od razu widzieć kulistości ziemi, jednakże te nierówności nie zmniejszają jej okrągłego, kształtu, jak się to pokazuje z następujących dowodów. Przy posuwaniu się od południa ku północy dostrzegamy, że gwiazdy blisko bieguna północnego położone dla nas nie zachodzą, a inne znowu w okolicach południowych nieba całkiem nie wschodzą; w przeciwnym kierunku postępując dostrzeżemy, że gwiazdy południowe będą się wznosiły, północne zaś coraz bardziej ku poziomowi zniżają. Przy takim posuwaniu się znajdziemy także, że nachylenia biegunów ku poziomowi wszędzie odpowiadają przebieżonym drogom na ziemi, co tylko służy kulistej figurze. Oprócz tego wiadomo, że mieszkańcy wschodu nie widzą zaćmień słońca i księżyca przypadających nad wieczorem, a mieszkańcy



zachodu, zaćmień porankowych; zaćmienia zaś wydarzające się wśród dnia widzą mieszkańcy wschodu później, aniżeli mieszkańcy zachodu. Nadto i wody morskie układają się do kształtu kulistego, jak to spostrzegają żeglarze, którzy z pokładu okrętu z wysokości masztu widzą oddalone lądy stałe, których z pokładu okrętu dostrzedz nie mogą. I na odwrót, gdyby kto na wierzchołku masztu jakie światło umieścił, wtedy w miarę oddalania się okrętu od lądu, ludzie stojący na brzegu morza ujrzą to światło powoli zniżające się, a nakoniec zupełnie pod poziomem niknące.

3. *Ziemia wraz z wodą tworzą jedną kulę.* Ocean oblewający ziemię tworzy morza na różnych miejscach i wypełnia wklęsłości ziemi; ażeby atoli woda, która mocą swej ciężkości podobnie jak ląd stały dąży do samego środka, nie zalała całej ziemi, musi jej być mniej aniżeli lądu, chociaż co do powierzchni więcej wody może się wydawać; sam ląd stały i okrąg ziemski jest tylko wyspą większą od innych.

Woda i ląd stały wspierają się na wspólnym środku ciężkości, który jest zarazem środkiem objętości ziemi, i muszą razem wzięte mieć taką postać, jaką ma cień ziemi rzucony na księżyc w czasie zaćmienia jego. Nie jest tedy ziemia razem z wodą uważana, ani płaszczyzną, ani czem innem, tylko zupełną kulą.

4. *Bieg ciał niebieskich jest jednostajny, kołowy, nieustający, albo z kołowych złożony.* Ruch kuli niebieskiej polega na obrocie kołowym, który nie mając początku ani końca odbywa się zawsze w tym samym kierunku. Najwidoczniejszym ze wszystkich jest obrót dzienny, od greków nocodziennym zwany, gdyż obejmuje w sobie przeciąg czasu dnia i nocy. Ten obrót dzienny służy za wspólną miarę wszystkich biegów, gdyż nawet sam czas zwykle liczbą dni się wymierza. Mniemają, że cały świat tym ruchem uniesiony, toczy się od wschodu na zachód, z wyjątkiem ziemi. Następnie widzimy inne, jakby w przeciwnym kierunku odbywane obroty, t. j. od zachodu na wschód, jako to w słońcu, księżycu i planetach. Takim biegiem słońce rok nam wymierza, księżyc miesiące, powszechnie znane okresy czasu.



Lecz biegi tych ciał wielorako różnią się od obrotu nocodziennego, bo najprzód nie odbywają się około tych samych biegunów, co obrót dzienny, ale krążą na pochyłonym zwierzyńcu niebieskim; a powtóre na własnej drodze kołowej nie są też biegi jednostajne, gdyż w słońcu, księżycu i planetach są one raz prędsze, drugi raz wolniejsze; a nawet w planetach widzimy je niekiedy cofającemi się, lub tu i owdzie się zatrzymującemi. I gdy słońce postępuje zawsze swoim kierunkowym biegiem, planety przechodzą raz na południe, drugi raz na północ, dla tego je też nazwano gwiazdami ruchomemi. Dodać jeszcze należy, że planety zbliżają się niekiedy do ziemi, i wtedy nazywają się *przyziemnemi*, a w innych razach znowu oddalają się od niej, i nazywają się *odziemnemi*. Ale gdy nierówności tych biegów podług pewnego prawa i w oznaczonych peryodach statecznie powracają, co nie mogłoby nastąpić, gdyby biegi same nie były kołowemi, przeto przyznać należy, że w istocie biegi te są kołowe albo z kołowych złożone. Jakoż tylko samo koło może powyższe zjawiska sprowadzać, podobnie jak to widzimy np. na słońcu, które ruchem złożonym z kołowych sprowadza zmianę długości dni i nocy, oraz cztery pory roku. Lecz gdy nie podobna przypuścić, że jedno i to samo ciało niebieskie na jednej drodze niejednostajnie bieg swój odbywa,—co musiałoby pochodzić albo ze zmienności siły poruszającej, bądź nabytej, bądź przyrodzonej, albo też z nierówności ciała w ruchu będącego, a oba takie przypuszczenia stoją w sprzeczności z rozumem,—przeto przyznać należy, że ciała niebieskie w najlepszym z sobą porządku zostające mają biegi jednostajne. Te zaś biegi tylko nam z ziemi patrzącym wydają się niejednostajnemi, co pochodzi od różności biegunów kół temi biegami opisanych, lub też ztąd, że ziemia nie leży w środku kół, po których ciała niebieskie swoje ruchy odbywają. Biegi też planet dla nierównych oddaleń od ziemi wydają się prędszemi, gdy są bliższe ziemi, a powolniejszymi, gdy od niej są odleglejsze; z tego wypada, że biegi ciał niebieskich po równych łukach koła w równych czasach odbywane, wydają się nam nierównemi, skoro je z różnych odległości uważa-



my. Dla uniknięcia przeto złudzeń od ziemi pochodzących, potrzeba nam zastanowić się nad położeniem samej ziemi w przestrzeni.

5. *Ruch ziemi i jej miejsce w przestrzeni.* Okazaliśmy poprzednio (pod 2), że ziemia jest kulistą, a teraz mamy się zastanowić, czy ruch jej odpowiada tej kulistej postaci, oraz jakie miejsce zajmuje ziemia w przestrzeni; bez tego nie podobna wskazać prawdziwej przyczyny dostrzeganych zjawisk na niebie. Zwykle zgadzają się uczeni (dawniejsi i współcześni Kopernikowi), że ziemia spoczywa w środku świata, i uważają za rzecz śmieszną, gdy kto utrzymuje przeciwnie; wszelako po zastanowieniu się bliższem, pokaże się, że zadanie jest jeszcze nierozwiązane, i pomijać go się nie godzi. Wszelka bowiem zmiana miejsca pochodzi albo od ruchu przedmiotu uważanego, albo od ruchu samego spostrzegacza, albo też od nierównej zmiany obydwóch; w razie zaś jednostajnego i w tym samym kierunku odbywanego ruchu nie dostrzegają się żadnej zmiany miejsca pomiędzy przedmiotem uważanym a spostrzegaczem. Ziemia jest stanowiskiem, z którego patrzymy na ruchy ciał niebieskich i z którego takowe oceniamy. Jeżeli więc jaki ruch przyznamy ziemi, tenże powinien się pokazać na wszystkich ciałach zewnątrz niej położonych, ale w kierunku przeciwnym, t. j. tak, jak gdyby te ciała na około niej się przesuwały, i jak to osobliwie dzieje się z dziennym obrotem nieba. Ten to obrót zdaje się całe niebo unosić z sobą z wyjątkiem ziemi, i tego wszystkiego, co się na niej znajduje. Skoro zaś przyjmemy, że niebo nie ma w tym ruchu żadnego udziału, tylko, że ziemia obraca się od zachodu na wschód, a nam się w skutek tego wydaje, że słońce, księżyc, gwiazdy wschodzą i zachodzą, wtedy po gruntownem zastanowieniu się nad tem, przekonamy się, że tak jest w rzeczy samej. A gdy jeszcze i to weźmiemy na uwagę, że niebo, jako powszechny skład wszechrzeczy, obejmuje i chowa w sobie wszystko, nie trudno będzie pojąć, że raczej rzecz objęta, a nie obejmująca ruchowi podlega. Byli zaiste niektórzy filozofowie greccy tego zdania, że ziemia umieszczona w środku świata, obraca się, ale



z tego względu, że planety widzimy raz bliżej, drugi raz odleglej od ziemi, wypływa, że jej środek nie jest środkiem biegu tych planet. Również nie wiadomo, czy ziemia ich biegi, czy one bieg ziemi zwiększają lub opóźniają. Nie byłoby też nic w tem dziwnego, gdyby kto oprócz dziennego obrotu, inny jaki ruch ziemi przyznawał, a mianowicie taki, że ziemia obraca się nietylko około siebie, ale nadto wielu innym biegom podlega, i że jest jedną z gwiazd ruchomych.

5. *Niezmierna rozległość nieba w porównaniu z ziemią.* Ziemia lubo tak ogromna, żadnego nie ma porównania z wielkością nieba, co się z tego pokazuje, że koła poziome horyzontami zwane, przecinają kulę nieba na dwie równe połowy, co nie mogłoby się stać, gdyby wielkość ziemi w porównaniu z niebem, albo z oddaleniem jej od środka świata była znaczną; koło bowiem dzielące kulę na dwie równe części, przechodzi przez jej środek i jest największem z kół na niej nakreślonych. Chociaż linia prosta przez którykolwiek punkt powierzchni ziemi poprowadzona, jest różną od linii poprowadzonej przez jej środek, przecież przyczyny ogromu przestrzeni względnie do ziemi, linie te, na podobieństwo równoległych przedłużone aż do spotkania się z kulą nieba, zdają się tworzyć jedną linią prostą, gdyż oddalenie między nimi względnie do ich długości nie daje się wzrokiem ocenić. Z tego pokazuje się, że niebo ogromnem jest w porównaniu do ziemi i przedstawia wielkość nieskończoną; według zmysłowego porównania jest ziemia względnie do nieba, jak punkt do kuli, jak rzecz skończona do nieskończonej wielkiej. Z tego atoli nie wypływa, żeby ziemia miała w środku świata spoczywać, owszem bardziejby nas to dziwiło, gdyby raczej taki ogrom nieba miał obrót kończyć w 24 godzinach, nie zaś mała odrobina, jaką jest ziemia. Jak zaś daleko rozciąga się ta niezmierna przestrzeń nieba, tego wcale nie wiemy.

6. *Dla czego starożytni mniemali, że ziemia niewzruszona jest środkiem świata?* Dawni uczeni usiłując okazać, że ziemia stoi w środku świata, poczytywali za główną tego przyczynę ciężkość i lekkość ciał. Ziemia bowiem jest żywiołem najcięż-



szym, i do środka jej zmierzają wszystkie ciała ciężkie, z czego wynika, że ciała do środka dążące w środku spocząć powinny. Tem bardziej cała ziemia spocznie w środku, i ściągając do siebie wszystkie ciała do niej dążące, własnym ciężarem pozostanie niewzruszoną. Toż samo stwierdzić usiłują na zasadzie ruchu i jego własności.

Arystoteles utrzymuje, że tylko ziemi i wodzie jako ciałom ciężkim przystoi na dół spadać, t. j. do środka dążyć, powietrzu zaś i ogniewi jako ciałom lekkością obdarzonym przystoi do góry od środka się wznosić. Ptolemeusz zaś z Aleksandryi twierdzi, że gdyby ziemia podlegała obrotowi dziennemu, takowy musiałby być nadzwyczajnie prędki, aby w ciągu 24 godzin ukończyła cały swój obrót. W skutek tego prędkiego obrotu byłyby ciała gwałtownym pędem porwane, i nie mogłyby się ani razem zebrać, ani skupić, wyjąwszy, gdyby jaka skupiająca siła w całości je trzymała,—dla tego też rozpierzchła ziemia już oddawna byłaby samo niebo zburzyła (co jest nader śmiesznem), a tem bardziej istoty na niej żyjące i wszelkie inne oderwane od niej ciężary, nie mogłyby pozostać bez wstrząśnienia. I ciała spadające nie wracałyby pionowo na wskazane sobie miejsce, a obłoki i wszelkie inne w powietrzu zawieszane ciała widzielibyśmy unoszone zawsze na zachód.

7. *Rozbiór powyższych dowodów i ich niedostateczność.* Na mocy tych i podobnych przyczyn utrzymują, że ziemia w środku nieba spoczywa, i że tak jest, to podług nich nie podlega żadnej wątpliwości. Zaiste, gdy kto mniema, że ziemia się obraca, powie bez wątpienia, że obrót jej jest przyrodzony, a nie od siły gwałtownej pochodzący. Co zaś jest przyrodzone, to sprawia przeciwne skutki temu, co pochodzi od siły gwałtownej. Ciała też, na które działa siła lub uderzenie, muszą się rozproszyć i ostać się nie mogą; wszystko zaś co od przyrody pochodzi, w dobrym jest stanie, i w najlepszym utrzymuje się połączeniu. Próżno więc lęka się Ptolemeusz, aby ziemia nie rozleciała się wraz z wszystkimi jestestwami pod wpływem obrotu wywołanego siłą przyrody, która jest całkiem różną od siły sztucznej,



albo przemysłem ludzkim wywołanej. Lecz czemuż tego (rozpierzchnięcia się) raczej nie mamy przyznać światu, którego ruch musiałby o tyle być prędszym, o ile jest niebo większem od ziemi? Czy dla tego niebo jest tak ogromnem, że go niewypowiedziany pęd obrotu odrywa od środka, i że inaczej runęłoby, gdyby spoczywało? Zapewne, gdyby ta przyczyna miała miejsce, wielkość nieba wzrastałaby bez końca, gdyż im większym pędem byłoby niebo porwane u góry, tem prędszym byłby ruch, a to dla coraz zwiększającego się okręgu, który w 24 godzinach musiałby być przebieżony, i nawzajem, ze wzrostem prędkości, powiększałaby się rozległość nieba. Tym sposobem chyżość pociągałaby za sobą wielkość drogi, a to znowu powiększałoby chyżość do nieskończoności. Lecz podług tego pewnika: co jest nieskończonem, przemijać nie może, ani się w żaden sposób poruszać, niebo pozostać musi nieruchomem.

Skoro z resztą ziemia, mając naokoło punkta wierzchołkowe, jest powierzchnią kulistą ograniczoną, dla czegoż wahamy się przyzwolić raczej na jej ruch z przyrody kształtowi jej odpowiedni, i czemu nie uznamy, że obrót dzienny całego nieba jest tylko pozorny, a obrót ziemi rzeczywisty? Złudzenie jest zatem takie same, jak gdyby powiedział Eneasz Wirgiliusza: „Odbijamy od portu, a lądy i miasta ustępują.“ Żeglarze siedzący na płynącym podczas ciszy okręcie, widzą przedmioty zewnątrz położone, posuwające się na podobieństwo owego ruchu, a sami nawzajem sądzą, że zostają w spoczynku wraz z wszystkim, co mają z sobą na okręcie. Tak samo dzieje się z ruchem dziennym ziemi, z której patrząc na niebo zdaje się, jakoby cały świat obracał się na około.

9. *Czy można ziemi przyznać więcej biegów i o środku świata.* Przyznając poruszalność ziemi, musimy się jeszcze zastanowić, czy ona nie podlega innym biegom, aby ją można do rzędu gwiazd ruchomych policzyć. Że ziemia nie jest środkiem wszystkich obrotów, dowodzi tego bieg pozorny niejednostajny planet i ich zmienne odległości od ziemi, których na kole współ-





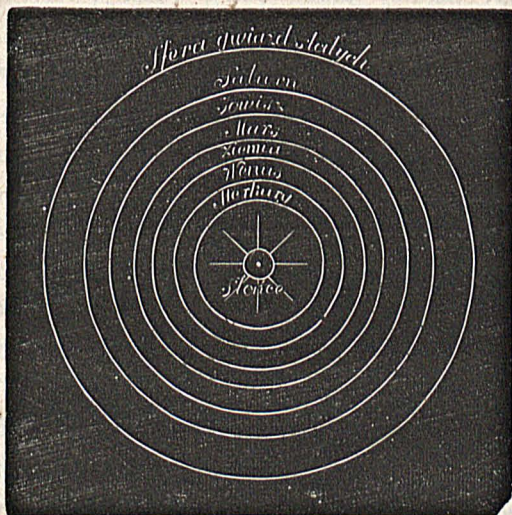
środkowem z ziemią—wyobrazić sobie niepodobna. Jeżeli więc ziemia odbywa inne biegi takowe koniecznie muszą się pokazać na ciałach zewnątrz niej położonych, a przedewszystkiem w biegu rocznym słońca. Jakoż jeżeli zamiast biegu słońca, położymy bieg ziemi, a słońce uważać będziemy za nieruchome, wtedy wschód i zachód znaków zwierzyńcowych, oraz gwiazd stałych czyniący je rannemi i wieczornemi, tymże samym sposobem nam się przedstawi. Również stanowisko planet, ich biegi wsteczne i kierunkowe, okażą się nie od nich, ale od biegu ziemi zależnemi. Naostatek słońce samo uważać będziemy za w środku świata stojące.

10. *Porządek ciał niebieskich.* Najwłaściwiej jest postępować za przezorną przyrodą, która najmocniej się strzegła tworzyć coś zbytecznego lub nieużytecznego, a często jedną rzecz obdarzyła wielorakimi skutkami. Chociaż się to może zdawać trudnem i prawie niepojętem, jako przeciwne zdaniu wielu, w dalszym jednak ciągu jaśniejszem nad samo słońce uczynimy a przynajmniej dla tych, którzy są obeznani z naukami matematycznemi. Uważając tedy powyższą zasadę za niewzruszoną, oraz bacząc na to, że wielkość dróg ciał niebieskich długością czasów się wymierza, mieć będziemy porządek, według którego te ciała zaczynając od góry po sobie następują. Najpierwszą i najwyższą ze wszystkich jest sfera gwiazd stałych, która siebie samą i wszystko obejmuje, i dla tego jest nieruchoma; jestto miejsce wszechświata, do którego bieg i położenie wszystkich innych gwiazd się odnosi, a lubo niektórzy utrzymują, że ta sfera w pewny sposób się porusza, wszelako jest to tylko złudzenie, którego przyczynę przy wykładzie biegu ziemi naznaczymy.

Za tą sferą idzie najpierwsza z gwiazd ruchomych, Saturn w 30-tu latach kończący swój obieg. Po nim Jowisz w 12-tu latach przebiegający swoją drogę. Potem Mars kończący swój peryod w dwóch latach. Dalsze miejsce zajmuje ziemia wraz z księżycem odbywająca swój bieg w ciągu jednego roku. Na piątym miejscu jest Wenus, która co dziewięć miesięcy powraca. Szóste nareszcie miejsce zajmuje Merkury w przeciągu 80 dni



obieg kończący. W środku zaś wszystkich znajduje się słońce. Któż albowiem w tej najpiękniejszej świątyni mógłby umieścić tę pochodnię w innem lub stosowniejszem miejscu, jak w tem, z któregooby wszystko oświecać mogła? Albowiem niektórzy trafnie ją zowią latarnią świata, inni duszą, a inni rządzą. Trymegist nazywa ją *widzialnym Bogiem*, a Elektra Sofoklesa *widzącym wszystko*. Tak zaiste, jakby na tronie królewskim stojące, słońce rozrządza gromadą gwiazd na około niego krążących. Figura załączona składająca się z kół współśrodkowych unaoeczni nam lepiej ten układ ciał niebieskich.



11. Wykład trojakiego biegu ziemi. Gdy już ruch ziemi nie podlega wątpliwości, przeto aby na zasadzie jego wytłumaczyć zjawiska dostrzegane, należy nam bliżej nad nim się zastanowić. W tym celu konieczne potrzeba przyjąć trojaki bieg ziemi, a mianowicie:

Pierwszy, o którym już była mowa, nazwany od greków *nocodziennym*, albo po prostu *dziennym*, jest właściwie obrotem ziemi, odbywającym się w ciągu dnia i nocy, naokoło jej osi od zachodu na wschód, w przeciwnym kierunku temu biegowi, jakiemu całe niebo zdaje się podlegać.



Drugi bieg jest *roczny*, który odbywa się wzdłuż środka ziemi, opisując ekliptykę naokoło słońca; ten również jest od zachodu na wschód, w porządku znaków zwierzyńcowych, a odbywa go ziemia wraz ze wszystkiém tęp, co do niej należy, zatem i z księżycem. W skutek tego biegu ziemi zdaje się nam, jak gdyby słońce przebiegało ekliptykę. Gdyby w tym rocznym biegu oś i równik ziemski pozostały niezmiennymi względem słońca i szły jedynie za ruchem środka ziemi, wtedy nie byłoby żadnej zmiany pór roku. Z tego względu dla zupełnego wytłumaczenia pór roku potrzeba jeszcze przyjąć trzeci ruch ziemi. Takim zaś jest *ruch zboczenia*, mający także obieg roczny, lecz w kierunku wstecznym, t. j. przeciwko biegowi środka ziemi. A tak z wzajemnej prawie równości obydwóch tych ruchów wypływa, że oś ziemską i do niej prostopadły, równik zawsze stale ku tej samej stronie świata są zwrócone, tak jakby nieruchome zostawały. Słońce tymczasem widzimy posuwające się po kole pochyłem ekliptyki, tym ruchem, który środek ziemi unosi. Innemi słowy możnaby to tak wyrazić. Ponieważ równik ziemski nie schodzi się z ekliptyką, ale jest do niej pod pewnym kątem nachylony, przeto słońce w rocznym ruchu ziemi dwa razy w czasie porównań dnia z nocą znajdzie się na równiku, a dwa razy w przesileniach, letniem i zimowem, będzie od równika najbardziej oddalone, t. j. będzie miało największe od tegoż zboczenie; ztąd też trzeci ruch ziemi nazwany został powyżej ruchem zboczenia. Oba te ruchy środka ziemi i zboczenia zmuszają oś ziemską do pozostania zawsze w jednakiem nachyleniu i w równym położeniu względem siebie; co wszystko wydaje się jakoby pochodziło od biegu słońca

Powyżej było nadmienione, że bieg roczny środka ziemi jest prawie równy ruchowi zboczenia, ale ściśle biorąc równymi one nie są; gdyby bowiem były zupełnie równe, wtedy punkty równonocne i przesilen, tudzież pochyłość ekliptyki, byłyby całkiem niezmiennie, a jednak wykryto pod tym względem małą różnicę, która wprawdzie corocznie zachodzi, ale dopiero z upływem czasu staje się znaczną, i tak od czasów Ptolemeusza aż do nas wy-



nosi blisko 21 stopni (obecnie przeszło 25<sup>0</sup>). Różnica ta pochodzi od powolnego posuwania się punktów równonocnych na ekliptyce w kierunku pozornego ruchu gwiazd, czyli od tak zwanego wyprzedzenia (praecessio) punktów równonocnych. Dla tej to przyczyny niektórzy mniemali, że sfera gwiazd stałych jest także ruchoma, i dla tego podobało im się przydać dziewiątą sferę wyższą, ale gdy i ta nie była dostateczną, przydali inni jeszcze dziesiątą, a jednak nie dopięli celu, jaki my spodziewamy się osiągnąć za pomocą biegu ziemi.

*Uwaga.* W rozdziałach 12, 13 i 14 pierwszej księgi znajduje się trygonometria, w której jest wyłożona nauka wstaw, oraz zastosowanie jej do rozwiązywania trójkątów płaskich i kulistych.

## Księga druga.

Przy ogólnym wykładzie trzech biegów ziemi w księdze poprzedzającej zamierzylśmy za pomocą nich wszystkie zjawiska pozornego biegu ciał niebieskich wytłumaczyć, co następnie przez rozbiór szczegółowy i roztrząśnienie każdego z osobna według możliwości uczynimy. Jeżeli atoli użyjemy po prostu wyrazów wschód i zachód słońca i gwiazd, oraz tym podobnych, niech to nikogo nie zadziwia, gdyż mówimy pospolitym językiem, aby go mogli wszyscy zrozumieć, zawsze zaś będziemy mieli na myśli, że gdy obracamy się z ziemią, słońce i księżyc mimo nas przechodzą i gwiazdy kolejno wschodzą i znowu zachodzą.

1. *O kołach i ich nazwiskach.* *Równik* jest największem kołem z pomiędzy równoleżników na kuli ziemskiej, dziennym jej obrotem około biegunów opisanych. Jest on prostopadły do osi ziemskiej i dzieli całą kulę ziemską na dwie połowy: północną i południową.

*Zodyak* zaś, czyli zwierzyńiec, jest kołem przechodzącym przez środek znaków zwierzyńcowych, po którym środek ziemi biegiem rocznym krąży. Lecz ponieważ zodyak pochyłym jest do równika, przeto stosownie do nachylenia osi ziemskiej do zo-



dyaku, ziemia obrotem dziennym opisuje dwa koła dotykające po obu stronach zodyaku, jakby ostatnie granice swego nachylenia; oba te koła nazwano, zwrotnikami, słońce bowiem na nich zdaje się zwroty odbywać to jest zakreślać zwrotnik zimowy i letni. Dla tego jeden z nich, na półkuli północnej zwykle nazywają zwrotnikiem letniego stanowiska słońca, a drugi na półkuli południowej, zwrotnikiem zimowego stanowiska słońca.

*Poziom* nazwany od łacinników kołem *granicznem*, dla tego że nam odgranicza połowę świata widzialną od zakrytej; przy poziomie wszystkie gwiazdy zdają się wschodzić, które wprzód zachodziły; ma on swój środek na powierzchni ziemi, a biegun w punkcie naszym wierzchołkowym (zenicie). Ponieważ ziemia w porównaniu z ogromem kuli nieba jest niezem, przeto koło poziomu zdaje się całe niebo przecinać na dwie połowy, jakby przez środek ciała.

*Południk* jest kołem przechodzącym przez bieguny poziomu (zenit i nadir) i bieguny równika, dla tego też jest prostopadły do płaszczyzny obydwóch tych kół. Gdy słońce przychodzi na południk, wskazuje południe i północ. Poziom i południk mające swój środek na powierzchni ziemi, idą zupełnie za ruchem ziemi i w ogólności za zmianą oka naszego, które wszędzie sądzi się być środkiem sfery wszystkich rzeczy naokoło widzialnych.

2. *Opochyłości ekliptyki, o oddaleniu zwrotników i sposobie ich dochodzenia.* Ponieważ koło ekliptyki przechodzi między zwrotnikami ukośnie względem równika, przeto wypada wynaleść oddalenie od siebie zwrotników, a ztąd wyznaczyć wielkość kąta, pod jakim równik do ekliptyki jest nachylony. Musimy tego dochodzić zmysłami i za pomocą narzędzi; z tych zaś ostatnich najodpowiedniejszym jest kwadrat zrobiony z drzewa, lub innego twardego materiału, z kamienia lub metalu, ażeby przypadkiem przez odmianę powietrza niestateczne drzewo nie przypawilo o błąd spostrzegacza. Jedna ściana kwadratowa ma być jak najdokładniej wygładzoną i mieć szerokość dostateczną do nakreślenia podziałki, jak np. trzy lub cztery łokcie. Obraw-



szy jeden z kątów za środek, zakreśla się z niego na wygładzonej ścianie czwartą część okręga koła, i tę dzieli się na 90 stopni, a każdy znowu z tychże na 60 minut, lub ile ich zmieścić można. Następnie w tymże wierzchołku, za środek obranym, utwierdza się skazówka walcowa, wytoczona jak najdokładniej, ale tak, aby była prostopadłą do powierzchni wygładzonej i wystawała nad nią na długość palca, albo mniej. Po przygotowaniu takiego narzędzia, (mającego kształt tablicy), należy wykreślić linią południkową na podstawie kamiennej, ustawionej poziomo przy pomocy śródwagi (libell), albo dyoptry. Takie zaś nakreślenie linii południkowej robi się w następujący sposób: Na podstawie obranej nakreśla się okrąg koła i w środku jego umieszcza się skazówkę (np. prosty pręt drewniany); mając już przygotowaną podstawę i skazówkę na niej, potrzeba tylko kiedy niekiedy przed południem zauważyć miejsce, gdzie pada cień skazówki na pomienioną podstawę; po południu należy także powtórzyć podobne spostrzeżenie w chwili, w której cień skazówki ma taką długość, jak przed południem (co nie trudno zauważyć, bo jeżeli przed południem tenże cień sięgał np. nakreślonego na podstawie okręgu koła, wtedy przy równej wysokości słońca po południu powtórzy się toż samo, gdyż długość rzuconego cienia będzie przedpołudniowej równa). Z takiego spostrzeżenia pokaże się, że pomiędzy miejscami, w których cień skazówki dosięga nakreślonego okręgu koła, jest zawarty większy lub mniejszy łuk, stosownie do dłuższego lub krótszego przedziału czasu pomiędzy obu spostrzeżeniami. Jeżeli ten łuk podzieli się na dwie równe części, i poprowadzi przez środek koła oraz środek pomienionego łuku linią prostą, ta wskaże na podstawie linią południkową, czyli kierunek pomiędzy punktem południa i północy. W kierunku tak wykreślonej linii południkowej ustawia się płaszczyzna opisanego poprzednio narzędzia pionowo, tak, iżby środek jego z utwierdzoną skazówką walcową był obrócony ku południu, a linia pionowa spuszczone z niego tworzyła z linią południkową kąty proste. Tym sposobem płaszczyzna narzędzia przedstawi nam koło południkowe. Za pomocą tak przy-



gotowanego narzędzia uważać należy w dniach letniego i zimowego przesilenia słońca cień w południe od skazówki czyli walca rzucony, i naznaczyć jak najdokładniej środek tego cienia w stopniach i minutach na podzielonym łuku. Gdy to wszystko będzie wykonane, wtedy łuk koła objęty między dwoma cieniami w letnim i zimowym stanowisku słońca, wskaże nam odległość zwrotników, a zarazem podwójną pochyłość ekliptyki, której wzięwszy połowę, otrzymamy oddalenie samych zwrotników od równika i znajdziemy wielkość kąta nachylenia równika do płaszczyzny koła idącego środkiem znaków zwierzyńcowych. Ptolemeusz znalazł przedział między wspomnionymi granicami północną i południową, równy  $47^{\circ} 42' 40''$ , a ztąd połowa  $23^{\circ} 51' 20''$  wskazała mu oddalenie zwrotników od równika i kąt pochyłości ekliptyki. Ptolemeusz mniemał, że ta pochyłość jest niezmienną i zawsze taką pozostanie, ale od owej epoki postrzeżono, że ona ciągle się zmniejsza aż do naszych czasów, albowiem znaleźliśmy, że oddalenie zwrotników nie więcej wynosi nad  $46^{\circ} 57'$ , a kąt pochyłości  $23^{\circ} 28' 30''$ , z czego widocznie się pokazuje, że pochyłość ekliptyki jest zmienną, o czem poniżej obszerniej pomówimy.

*Uwaga* W następujących rozdziałach 3 i 4-m, księgi drugiej są podane dwa zadania z trygonometrii kulistej, mającej na celu wyznaczenie za pomocą rachunku wzajemnej zależności punktów równika i ekliptyki, od czego są także ułożone odpowiednie tablice; a nadto wskazany jest sposób przemiany położenia gwiazd odniesionych do ekliptyki, na odpowiednie położenie odnośnie do równika. Z obu tych rozdziałów potrzebna nam będzie w dalszym ciągu tylko znajomość określenia wznoszenia prostego i zboczenia gwiazdy, tudzież długości i szerokości tejże. Przez *wznoszenie proste* gwiazdy rozumiemy oddalenie tejże od punktu równonocnego, uważane na równiku, a przez *długość* gwiazdy oddalenie jej od tegoż punktu równonocnego uważane na ekliptyce; zaś przez *zboczenie* gwiazdy rozumie się oddalenie jej od równika ku północy lub południu a przez *szerokość* gwiazdy oddaleniu jej od ekliptyki także na północ lub południe.



5. *O kątach nachylenia poziomu.* Gdy równik jest prostopadły do poziomu, czyli gdy poziom przechodzi przez bieguny równika, wtedy położenie sfery niebieskiej nazywa się prostem; każde zaś inne położenie tej sfery nazywa się ukośnem, gdyż wtedy równik jest nachylony do poziomu. Koło poziome jest też inne w sferze prostej, a inne w ukośnej. W poziomie sfery prostej wszystkie gwiazdy wschodzą i zachodzą, a dni są zawsze równe nocom, gdyż poziom przez bieguny przechodzący dzieli wszystkie równoleżniki, obrotem dziennym opisane, na dwie równe części. Przeciwnie, w miejscu gdzie oś ziemską prostopadłą jest do poziomu, t. j. pod biegunami, tam nie nie wschodzi i nie zachodzi, lecz wszystkie gwiazdy wirowym biegiem krążąc ciągle są widzialne albo ciągle ukryte, chyba, że je inny ruch na widok spowodzi, jakim jest bieg roczny słońca, z którego wynika, że przez pół roku trwa tam dzień ciągły, a przez resztę czasu noc, i oprócz zimy i lata nie ma tam innych pór roku, ponieważ w tem miejscu schodzi się równik z poziomem. W położeniu zaś sfery ukośnem gwiazdy niektóre zawsze są widzialne, a inne zawsze ukryte, przez to dni i noce są nierówne. W miejscu, gdzie poziom jest pochyły, podług wielkości nachylenia, dotyka dwóch równoleżników, z których jeden w stronie bieguna widzialnego odgranicza część nieba zawsze widzialną, a w stronie przeciwnej, gdzie biegun jest zasłonięty, część nieba niewidzialną. Po między temi granicami, przez całą szerokość pasa przechodzący poziom, dzieli wszystkie pośrednie równoleżniki na dwie nierówne części, wyjąwszy równik będący największym kołem z równoleżników, gdyż ten z poziomem, będącym także kołem wielkiem, przecina się na dwie połowy. Sam więc poziom pochyły na półkuli północnej, w stronie bieguna widzialnego, odcina łuki równoleżników większe od tych, które są na południu w stronie bieguna zakrytego; przeciwnie na półkuli południowej, łuki na których się nam słońce w ruchu dziennym pokazuje, są mniejsze; ztąd powstaje nierówność dni i nocy.

6. *Różnice między cieniami południowemi.* W cieniach, rzuconych przez przedmioty pionowe do poziomej podstawy



przytwierdzone, w chwili gdy słońce wskazuje południe, zachodzą znaczne różnice, dlatego jedni mieszkańcy zowią się *wkołocienni* drudzy *dwucienni*, a inni znowu *jednocienni*. Nazwa mieszkańców wkołociennych pochodzi ztąd, że cień słoneczny naokoło im towarzyszy; są to mieszkańcy, których punkt wierzchołkowy (zenit) mniej albo niewięcej oddala się od bieguna ziemi, jak zwrotnik od równika. Tam bowiem równoleżniki, których poziom dotyka, i które są granicami gwiazd zawsze widzialnych lub zakrytych, są większe od zwrotników, albo im równe. A ztąd gdy słońce w półroczu letniem znajduje się wśród gwiazd ciągle widzialnych, skazówki czyli przedmioty pionowo na poziomie stojące, rzucają cień w około siebie na wszystkie strony. Gdy zaś poziom dotyka kół zwrotnikowych, koła te zakreślą granicę gwiazd ciągle widzialnych i ciągle zakrytych. Dla tego też słońce w stanowisku (przesileniu) letniem o północy wydaje się, jakby dotykało brzegu ziemi w której to chwili ekliptyka schodzi się z poziomem i od razu sześć znaków zwierzyńca wschodzi. Świadcami podobnych zjawisk są mieszkańcy pasów ziemi położonych pomiędzy kołami biegunowemi a samemi biegunami.

Dwucienni mieszkańcy są tacy, którzy rzucają południowe cienie raz z jednej, drugi raz z drugiej strony siebie; są to mieszkańcy położeni pomiędzy zwrotnikami. Ponieważ w całej szerokości tego pasa koło ekliptyki jest dwa razy prostopadłe do poziomemu, przeto dwa razy znikają tam cienie skazówek, gdy zaś słońce przejdzie z jednej na drugą stronę równika, skazówki kompasowe rzucają cień raz na południe drugi raz na północ. My zaś którzy między wkołociennymi a dwuciennymi mieszkańcami się znajdujemy jesteśmy *jednocienni*, dla tego że tylko w jedną stronę, t. j. ku północy rzucały cienie w południe; podobnie są jednocienni mieszkańcy pasa umiarkowanego południowego z tą atoli różnicą, że ich cienie południowe zwrócone są ku południu. Starożytni matematycy zwykli byli całą powierzchnię ziemi dzielić na siedm klimatów, które przechodziły przez miasta: Meroe, Siennę, Aleksandryą, wyspę Rodus, przez Hellespont,



przez środek Pontu, przez Borysten i przez Bizancyum, a inne przez każdy w szczególności równoleżnik stosownie do różnicy i wzrostu największych dni.

7. *Dzień największy, obszerność wschodnia i inne nierówności dni.* W czasie porównań dnia z nocą słońce stoi na równiku, i dzień na całej ziemi jest równy nocy, trwa godzin dwanaście. W miarę jak słońce odsuwa się od równika ku jednemu z biegunów, wzrasta długość dnia na jednej, a maleje na drugiej półkuli; dzieje się to zaś aż do przesilenia, czyli do chwili, w której słońce dosięga największej odległości od równika. Z tego powodu wschód słońca następuje codziennie w innym punkcie poziomu, a w ciągu całego roku przebieży słońce swoim pozornym ruchem znaczny łuk tegoż poziomu; czyli wschód słońca od dnia najdłuższego do najkrótszego opisze na poziomie łuk, nazwany obszernością wschodnią słońca. Takowa dla punktów powierzchni ziemskiej, położonych w jednakiej odległości od równika, jest jednakowa, ale z przeciwnych stron równika przypada i sprawia odwrotne długości dni i nocy. Tak np. mieszkańcy północnej półkuli mają wtedy dzień najdłuższy a noc najkrótszą, kiedy w tej samej od równika odległości znajdujący się mieszkańcy półkuli południowej, mają dzień najkrótszy a noc najdłuższą; gdyż obszerności wschodnie słońca są w obu razach nierówne; na północy jest obszerność najdłuższa, a na południowej stronie równika najkrótsza. Z tego łatwo dostrzedz, że obszerność wschodu zależy od położenia miejsca na powierzchni ziemi i od zboczenia słońca, czyli od jego oddalenia od równika; mając też wiadomą szerokość miejsca oraz zboczenie słońca, z łatwością można znaleźć miejsce wschodu słońca na poziomie i długości dnia, jaka odpowiada danemu miejscu.

*Uwaga.* Rzecz objaśniona w tym rozdziale okazana jest za pomocą twierdzeń geometrii Euklidesa, wraz z zastosowaniem niektórych sposobów rozwiązywania trójkątów kulistych, co obecnie odbywa się w sposób daleko krótszy i prostszy przez użycie różnych środków ułatwiających. W końcu rozdziału podane są tablice zależne od szerokości miejsca na powierzchni ziemi oraz



zboczenia słońca, a podające różnicę wznoszeń prostych sfery ukośnej. Tablice te służyły do znalezienia długości dnia i nocy.

8. *O godzinach i częściach dnia i nocy.* Jeżeli całą długość dnia, t. j. czas od wschodu słońca do zachodu, podzielimy na dwanaście części równych, otrzymamy wielkość tak zwanych godzin czasowych. Godziny takie od swojego dnia, którego zawsze są dwunastemi częściami, przybierają nazwisko; stąd to napotykamy u starożytnych nazwiska godzin letnich, równonocnych, zimowych. I nie inne od wschodu do zachodu, tylko te dwanaście godzin początkowo używane były; noc jednak dzielono na cztery czuwania, zwane strażami nocnymi. Używanie takich godzin utrzymywało się długo, i do tego wynaleziono klepsydry, za pomocą których przez zmniejszanie i dolewanie cieknących płynów, stosownie do różnej długości dnia, godziny oznaczano, żeby i przy pochmurnem niebie nie zgubić rachuby czasu. Później zaś, gdy podział na godziny równe dla dni i nocy jako łatwiejszy do spostrzeżeń, został przyjęty, owe czasowe godziny tak dalece wyszły z użycia, iż gdybyś kogo dziś zapytał o pierwszą albo inną jaką godzinę dnia, nie umiałby na to odpowiedzieć, a przynajmniej powiedziałby to, co do rzeczy najmniej należy. Nawet i liczenie samo godzin równych jedni zaczynają od południa, inni od północy, niektórzy nawet od wschodu albo zachodu słońca.

*Uwaga 1.* Obecnie podział doby, t. j. czasu dnia wraz z nocą, przyjęty jest wszędzie na 24 godzin równych; początek dnia liczy się od północy w życiu potocznem, astronomowie zaś przyjmują takowy w południe.

*Uwaga 2.* W rozdziale 9-tym i 10-tym, 11-tym i 12-tym księgi drugiej podane są właściwie zadania z trygonometrii kulistej, służące do znalezienia wzajemnego związku pomiędzy poziomem i ekliptyką; w tym celu są także obliczone tablice wznoszeń prostych znaków ekliptyki tak w położeniu prostem, jak ukośnem sfery, oraz tablica kątów ekliptyki z poziomem, przy czem wskazany jest sposób użycia tych tablic.

9. *O wschodzie i zachodzie gwiazd.* Dawni astronomowie odróżniali wschody i zachody prawdziwe od pozornych;



a oprócz tego wschody ranne i wieczorne. Z pomiędzy prawdziwych wschodów jest ranny wschód gwiazdy wtedy, kiedy gwiazda razem ze słońcem pokazuje się nad poziomem; zachód zaś ranny wtenczas, gdy ze wschodem słońca gwiazda zachodzi; w całym pośrednim czasie od wschodu do zachodu słońca, wschód i zachód gwiazd nazywano rannym. Wschód zaś wieczorny jest wtedy, gdy z zachodem słońca gwiazda z pod poziomu wychodzi; a zachód wieczorny wtenczas, gdy z zachodem słońca gwiazda również zachodzi; w całym pośrednim czasie wschód i zachód nazywa się wieczornym. Z pomiędzy zaś pozornych wschodów jest ranny wschód gwiazdy wtedy, gdy ta ze świtem i przed wschodem słońca najprzód ma się pojawić i zaczyna się na poziomie pokazywać; ranny zaś zachód jest wtedy, kiedy gwiazda zdaje się na ostatku zachodzić przed mającem wzniść słońcem. Wieczorny wschód pozorny jest wtenczas, gdy w zimmerchu wieczornym gwiazda zdaje się po raz pierwszy pokazywać na wschodzie; zachód zaś wieczorny, gdy po zachodzie słońca gwiazda przestaje być widzialną. To co się wyżej powiedziało o gwiazdach stałych, stosuje się także do planet Saturna, Jowisza i Marsa. Wenus zaś i Merkury odbywają swoje wschody i zachody w odmienny sposób; one bowiem pogrążone w blasku promieni słonecznych pokazuja się tylko wtedy, gdy albo słońce wyprzedzają, albo za niem postępują. Od prawdziwych wschodów i zachodów różnią się pozorne, według blasku i wielkości każdej gwiazdy, tak iż gwiazdy mające większe światło krócej bawią w promieniach słońca, aniżeli gwiazdy słabszego światła. Granice znikania i pojawiania się gwiazd dają się oznaczyć z odległości słońca pod poziomem, gdy bowiem słońce znajduje się na 18 stopni pod poziomem,—która to odległość jest granicą zimmerchu i świtu,—wtedy z wieczora pokazuja się nawet mniejsze gwiazdy, a zrana znowu znikają w miarę zbliżania się słońca ku poziomowi.

Dla gwiazd stałych największych pierwszego rzędu, granica znikania lub pojawiania się wynosi prawie 12 stopni, dla Saturna, Jowisza, i Marsa blisko 11 stopni, dla planety Wenus 5 sto-



pni, t. j. gdy słońce znajduje się w takich odległościach pod poziomem, gwiazdy pomienione zaczynają się pojawiać z wieczora, a znikają z rana.

*Uwaga.* W rozdziale 14-jej książki znajduje się szczegółowy opis narzędzia zwanego przez Ptolemeusza *Astrolobem*, oraz sposób użycia takiego do oznaczenia położenia gwiazd. Obecnie są dokładniejsze narzędzia do tego celu służące, dla tego opis ten pomijamy. Potem następuje opis a raczej wyliczenie gromad gwiazd stałych, długości i szerokości gwiazd pojedynczych, oraz ich wielkość. Jestto zatem katalog gwiazd, którego położenia są odniesione do gwiazdy  $\gamma$  Barana, tę bowiem gwiazdę Kopernik obrał za pierwszą i za niezmienny początek długości innych gwiazd; postąpił zatem odmiennie od Ptolemeusza który takiż katalog gwiazd odniósł do zmiennego punktu równonocnego.

### Księga trzecia.

#### 1. *Poprzedzanie punktów równonocnych i stanowisk słońca.*

Po opisanii zjawisk na niebie, jak się oku przedstawiają, przejdziemy do zjawisk zależących od biegu rocznego ziemi; z tego powodu potrzeba najprzód powiedzieć o zmianie punktów równonocnych, dla tej albowiem zmiany utrzymywano, że gwiazdy stałe także biegowi podlegają. Dawni astronomowie nie odróżniali roku zwrotnikowego, czyli naturalnego, zaczynającego się od równonocy lub stanowisk słońca, od roku, który się odnosi do jednej z gwiazd stałych. Ztąd wynikało, że lata olimpijskie zaczynane od wschodu gwiazdy Syryusza, uważane były za też same, co lata liczone od stanowisk słońca; pochodziło to od nieznamomości różnicy pomiędzy jednym rokiem a drugim. Dopie-Hipparch Rodyjski, mąż zadziwiającej przenikliwości, pierwszy dostrzegł, że lata wspomniane nie są sobie równe; jakoż wyznaczając ściślej długość roku doszedł, że rok, odniesiony do gwiazd stałych, jest dłuższy od roku odnoszącego się do punktów równonocnych, lub stanowisk słońca. Ztąd wniósł, że gwiazdy stałe podlegają pewnemu ruchowi kierunkowemu, tak jednak powolnemu, iż ten nie zaraz spostrzedz się daje. Z upływem ato-



li długiego czasu okazał się ten ruch najwidoczniejszym, bo teraz wschód i zachód znaków zwierzyńcowych, oraz gwiazd stałych bardzo się różni od tego, jaki starożytni naznaczali. Jakoż dwanaście znaków ekliptyki, które początkowo zgadzały się z położeniem samych gromad, od których nazwiska otrzymały, znacznie dziś od tych gromad odstąpiły. A nadto, sam ruch tychże znaków okazuje się niejednostajnym, i z tego powodu dla wyjaśnienia tej nierówności podawano różne tłumaczenia. Jedni przypisywali go pewnemu ważeniu się świata wiszącego, i sądzili, że wahanie to odbywa się w pewnych granicach, których rozległość na 8 stopni oceniali. Takie atoli zdanie nie mogło się ostać, bo się widocznie pokazało, że gwiazdy na głowie Barana, równie jak i inne, przeszło o 24 stopnie odsunęły się od punktu równonocnego wiosennego, a jednakże od tyłu wieków nie wykryto najmniejszego śladu peryodu tej zmiany. Inni znów mniemali, że cała sfera gwiazd stałych wprawdzie postępuje, ale ruchem niejednostajnym; żadnego atoli prawa nie wskazywali. Oprócz tego pokazało się jeszcze, że pochyłość ekliptyki nie jest dziś taką, jaką była za czasów Ptolemeusza. Z tych powodów wymyślili niektórzy dziewiątą, inni nawet dziesiątą sferę, chcąc pomienione zmiany wytłumaczyć, jednak nie osiągnęli tego, co zamierzali. Zaczęto już nawet mówić o jedenastej sferze, ale że wszystkie te koła były zbyteczne, okazemy to mówiąc o biegu rocznym ziemi. Tutaj zaś powiemy, że punkty równonocne i zwrotnikowe zdają się naprzód postępować, nie dla tego, iżby sfera gwiazd stałych biegiem kierunkowym poruszać się miała, ale raczej, że równik, będąc nachylony do płaszczyzny ekliptyki, wstecz po niej się ślizga stosownie do kołującego się ruchu osi ziemskiej. W taki sposób przecięcia równonocne ekliptyki z równikiem, oraz cała pochyłość ekliptyki postępują naprzód z wpływem czasu, a gwiazdy stałe zostają w tyle. Wymiar tego ruchu i przyczyna jego zmiany dla tego starożytnym nie były znane, że ruch ten odbywa się nadzwyczaj powolnie, gdyż od tyłu wieków, jak go ludzie najprzód poznali, zaledwie piętnastą część całego okręgu, czyli 24 stopnie ukoń-



czył. Wszelako przy pomocy spostrzeżeń aż do naszych czasów doszłych podamy coś pewniejszego w tym względzie.

2. *Spostrzeżenia dowodzące niejednostajności wyprzedzania punktów równonocnych i zwrotnikowych.* W r. 294 przed Chr. podał Tymocharis Aleksandryjski, którego staraniem było oznaczenie położenia gwiazd stałych, odległość gwiazdy zwanej Kłosem Panny ( $\alpha$  Virginis) od letniego stanowiska słońca na  $72^{\circ} 20'$ , a szerokość południową tejże gwiazdy na  $2^{\circ}$ . W 166 lat później znalazł Hipparch gwiazdę we Lwie, zwaną Regulusem, albo Bazyliuszkiem, oddaloną na  $29^{\circ} 20'$  od stanowiska letniego. Następnie Menelau, astronom rzymski w r. 98 po nar. Chr. podał odległość Kłosa Panny od letniego stanowiska słońca na  $86^{\circ} 15'$ ; a Ptolemeusz w r. 139 po Chr. otrzymał na odległość Regulusa we Lwie od stanowiska letniego  $32^{\circ} 30'$ , zaś na odległość Kłosa Panny  $86^{\circ} 30'$ . W r. 879 po Chr. przybyło spostrzeżenie Mahometa Araceńskiego, zasługujące na wielką wiarę; według tegoż był Regulus oddalony o  $44^{\circ} 5'$  od stanowiska letniego, szerokość zaś Regulusa pokazała się niezmienną.— W r. 1525 po Chr. znaleziona we Frauenburgu odległość Kłosa Panny od początku znaku Wagi wynosiła  $17^{\circ} 21'$ , a zboczenie czyli oddalenie od równika  $8^{\circ} 41'$  na południe. Z porównania tych i podobnych spostrzeżeń pokazuje się, że odległość tej samej gwiazdy od punktów równonocnych, albo stanowiska słońca, jest zmienną i powiększa się z upływem czasu; a oprócz tego, że wyprzedzanie punktów równonocnych nie jest jednostajnem, ale podlega pewnym wahaniom; jakoż powolniejszym było takowe przed Ptolemeuszem, aniżeli po nim, a potem znowu prędkość jego wzrastała aż do naszych czasów. Lecz oprócz wspomnianych zmian punktów równonocnych okazuje się jeszcze, że także pochyłość ekliptyki, czyli kąt jaki ona tworzy z równikiem, ulega odmianom. Ta zmiana pochyłości była najmniejszą przed Ptolemeuszem, po nim zaś powiększała się, a później znowu malała.

3. *Zasady, za pomocą których tłumaczy się zmiana punktów równonocnych i pochyłość ekliptyki.* Trudno byłoby zape-



wne podać inną przyczynę powyżej przytoczonych zjawisk nad tę, iż oś ziemską i bieguny koła równikowego podlegają pewnemu kołysaniu, które pochodzi od biegu rocznego ziemi. Ekliptyka, czyli koło przechodzące przez środek pasa zwierzyńcowego, pozostaje niezmienną, jak tego dowodzą spostrzeżenia, z których się pokazuje, że szerokość, czyli oddalenie od ekliptyki, pewnych gwiazd stałych pozostało niezmiennem. Natomiast ulega zmianie równik. Gdyby bowiem ruch osi ziemskiej, a zarazem położenie równika, odpowiadały wprost i ściśle biegowi jej środka, wtedy nie byłoby wyprzedzania punktów równonocnych i zwrotnikowych: ale że te dwa biegi różnią się między sobą i to nie o równą ilość, ztąd nastąpić musiało, że także punkty równonocne i stanowisk słońca wyprzedziły ruchem niejednostajnym miejsca gwiazd stałych. Toż samo stosuje się i do ruchu zбочenia, czyli oddalenia gwiazd od równika, który także nie jednako wpływa na zmianę pochyłości równika do ekliptyki. Z tej przyczyny należy sobie wystawić dwa ruchy w biegunach ziemskich, zawisłe od siebie i podobne do wahań kołyszących; oba te ruchy są powolne. Wskutek jednego z tych ruchów bieguny ziemskie opisują na niebie około biegunów ekliptyki małe koła; a wskutek drugiego podlega oś ziemi w ciągu jej po niebie krążenia małemu wahaniu naokoło średniego bieguna, pomykającego się jednostajnie po obwodzie koła. Taki średni biegun dla tego przyjąć należy, aby łatwiej było można za pomocą niego poznać przyczynę nierówności. Jakoż przypuścimy, że ten biegun średni opisuje naokoło bieguna ekliptyki mały okrąg, jak wyżej nieco powiedzieliśmy; wtedy skutkiem tego będzie jednostajna powolna zmiana w położeniu równika względem ekliptyki. Ale przez to nie zostanie wyjaśniona niejednostajność wyprzedzania punktów równonocnych, która się z spostrzeżeń w różnych czasach robionych wyprowadzić daje; z tego względu potrzeba jeszcze przyjąć drugi ruch osi ziemskiej, a mianowicie, że biegun prawdziwy tej osi odbywa ruch wahadłowy naokoło bieguna średniego. Wskutek tego ostatniego ruchu przechodzą bieguny i równik ziemski z jednej strony



na drugą od biegunów średnich, nachylając się ku nim w stałych granicach, i przez to sprawiając, że ruchy te jakkolwiek jednostajnie odbywane, zmiennymi się nam wydają. Pod wpływem takiego podwójnego kołysania, równocześnie się odbywającego, opisuje biegun ziemski z postępem czasu na sferze nieba pewne linie do wieńca okręconego podobne.

*Uwaga 1.* W rozdziale 4-tym znajduje się dowodzenie sposobu, w jaki ruch kołysania powstaje z ruchów kołowych; dowodzenie oparte jest na geometrii i służy właściwie do okazania twierdzenia w pierwszej księdze podanego, że bieg ciał niebieskich jest jednostajny, albo z ruchów jednostajnych, kołowych złożony (porówn. ks. I. 4).

*Uwaga 2.* W rozdziale 5-tym księgi trzeciej podane jest tłumaczenie nierówności wyprzedzania punktów równonocnych i zmiany pochyłości ekliptyki; całe to tłumaczenie polega na twierdzeniach geometrii Euklidesa i zmierza do wyrażenia wielkości ruchu, od którego pomieniona nierówność zależy, przez cięciwy okręgu koła, tudzież do okazania że ruch taki przez to zmiennym się wydaje, iż jest prędszym przy środku, a wolniejszym przy obwodzie koła. Zamiast geometrycznego dowodzenia podobnego ruchu, lepiej tu przypomnieć tę okoliczność, że przykład jego widzimy na ruchu wahadła, pionowo ustawionego; to zaś jest niemal powszechnie znane.

6. *O średnich zmianach punktów równonocnych i pochyłości ekliptyki.* Wszelki ruch kołowy pozorny i zmienny przechodzi przez cztery granice: pierwsza jest tam, gdzie ruch wolnym się okazuje; druga, gdzie jest szybki; trzecia zaś i czwarta, gdzie jest umiarkowany. Jakoż ruch ten od końca zmniejszania się, a początku wzrostu, przechodzi do średniego, a od średniego wzrasta w chyżości, potem znowu od szybkiego dąży do średniego, z kądem przewyżką biegu średniego do pierwszego wraca opóźnienia. Według tego można poznać, w której części okręgu koła przypadało miejsce zmiany samego ruchu. Najdawniejsze spostrzeżenia stwierdzają tę zmianę i zarazem wykazują, że okresy, w których odbywa się obieg wyprzedzania punktów równonocnych, oraz powrót ekliptyki do tego samego stanu, nie są



między sobą równe, lecz że okres powrotu ekliptyki jest dwa razy większy od peryodu wyprzedzania punktów równonocnych. Ze spostrzeżeń wyprowadzona średnia zmiana roczna punktów równonocnych, wynosi mało co więcej nad  $50\frac{1}{5}$  sekund łuku, t. j. o taką ilość posuwa się rocznie równik na ekliptyce i wskutek tego wszystkie punkty tejże oddalają się wstecz czyli cofają od punktów równonocnych, które są wspólném przecięciem równika z ekliptyką.

*Uwaga 1.* Dla uwidocznienia pomienionych powyżej zmian, oraz łatwiejszego ich zastosowania do rachunku, podane są odpowiednie tablice na końcu 6-go rozdziału.

*Uwaga 2.* W rozdziałach 7-mym aż do dziesiątego włącznie znajduje się szczegółowy rozbiór odnoszący się do wyprzedzania punktów równonocnych i zmiany pochyłości ekliptyki; cała rzecz oparta jest na wykreśleniach, i rozwiązaniu geometrycznych zadań, w połączeniu z ilościami ze spostrzeżeń otrzymanemi.

*Uwaga 3.* W rozdziale 11-tym podane jest oznaczenie epok średniego biegu punktów równonocnych oraz ich zmian; w 12-tym zaś rozdziale jest mowa o rachowaniu wyprzedzania równonocy wiosennej i pochyłości ekliptyki.

13. *Wielkość roku słonecznego i jego odmiana.* Ponieważ czas obiegu ziemi naokoło słońca czyli w ogólności długość roku, odniesiona do punktów równonocnych albo stanowisk słońca, jako początku, okazuje się nierówną, a to z powodu zmiany, jakiej wskutek kołysania się osi ziemskiej doznaje sam pomieniony początek, przeto wypada nam przyjąć inną miarę dla wyznaczenia długości roku. Taką miarą jest rok gwiazdowy, t. j. czas jakiego potrzebuje słońce w swoim pozornym biegu, ażeby dosięgło téj samej gwiazdy stałej. Taki rok należy odróżnić od zwyczajnego, który sprowadza cztery pory roku i nazywa się także zwrotnikowym, a którego początek liczy się od punktów równonocnych, albo od stanowisk słońca. Że długość roku zwyczajnego nie jest stateczną, potwierdzają to liczne spostrzeżenia starożytnych, dla tego lepiej jest odnieść bieg słońca do sfery gwiazd stałych i nie słuchać Ptolemeusza, który za niedorzeczność i niestosowność



uważał bieg roczny słońca powrotem do pewnej gwiazdy stałej wymierzać. W oznaczeniu roku gwiazdowego mogą zachodzić pomyłki, ale w każdym razie nieznaczące; pomyłki te mają swoje źródło w niejednostajnym biegu środka ziemi naokoło słońca. Z przyczyn wywołujących nierówność biegu ziemi napotykamy głównie cztery następujące: Pierwszą nierównością jest wyprzedzanie punktów równonocnych, o czym już była mowa. Skutkiem drugiej nierówności słońce zdaje się opisywać nierówne łuki ekliptyki, nierówność ta nazywa się także równaniem rocznym drogi. Trzecia nierówność przyczynia się do zmiany poprzedniej nierówności i może być nazwana drugą zmianą. Czwarta nierówność zmienia linię największej i najmniejszej odległości środka ziemi od słońca, czyli mimośród drogi. Z tych czterech nierówności tylko druga była znana Ptolemeuszowi.

*Uwaga 1.* W rozdz. 14-tym jest podobna długość roku gwiazdowego, wynosząca według Kopernika 365 dni, 6 godzin, 9 minut, 40 sekund, która obecnie pokazuje się blisko o 29 sekund za wielką; następnie wielkość średniego biegu rocznego i dziennego ziemi, z których ostani wynosi 59' 8,"2. Do rozdziału tego dodane są tablice ułatwiające rachubę obu pomienionych biegów.— Długość roku zwrotnikowego, t. j. od punktów równonocy liczonego, znalazł Kopernik równą: 365 dni, 5 godz. 48 minut, 45 sekund, tylko o 3 sekundy mniejszą od dzisiejszej.

*Uwaga 2.* W rozdziałach 15-tym aż do 25-go włącznie objaśnione są geometrycznie nierówności pozornego biegu słońca, o których wspomnieliśmy pod 13, oraz podany jest sposób rachowania położenia słońca według tablic na ten cel ułożonych.

26. *O dobie t. j. zmianie dnia słonecznego prawdziwego.* Dla uzupełnienia wykładu o biegu pozornym słońca pozostaje nam jeszcze powiedzieć nieco o zmianie dnia prawdziwego, którego trwanie 24 godzin równych wynosi. Taki dzień prawdziwy określali jedni czasem upłynionym pomiędzy dwoma posobie następującymi wschodami słońca,—jak Chaldejczycy i izraelska starożytność; inni przedziałem czasu pomiędzy dwoma zachodami, jak Ateńczycy; inni znowu czasem upłynionym od jednej do nastę-



pnej północy, jak Rzymianie; inni trwaniem od jednego do drugiego południa, jak Egipcyanie. Jednakże taki dzień prawdziwy niejest zawsze równy i nie może być uważany za stałą i powszechną miarę biegu ciał niebieskich. Z tego powodu wypadało obrać pewien dzień średni i jednostajny. Ponieważ w ciągu całego rocznego obiegu ziemia uskutecznia 365 obrotów naokoło swej osi, do których jeszcze z codziennego wzrostu z przyczyny pozornego biegu słońca po skończonym roku ściśle jeden obrót przybywa przeto wypada, że 365-ta część tego czasu jest wielkością dnia średniego słonecznego. Długość zatem takiego dnia obejmuje w sobie trwanie całego obrotu równika oraz tę część drogi, jaką słońce w tymże czasie jednostajnym ruchem zdaje się przebiegać. Początek takiego dnia średniego, będącego miarą czasu w ogólności, przyjmują astronomowie w południe.

*Uwaga 1.* Ściśle biorąc, odróżniają astronomowie trojaki czas; a mianowicie czas gwiazdowy, czas średni, i czas prawdziwy. Ażeby poznać różnicę pomiędzy tym trojakim czasem, musimy wiedzieć, co jest dzień, gwiazdowy, średni, i prawdziwy. Otóż przez dzień gwiazdowy, rozumiemy czas potrzebny do jednorazowego obrotu ziemi naokoło osi, czyli czas upływający pomiędzy dwoma bezpośrednio po sobie następującemi górowaniami, t. j. chwilami, w których gwiazda dosięga najwyższego punktu nad poziomem, czyli kiedy dosięga południka. Początek dnia gwiazdowego przyjmuje się wtedy, kiedy punkt równonocy wiosennej przechodzi przez południk.

Dzień średni, jak to już powyżej powiedzieliśmy, jest 365-tą częścią tego czasu, jakiego ziemia potrzebuje do uskutecznienia całego rocznego obiegu. Związek pomiędzy dniem gwiazdowym a średnim jest taki, że średni dzień jest blisko o 4 minuty dłuższy od gwiazdowego.

Przez dzień prawdziwy słoneczny rozumiemy czas, jaki upływa pomiędzy dwoma po sobie bezpośrednio następującemi górowaniami słońca. Prawdziwe południe jest zatem wtedy, kiedy słońce znajduje się na południku pewnego miejsca. Dzień prawdziwy z tego powodu nie może być miarą czasu, że jest niejednostajny, gdyż słońce nie po równiku, tylko po ekliptyce swój bieg pozorny odbywa, a oprócz tego sam bieg słoń-



ca po ekliptyce nie jest jednostajnym. Z tych przyczyn południe prawdziwe następuje wcześniej, lub później, aniżeli średnie. Chcąc skutecznie zamianę jednego czasu na drugi, nie można obejść się bez odpowiednich tablic, które rachunek ułatwiają i w potocznych zajęciach astronomów nader często znajdują zastosowanie.

*Uwaga 2.* Obecnie służą do mierzenia czasu znane powszechnie zegary, które zatrzymując regularność swojego biegu, wskazują czas średni. Jeżeli zaś tak są urządzone, że codziennie blisko o 4 minuty przyspieszają, wtedy mogą służyć do mierzenia czasu gwiazdowego. Czas prawdziwy słoneczny wskazują kompasy, według kierunku cienia, przez wskazówkę na nich umieszczoną, rzuconego. Ażebym z takiego czasu przez kompas wskazanego poznać czas średni, potrzeba mieć tabelkę podającą różnicę pomiędzy czasem prawdziwym a średnim; tabelka taka powinna być właściwie przy każdym kompasie umieszczona, ażeby z niej można było dowiedzieć się, ile należy minut, lub sekund dodać do czasu prawdziwego, albo od niego odjąć, ażeby otrzymać odpowiedni czas średni. W braku podobnej tabelki tylko w przybliżeniu można czas ocenić według kompasu.

## Księga czwarta.

Wyłożywszy według możności zjawiska wynikające z biegu ziemi naokoło słońca, zwrócimy się teraz do innych ciał niebieskich ruchomych, ażeby w podobny sposób wytłumaczyć ich biegi. Zaczniemy od księżycy, towarzysza ziemi, który około środka jęj swój bieg odbywa i największe z nią ma podobieństwo. Ponieważ atoli ruch księżycy nie ostrzega o ruchu własnym ziemi przeto starożytni mniemali, że ziemia raczej jest środkiem świata i wszystkich biegów ciał niebieskich. My wprawdzie nie różnimy się od starożytnych co do tego, że księżycy około ziemi swój bieg odbywa, jednakże przywiedziemy inne dowody różne od starożytnych, a bardziej zgodne z istotą rzeczy; zapomocą tych dowodów oprzemy bieg księżycy na pewniejszych podstawach.

1. *Teorya kół księżycowych według mniemania starożytnych.* Bieg księżycy nie odbywa się na ekliptyce, ale na własnem kole



pochyłem, które dzieli ekliptykę na dwie połowy i samo podobnie od niej jest podzielone; księżyc w biegu swoim raz znajduje się na południowej, drugi raz na północnej stronie ekliptyki, a granice, których w taki sposób dosięga, są w biegu jego tem, czem przesilenie w biegu rocznym słońca, i nie dziwnego, bo czem jest rok dla słońca, tem jest miesiąc dla księżyca. Średnie miejsca przecięć drogi księżycowej z płaszczyzną ekliptyki, jedni nazywają punktami zaćmień, inni węzłami. Złączenie i przeciwległość księżyca i słońca, przypadające w tych punktach, nazywają zaćmieniomami, ponieważ w tych tylko punktach wspólnych obu dwu kołom, zaćmienia słońca i księżyca przytrafić się mogą. W innych zaś punktach, odsunięcie księżyca sprawia, że oba te ciała nie pozbawiają się światła, lecz przechodząc mimo siebie, nie stają sobie na przeszkodzie. Droga księżyca pochyła do ekliptyki posuwa się także równo około środka ziemi, dziennie blisko o trzy minuty łuku, a w 19 latach kończy cały swój obieg. Na tej drodze i jej płaszczyźnie widzimy księżyc zawsze kierunkowo krążącym, raz wolniej, drugi raz prędzej. Bieg ten jest wtedy wolniejszy, kiedy księżyc jest odleglejszy, a przędzy kiedy jest bliższy ziemi. Zmiany tego ruchu księżyca dały się prędzej dostrzedz z przyczyny jego bliskości, aniżeli w której innej gwiazdzie ruchomej; jakoż rozumiano że to pochodzi od epicykla, na którym księżyc krążąc po górnym łuku odbywał bieg wolniejszy od średniego, a na dolnym łuku przędzy. Z powodu licznych zmian dostrzeganych w ruchu księżyca, a których starożytni objaśnić dostatecznie nie mogli, sądzono że koło, po którym epicykl krążył, nie jest współśrodkowem z ziemią, ale mimośrodowem; z tego względu wymyślono dwa biegi wzajem sobie przeciwne, i w środku ziemi równe; a mianowicie, jeden bieg epicykla kierunkowy, czyli postępowy, a drugi wsteczny koła mimośrodowego; tym sposobem w jednym miesiącu epicykl dwa razy obiegał mimośrodowe koło, iwydał się raz mniejszym, drugi raz większym.

*Uwaga.* Dla lepszego zrozumienia powyższego rozdziału, należy określić: złączenie i przeciwległość księżyca i słońca; oraz znaczenie epicy-



*kla*. Przez *złączenie* rozumiemy takie położenie, w którym księżyc i słońce z ziemi uważane znajdują się na tej samej stronie, czyli kiedy pomiędzy ziemią a słońcem znajduje się księżyc, jak to ma miejsce na nowiu księżycy. Przez *przeciwność* zaś rozumie się położenie, w którym księżyc i słońce znajdują się z przeciwnych stron ziemi, t. j. kiedy ziemia stoi pomiędzy księżycem a słońcem, jak to bywa w czasie pełni księżycowej.

Przez *epicykl* rozumiemy koło, na którego obwodzie znajdujący się punkt, ruch swój odbywa równocześnie ze środkiem samego koła krążącym po innem kole. Łatwo sobie zrobić przybliżone wyobrażenie o podobnym ruchu, utkwivszy np. na obwodzie obręczy jaki punkt widoczny, a potem wprawivszy obręcz w ruch. Różnica, jaka tu zachodzi, jest taka, iż okrąg epicykla uważa się jakby nieruchomy, a tylko punkt na nim umieszczony w ruchu; gdy tymczasem w ruchu obręcz jest punkt utkwiony, a cała obręcz tocząc się swoim obwodem przenosi ten punkt do coraz innego miejsca wraz ze środkiem swoim, który w pewnym kierunku ruch odbywa. Ruch księżycy odbywany po epicyklach naokoło ziemi należy sobie zatem tak wyobrazić, że wkażdym miesiącu księżyc przebiegł dwa razy epicykl, równocześnie kiedy środek koła, po którym krążył epicykl, raz tylko powracał do słońca.

2. *Niedostateczność powyższej teorii starożytnych*. Rozbierając pilniej rzecz o biegu księżycy, jak go pojmowali starożytni, znajdziemy, że samo ich założenie jest niedostatecznem. Albowiem gdy przyznamy, że ruch środka epicykla równo się odbywa naokoło środka ziemi, musimy także przyznać, że ruch epicykla na kole mimośrodowem przez niego opisanem, jednostajnym być nie może; a wtedy cóż odpowiemy na to twierdzenie, że bieg ciał niebieskich jest jednostajny i tylko pozornie wydaje się nierównym.? Zadziwia nas i to, że bieg księżycy po epicyklu chcą rozumieć nie względnie do środka ziemi, ale do innego jakiegoś punktu; pomiędzy zaś tym a środkiem koła winna ziemia zajmować pośrednie miejsce. Potem doświadczenie i sam rozum nas uczy, że paralaxy księżycy nie odpowiadają tym ważnościom, jakie wielkość samych kół zapowiada; paralaxy bowiem, które starożytni kommutacyami zowią, wynikają z znacznego wymiaru zie-



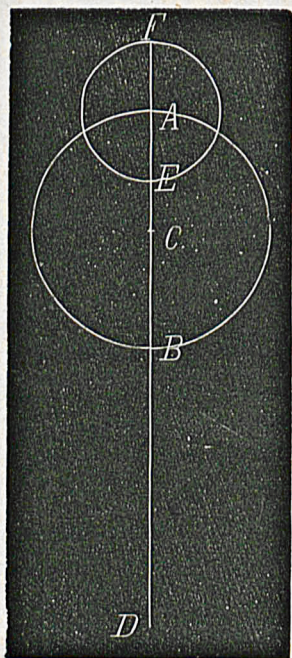
mi względnie do odległości księżycy. Linie bowiem proste z powierzchni ziemi i jej środka poprowadzone do księżycy, nie pokazują się już równoległymi, lecz nachylnymi do siebie tak, iż w samym księżycu się przecinają i muszą koniecznien sprawić zmianę w położeniach pozornych księżycy. Takie paralaxy zmieniają się z odległością księżycy od ziemi. Największa odległość księżycy wynosi  $64\frac{1}{6}$  promieni ziemskich, a najmniejsza według układu starożytnych powinna wynosić  $33\frac{1}{2}$  tychże promieni, aby księżyc o połowę swej odległości do ziemi się zbliżył; w skutek tego paralaxy księżycy w najmniejszej i największej odległości, powinny dwa razy większe różnice przedstawiać; co atoli tak nie jest, jak to na swoim miejscu obszerniej wykażemy. Najlepiej zaś wykrywa błąd sama pozorna wielkość tarczy księżycy, która według zasady starożytnych dwa razy większą i tyleż razy mniejszą, powinny się wydawać, stosownie do tego, czy księżyc znajduje się najbliżej czy też najdalej od ziemi. Że jednak tak nie jest może każdy się przekonać, nawet bez użycia narzędzi; gdyby zaś nie zaufał swojemu wzrokowi, mógłby się przecież o tem przekonać, mierząc średnicę księżycy jakim odpowiednim narzędziem, a wtedy znalazłby, że ta tylko się o tyle różni w różnych odległościach księżycy, o ile tego wymaga epicykl bez mimośrodowego koła.

*Uwaga.* Przez paralaxę, o której powyżej była mowa, rozumiemy kąt, pod jakim przedstawia się promień ziemi uważany ze środka księżycy. Według dzisiejszych spostrzeżeń, w średniej odległości księżycy, równej 60 promieniom ziemskim, wynosi jego paralaxa 57 minut w łuku.

3. *Inne zdania o obiegu księżycy.* Skoro zatem z powyższego się pokazuje, że nie może być koła mimośrodowego, na którym epicykl wydawałby się raz mniejszym, drugi raz większym, przeto musi być inny układ. Jakoż niech będzie epicykl *A B*, który uważać będziemy jako pierwszy i większy, w punkcie *C* jego środek, w *D* środek ziemi, następnie koło, którego



średnica  $EF$ , a środek  $A$ , niech będzie innym małym epicyklem; wszystko zaś na tej samej płaszczyźnie pochyłej drogi księżyca. Niech środek  $C$  pierwszego epicykla posuwa się biegiem kierunkowym naokoło ziemi, środek zaś drugiego epicykla  $A$  niech postępuje biegiem wstecznym; następnie niech znowu księżyc poruszając od punktu  $F$  w górnej stronie małego epicykla  $EF$ , postępuje biegiem kierunkowym, zachowując ten porządek, iż gdy  $DC$  odpowiada średniemu miejscu słońca, księżyc wtedy znajduje się najbliżej środka  $C$ , czyli w punkcie  $E$ , w kwadrach zaś najdalej t. j. w punkcie  $F$ . Według tego założenie odpowiada układ kół pozornym biegom księżyca; wypada bowiem, że księżyc w jednym miesiącu dwa razy obiega epicykl  $EF$ , gdy tymczasem środek  $C$  raz tylko powraca do słońca; przeto księżyc w nowiu i pełni zdaje się opisywać najmniejsze koło mające promień  $CE$ , w kwadrach zaś największe koło  $CF$ . Biegi księżyca dają się tłumaczyć przez koło z mimośrodem, ale wtedy potrzeba zachować odpowiednie stosunki z takiego założenia wynikające. Wprawdzie zachodzi tu nie mała trudność z powodu paralaxy, która nie da się oznaczyć za pomocą kątomiarów lub innych narzędzi; jednakże hojność przyrody zaradziła w tym względzie życzeniu człowieka, pozwalając ściślej oznaczyć paralaxę za pomocą zaćmień księżyca, aniżeli za pomocą narzędzi; te zaćmienia są najdogodniejsze do dochodzeń biegu księżyca.



4. *O obrotach księżyca i jego biegach oddzielnych.* Między najdawniejszymi astronomami, zajmującymi się biegiem księżyca, był Meton Ateńczyk (na 433 lat przed Chr.), który pokazał, że 19 lat słonecznych zawierają 235 miesięcy księżycowych; ztąd okres ten dziesiętnastoletni nazwano Metońskim. Ta liczba tak



dalece się podobała, iż ją w Atenach i znaczniejszych miastach na publicznych rynkach wystawiano; jest ona nawet do dziś dnia zwykle używaną, gdyż za pomocą niej poznaje się tworzenie pewnym porządkiem początków i końców miesięcy. Hipparch (żyjący na 150 lat przed Chr.) rozbierał głębiej peryody księżyca, i porównawszy wypadki otrzymane z zaćmień księżycowych z temi jakie zostawili Chaldejczycy, wyrachował, że okres miesiący powraca po 345 latach egipskich, 82 dniach i jednej godzinie, który to okres mieści w sobie 4267 obiegów miesięcznych. Dzieląc liczbę dni w powyższych latach zawartą, t. j. 126007 dni i 1 godzinę, przez liczbę miesięcy, otrzymamy długość jednego miesiąca równą: 29 dni, 12 godzin i blisko 44 minut. Na mocy tej ważności, otrzymuje się także bieg księżyca dla każdego czasu. Jakoż znajduje się bieg dzienny księżyca rachowany od słońca równy:  $12^{\circ} 11' 26,7''$ , która to liczba otrzymuje się z podzielenia miesięcznego obiegu t. j.  $360^{\circ}$  przez liczbę dni w miesiącu. Znając dzienny bieg otrzymamy także roczny z rozmnożenia 365 dni przez tenże bieg dzienny.

*Uwaga.* W tymże rozdziale 4-m są jeszcze podane okresy biegu anomalii i szerokości księżyca, a oprócz tego dołączone tablice średniego biegu księżyca, jego anomalii i szerokości.

5. *Tłumaczenie pierwszej nierówności biegu księżyca przy padającej w nowiu i pełni.* Przystępując do zasady nierówności biegu księżyca, którą za pomocą epicykla wytłumaczemy, zaczniemy od tej nierówności, która przypada w złączeniach i przeciwległościach ze słońcem. Starożytni astronomowie dla wykrycia tej nierówności użyli trzech par zaćmień księżycowych z podziwienia godną trafnością. I my tejże drogi przez nich podanej trzymać się będziemy. W tym celu weźmiemy trzy zaćmienia księżyca pilnie przez Ptolemeusza uważane, i z temi porównamy trzy inne z równą ścisłością oznaczone, a to dla wykrycia czy biegi księżyca wyżej wyłożone są niezmiennie. Pierwsze zaćmienie przez Ptolemeusza użyte, uważane było dnia 6 maja 133 po Chr. Było ono całkowite, a czas środka zaćmienia nastąpił



o godzinie 10 minut 15 wieczorem odnośnie do południka w Krakowie lub w Frauenburgu. Drugie zaćmienie, mówi Ptolemeusz przypadło w r. 134 po Chr. dnia 20 Października, księżyc zaćmiony był od strony północnej na dziewięć dwunastych części swojej średnicy; środek zaćmienia przypadł na dwie godziny przed północą. Trzecie znowu zaćmienie przypadło w r. 136 po Chr. dnia 6 marca; księżyc zaćmionym był od strony północnej do połowy swojej średnicy; środek zaćmienia przypadł o godzinie trzeciej po północy według czasu w Krakowie, podobnie jak wyżej. Obliczywszy te zaćmienia na podstawie epicykla księżycowego, oraz średnich biegów księżyca i słońca, otrzymamy średnie oddalenie kątowe księżyca od słońca. W podobny sposób postąpimy z rachunkiem trzech innych zaćmień księżycowych, jak najstaranniej w Frauenburgu uważanych. Pierwsze zaćmienie przypadło w r. 1511 po Chr. w nocy z dnia 6 na 7 października; początek zaćmienia nastąpił o godzinie 10 minut 52 sekund 30 przed północą, podług czasu średniego; zaćmienie zaś skończyło się o godzinie 2 minut 20 po północy; środek nastąpił w pół godziny, minut 5 po północy; księżyc cały był pograżony w cieniu. Drugie zaćmienie także całkowite przypadło w roku 1522 po Chr. w nocy z 5 na 6 września; początek nastąpił na 24 minut przed północą podług czasu średniego, środek zaćmienia o godzinie 1 minut 20 po północy. Trzecie zaćmienie uważane było w r. 1523 po Chr. dnia 26 sierpnia o godzinie 2 minut 48 po północy; środek zaćmienia całkowitego nastąpił o godzinie 4 minut 25 po północy. Po obliczeniu tych zaćmień na podstawie, jak poprzednio, znajdziemy bieg średni księżyca, o który tenże się różni od biegu rocznego ziemi a z porównania wypadków z otrzymanymi z poprzednich zaćmień, przekonamy się, czy biegi średnie księżyca w obu razach są dokładne.

*Uwaga 1.* Obliczenie przytoczonych zaćmień, i porównanie ich z położeniem słońca, przeprowadza Kopernik na podstawie epicykla księżycowego i innych geometrycznych wykreśleń, oraz twierdzeń Euklidesa; całą tę rzecz połączoną z różnemi trudnościami



mi, jakie pochodziły z niedostateczności ówczesnych środków, a głównie z braku dokładnych tablic słońca i księżyca, przeprowadza z nieocenioną ścisłością.

*Uwaga 2.* W rozdziale szóstym robi porównanie wypadków z rachunku otrzymanych i znajduje że takowe są prawie zgodne z temi, jakie starożytni podawali. Jakoż do biegu księżyca wyznaczonego przez Hipparcha i Ptolemeusza brakuje zaledwie pół stopnia łuku, o którą to ilość wypadki jego są większe.

*Uwaga.* W rozdziale 7-m podane są miejsca księżyca dla różnych epok, jako to: pierwszej olimpiady, Aleksandra Wielkiego, Juliusza Cezara i narodzenia Chrystusa. Przy tem odniesione są wszystkie te położenia do południka Krakowskiego, ponieważ Frauenburg, gdzie zwykle robione były spostrzeżenia, leży pod tym samym południkiem co Kraków, jak to pokazały zaćmienia księżyca i słońca w obu tych miejscach jednocześnie uważane. Z późniejszych atoli wyznaczeń różnicy południków pomiędzy Krakowem i Frauenburgiem, pokazało się, że te południki nie schodzą się, jak to Kopernik przyjmował, ale że różnica pomiędzy nimi wynosi w czasie 1 minutę i 10 sekund, o którą to ilość Kraków bardziej na wschód jest położony, aniżeli Frauenburg.

8. *Druga nierówność biegu księżyca i stosunek pierwszego do drugiego epicykla.* Największa zmiana biegu, dochodząca do  $7^{\circ} 40'$  przypada w średnich kwadrach, gdy księżyc w połowie oświecony, zaczyna wzrastać lub ubywać, co też i spostrzeżenia starożytnych pokazują. Uważali oni bowiem czas, w którym księżyc w połowie oświecony, dochodził do średniej odległości epicykla od ziemi, t. j. czas, gdy linia poprowadzona od środka ziemi była styczną do epicykla, co za pomocą rachunku można było wyznaczyć. Chwila taka nadawała się z tego względu najlepiej do zamierzonego celu, że wtedy księżyc znajdując się na ekliptyce o  $90^{\circ}$  oddalony od wschodu lub zachodu, nie podlegał zmianie, jaką mogła wywołać paralaxa w długości. Dla tego za pomocą astrolabu mierzono odległość kątową księżyca od słońca, a po wykonaniu porównania znaleziono podaną powyżej ilość  $7^{\circ} 40'$  wskazująca, że o tyle różniło się prawdziwe położenie księżyca od średniego. Szukając teraz promienia epicykla



odpowiadającego téj największej różnicy biegu i porównywając takowy z długością promienia należącego do epicykla w nowiu i pełni księżyca, znajdziemy stosunek promieni dwóch epicyklów i przekonamy się, że promień epicykla w nowiu i pełni daleko jest mniejszy, aniżeli w kwadrach księżyca.

*Uwaga 1.* W rozdziale 9-m znajduje się obliczenie największych różnic biegu księżyca, kiedy tenże od najdalszego punktu epicykla zdaje się niejednostajnie ruch swój odbywać.

*Uwaga 2.* W rozdziale 10-m jest mowa o wyznaczeniu biegu pozornego, z wiadomego biegu średniego księżyca, sposobem rysunkowym, ku czemu dodany jest przykład z spostrzeżeń Hipparcha.

*Uwaga 3.* W rozdziale 11-m jest mowa o ułożeniu tablicy popraw czyli równań biegu księżyca, a następnie dodana jest tablica tychże równań.

*Uwaga 4.* Rozdział 12-y obejmuje opis sposobu rachowania biegu księżyca.

13. *O dochodzeniu biegu księżyca w szerokości.* Bieg księżyca w szerokości, czyli odległości jego od ekliptyki zdaje się dla tego do wykrycia trudniejszym, że wiele okoliczności stoi tu na przeszkodzie. Jeżeli jednak zbadamy zaćmienia księżycowe, które ile można jak najdłuższym czasem od siebie są rozdzielone, i które przypadły w przeciwnych stronach ekliptyki, oraz w przeciwnych węzłach, t. j. punktach przecięcia ekliptyki z drogą księżyca, wtedy z dostateczną dokładnością będziemy mogli oznaczyć bieg księżyca w szerokości. Z licznych zaćmień dawniej uważanych weźmiemy zaćmienie, które przytacza Klaudyusz Ptolemeusz; przypadło ono roku 150 po śmierci Aleksandra W. Drugie uważane było w Frauenburgu w r. 1509 dnia 2 czerwca. Oba te zaćmienia były bardzo do siebie podobne, i przypadały w przeciwnych stronach ekliptyki i przeciwnych węzłach. W pierwszym był księżyc zaciemniony na 7 cali swojej średnicy od strony północnej, w drugim zaś na ośm blisko cali tejże średnicy od strony południowej; oba zaćmienia przypadły, jak powiedziano poprzednio, przy przeciwnych węzłach drogi

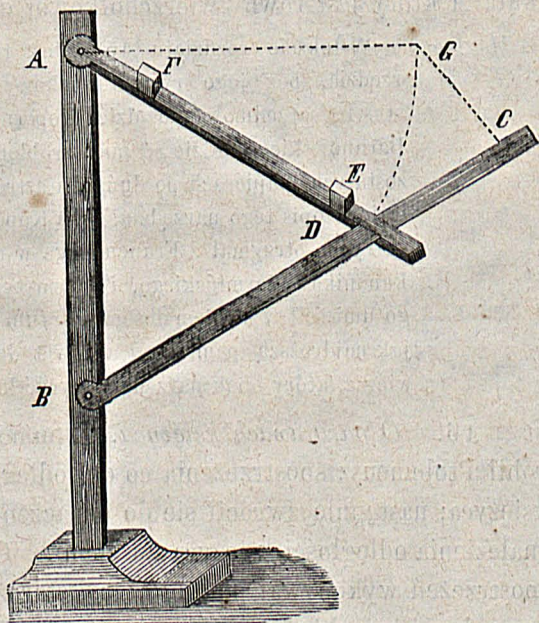


księżycowej. Uwzględniwszy powyższe warunki obu zaćmień, oraz tę okoliczność, że słońce w każdym z nich znajdowało się prawie w punkcie najdalszym, znajdziemy prawdziwy i średni bieg księżyca w szerokości. Jakoż w przedziale czasu pomiędzy obu zaćmieniami, wynoszącym 1683 lat, 88 dni, 22 godzin, 35 minut, ukończył księżyc 20577 obiegów średnich, i oprócz tego łuk  $179^{\circ} 51'$ , który wskazuje średni bieg jego w szerokości.

*Uwaga.* W rozdziale 4-m podane są miejsca księżyca co do szerokości jego w różnych główniejszych epokach; jako to dla epoki pierwszej Olimpiady, Aleksandra W., Juliusza Cezara i narodzenia Chrystusa.

15. *Skład narzędzia paralaktycznego.* Klaudyusz Ptolemeusz uważał położenie księżyca, kiedy tenże w Aleksandryi zbliżał się do punktu wierzchołkowego i znalazł za pomocą narzędzia zbudowanego do dochodzenia paralaxy księżyca, które paralaktycznem nazwał, że

najmniejsza odległość księżyca od punktu wierzchołkowego wynosiła tylko  $2^{\circ} 7\frac{1}{2}'$ , gdyby księżyc w tem miejscu podlegał jakiej paralaxie, takowa musiałaby być bardzo



nieznaczna. Z wiadomej szerokości geograficznej miasta Aleksandryi, którą Ptolemeusz przyjmował równą  $30^{\circ} 58\frac{1}{2}'$  oraz z znanego kąta pochyłości ekliptyki wynoszącego  $23^{\circ} 51\frac{1}{3}'$  wyprowadził on największą szerokość księżyca blisko  $5^{\circ}$  docho-



dzącą. Narzędzie paralaktyczne składa się z trzech lasek drewnianych; t. j. jednej stałej  $AB$ , i z dwóch ruchomych  $AD$  i  $BC$ , z których  $BC$  podzielona jest na 1414 równych części. Pionowa laska  $AB$  jest równa lasce  $AD$ . Długość zaś laski ruchomej  $BC$  musi być taka, iż gdy laska także ruchoma  $AD$  staje się poziomą, wtedy punkty  $C$  i  $D$  obu tych lasek schodzą się z sobą w miejscu na figurze głośką  $G$  oznaczonem. Ztąd wypada, że linia podziałowa  $BC$  jako przeciwprostokątna zawiera 1414 takich części, jakich  $AD$  obejmuje 1000. Dla nadania promieniowi ocznemu właściwego kierunku znajdują się w punktach  $E$  i  $F$  ruchomej laski  $AD$  dwa przezierniki z otworami podłużnymi, z których  $F$  jest szerszy, a  $E$  węższy. W trójkącie  $ABD$  dwa boki  $AB$  i  $AD$  są sobie równe i każdy zawiera po 1000 części, podstawa zaś  $BD$  zmienna służy do obliczenia kąta  $A$  który jest równy wierzchołkowej odległości gwiazdy.

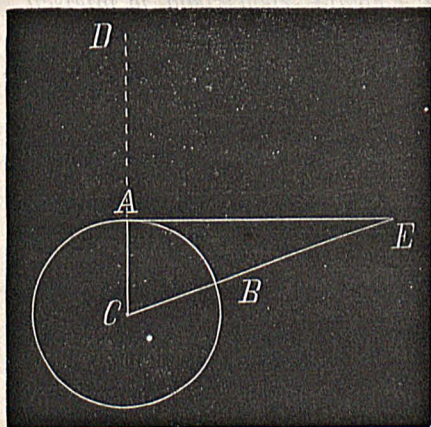
*Uwaga.* W tekście rozdziału 15-go jest tylko opis powyższego narzędzia, bez jego rysunku; takowy atoli umieszczony jest na str. 19 przedmowy do dzieł Kopernika z roku 1854 przez p. Baranowskiego, gdzie również zrobiony jest dodatek, że w pozostałych papierach po duńskim astronomie Tycho-Brahe znaleziono opis tego narzędzia, ręką Kopernika zbudowanego, które Tycho otrzymał z Frauenburga w darze od Jana Hanowiusa kanonika Warmińskiego, i darem tym tak był uradowany, iż go umieścił w swoim obserwatorium w Uranienburgu, i cenił jak najdroższą pamiątkę, a nawet dla uwiecznienia jej ułożył wiersz, który obok narzędzia wryć kazał.

16. *O paralaxach księżycy.* Z pomocą takiego narzędzia robił Ptolemeusz spostrzeżenia co do odległości wierzchołkowej księżycy; następnie zwrócił się do oznaczenia paralaxy jego i do znalezienia odległości księżycy od ziemi. Cały rachunek swoich spostrzeżeń wykonywał podług teorii starożytnych o kole z mimośrodem i epicyklu, i okazał, że największa odległość księżycy od środka ziemi w punkcie odziemnym epicykla, w czasie nowiu i pełni, wynosiła  $64\frac{1}{2}$  promieni ziemskich; najmniejsza zaś odległość księżycy w punkcie najbliższym czyli przyziemnym epicykla, t. j. w kwadrach gdy księżyc w połowie oświecony, wynosiła tylko



$33\frac{33}{60}$  promieni ziemskich. Ztąd także oznaczył wielkość paralaxy poziomej, gdy księżyc oddalony jest o  $90^\circ$  od punktu wierzchołkowego (zenitu); a mianowicie najmniejszą  $53' 34''$  największą  $1^\circ 43'$ . Wypadki te jednak są dalekimi od prawdy, jak wykazały dostrzeżenia księżyca we Frauenburgu zrobione. Z tych się bowiem pokazało, że teoria o księżycu, z kołem bez mimośrodu i epicyklem daleko lepiej zgadza się z dostrzeżeniami, i daje na wielkość paralaxy wypadek mniejszy od tego, jaki podał Ptolemeusz; różnica pomiędzy pomienionymi wypadkami dochodzi do pół stopnia i więcej.

17. *O odległości księżyca od ziemi.* Bez znajomości odalenia księżyca od ziemi nie można wskazać stałej zasady paralaxy, albowiem odległość i paralaxa wzajemnie od siebie zależą, jak to na figurze lepiej objaśnimy: Okrąg koła przedstawia tu



ziemię, której środek w punkcie  $C$ , zaś  $A$  jest miejscem spostrzegacza, na którego poziomie wschodzi księżyc oznaczony głośką  $E$ ; punkt  $D$  wskazuje miejsca zenitu na sferze niebieskiej; linija  $A E$  styczna do okręgu koła w  $A$ , wskazuje odległość księżyca od miejsca spostrzegacza, zaś linija  $C E$  odległość jego od środka ziemi; kąt  $A E C$  oznacza paralaxę księżyca.

Gdyby księżyc był, podobnie jak gwiazdy stałe, tak od ziemi oddalony, iżby odległość jego w porównaniu z promieniem ziemskim  $A C$  okazała się nadzwyczaj wielką, wtedy kąt  $A E C$  stał by się tak małym, iżby żadnego nie miał wpływu na położenie samego księżyca. Ale gdy w rzeczywistości księżyc ma odległość w porównaniu z gwiazdami stałymi prawie nieznaczną, zatem kąt jego paralaxy wywiera wpływ na jego położenie, a to w ten sposób, że księżyc uważany z powierzchni ziemi ma inne położenie na niebie, aniżeli wtedy, gdy



by był uważany ze środka ziemi. Ten kąt paralaxy jest tem większy, im bardziej księżyc zbliży się do ziemi; wpływa zaś tak na położenie samego księżyca, że patrzącemu ze środka ziemi wydałby się o tyle wyżej na niebie położonym, o ile wynosi paralaxa, czyli krótko mówiąc w skutek paralaxy spostrzegacz na powierzchni ziemi umieszczony, widzi księżyc niżej, aniżeli by go widział patrząc ze środka ziemi. Zmierzywszy kąt  $DAE$ , który wyraża odległość księżyca od punktu wierzchołkowego, oraz znając wielkość kąta  $AEC$  będącego paralaxą księżyca, można także znaleźć stosunek linii  $AE$  i  $CE$  do promienia ziemi  $AC=BC$ . Z spostrzeżeń w Frauenburgu zrobionych znaleziono, że odległość największa księżyca, w pełni lub nowiu przypadająca, wynosi  $65\frac{1}{2}$  promieni ziemskich, najmniejsza zaś  $55\frac{2}{15}$  tychże promieni.

18. *O średnicy księżyca i cienia ziemskiego w miejscu, w którym przechodzi księżyc.* Z odmianą odległości księżyca od ziemi zmieniają się także pozorne średnice księżyca i cienia ziemskiego. Wiadomo że w czasie zaćmień księżyc wchodzi w cień przez ziemię rzucony, a zdarza się to w różnych odległościach jego od ziemi, a zatem także w różnych średnicach cienia ziemskiego. Za pomocą niektórych cząstkowych zaćmień księżyca, jesteśmy w stanie znaleźć średnicę jego i średnicę cienia ziemskiego. Weźmy ku temu celowi dwa zaćmienia; w jednym z nich był księżyc w chwili środka zaćmienia, pogrążony na trzy cale, czyli  $\frac{3}{12}$  części swojej średnicy, w cieniu przez ziemię rzuconym; szerokość księżyca czyli oddalenie od ekliptyki, wynosiła  $47' 54''$ . W drugim zaś był księżyc zaćmiony na 10 cali czyli  $\frac{5}{6}$  średnicy, przy szerokości  $29' 37''$ ; różnica zatem zaćmionej tarczy księżyca wynosiła w obu razach 7 cali, a różnica w szerokości  $18' 17''$ . Liczby te mają się do siebie w takim stosunku, jak 12 cali do łuku  $31' 20''$ , który odpowiada średnicy księżyca. Co do promienia cienia ziemskiego, mamy znowu taki rachunek: W pierwszym zaćmieniu występował środek tarczy księżyca, w chwili środka zaćmienia, nad cień ziemi o  $\frac{1}{4}$  średnicy, co odpowiada łukowi szerokości  $7' 50''$ , a ten odjąwszy od szeroko-



ści księżycyca 47' 54" w pierwszym zaćmieniu, otrzymamy na promień cienia ziemskiego 40' 4". Taką samą liczbę znajdziemy i w drugim zaćmieniu, w czasie którego środek księżycyca zanurzył się w cieniu na 10 cali, z tych przewyższały szerokość księżycyca 4 cale, czyli  $\frac{1}{3}$  część średnicy jego, albo łuk 10' 27", który dodawszy do szerokości w drugim zaćmieniu znajdziemy jak poprzednio ważność 40' 4" na promień cienia. Ptolemeusz podał na wielkość średnicy księżycyca przy jego największej odległości od ziemi, także 31' 20" i taką wielkość naznaczył średnicy pozornej słońca, na promień zaś cienia wypadało podług niego 1° 31' 20", sądził przeto, że promień cienia jest  $2\frac{3}{5}$  razy większy od promienia księżycyca.

*Uwaga.* Obecnie przyjmują na wielkość pozorną średnicy słońca 32' 2 $\frac{1}{2}$ " w średnim oddaleniu słońca od ziemi; wielkość promienia cienia ziemskiego dochodzi od 38' 24" do 46' 38", a wielkość średnicy księżycyca 31'  $\frac{1}{6}$ ".

19. *O wyznaczeniu odległości słońca i księżycyca od ziemi, oraz długości osi cienia ziemskiego.* Słońce podlega wprawdzie paralaxie, podobnie jak księżyc, ale gdy takowa jest bardzo małą, nie łatwo daje się wyznaczyć, z tego powodu odległość słońca od ziemi daje się wyprowadzić tylko ze związków, zachodzących między słońcem księżycem i ziemią w czasie zaćmień. Ptolemeusz tym sposobem wyznaczył odległość tych trzech ciał niebieskich od siebie, ale otrzymał wypadki od prawdziwych dalekie. Jakoż przyjął on średnicę pozorną słońca 31' 20" i taką wielkość naznaczył średnicy księżycyca w pełni i nowiu, gdy księżyc jest najbardziej oddalony od ziemi, czyli według niego na  $64\frac{1}{6}$  promieni ziemskich. Z tych danych wyprowadził Ptolemeusz za pomocą rysunku i rachunku na odległość słońca od ziemi 1210 promieni ziemskich, a na długość osi cienia ziemskiego 268 tychże promieni. Inni atoli astronomowie, późniejsi od Ptolemeusza, postrzegli, że te oznaczenia nie dosyć zgadzają się z prawdą i podali niektóre odmienne ważności. Przyjęli oni również z Ptolemeuszem, że największa odległość księżycyca w no-



wiu i pełni wynosi  $64\frac{1}{6}$  promieni ziemskich, a średnica pozorna słońca w punkcie najdalszym od ziemi  $31' 20''$ , ale przeczyli temu, że średnica księżyca była wtedy większa nad  $29' 30''$ ; z ich to oznaczeń pokazuje się, że największa odległość ziemi od słońca wynosi 1164, a długości osi cienia 254 promieni ziemskich. Takie oznaczenia atoli nie dadzą się z sobą w żaden sposób połączyć; przeto dla uporządkowania ich i sprostowania przyjmijmy średnicę pozorną słońca w największej odległości równą  $31' 40''$ , a średnicą księżyca w nowiu i pełni w punkcie odziemnym, czyli najbardziej od ziemi oddalonym, równą  $30'$  średnicę zaś cienia ziemskiego w miejscu gdzie księżyc przechodzi, równą  $80' 36''$ ; ztąd wypada nieco większy stosunek promienia cienia ziemskiego do promienia księżyca, aniżeli go Ptolemeusz i inni przyjmowali, a mianowicie zamiast  $2\frac{3}{5}$  będzie  $2\frac{7}{10}$  księżyc zatem w największem oddaleniu nie może całego słońca tarczą swoją zakryć, tylko wtenczas, gdy odległość jego od ziemi będzie równa 62 promieniom ziemskim. Ilości przez nas przyjęte lepiej się zgadzają z uważanemi zaćmieniami słońca i księżyca, i dają na odległość największą słońca od ziemi 1179, a na najkrótszą 1105, na długość zaś osi cienia ziemi 265 promieni ziemskich.

*Uwaga 1.* Paralaxa słońca, a z nią odległość słońca od ziemi, jest do dziś dnia nie zupełnie ściśle oznaczoną ilością; zapewne dokładniej, aniżeli za czasów Kopernika, który nie miał ani odpowiednich narzędzi, ani innych środków ułatwiających, jakimi następcy jego rozporządzać mogli. Wyznaczenie tej paralaxy polega na tej samej zasadzie, jaką dawni astronomowie przyjmowali, z tą jedynie odmianą, że obecnie ku temu celowi służą nie zaćmienia, ale przejścia planet Merkurego i Wenus przez tarczę słoneczną. W zjawiskach tego rodzaju zachodzi prawie to samo, co przy zaćmieniach księżyca, tylko że tarcza Merkurego lub planety Wenus jest w porównaniu z tarczą księżyca tak małą, że te planety pokazują się na jasnej tarczy słońca jako czarne punkciki, przechodzące od jednego brzegu na drugi. Do wyznaczenia paralaxy słońca najlepiej nadaje się przejście planety Wenus przez tarczę słońca, zjawisko rzadkie do-



syć i w nowszych czasach bacznią uwagę astronomów na siebie zwracające. Dla uważania go naprzód robią się przygotowania, wymagające licznych środków i znacznych kosztów. Ostatnie przejście planety Wenus przez tarczę słońca odbyło się w czerwcu r. 1761, a po niem odpowiednie w ośm lat później. Z obu tych przejść wyprowadził Encke na paralaxę słońca ważność  $8\frac{3}{5}$  sekundy łuku, która wszakże pokazała się za małą i w ostatnich latach potrzeba było powiększyć ją o  $\frac{3}{10}$  sekundy łuku. Następne przejście Wenusa odbędzie się dnia 8 grudnia 1874, a po niem znowu drugie w ośm lat później także w grudniu dnia 6. Po tych dwóch przejściach dopiero w latach 2004 dnia 7 czerwca, i 2012 dnia 5 czerwca będzie ziemia świadkiem podobnych zjawisk. Do spostrzeżeń nadchodzącego przejścia w r. 1874 robią się od znacznego czasu przygotowania, a to w celu, iżby paralaksę słońca, a z nią odległość jego od ziemi dokładnie wyznaczyć.

*Uwaga 2.* Ażby lepiej można zrozumieć podaną przez Kopernika ważność na odległość ziemi od słońca, wyrazimy takową w milach geograficznych, biorąc promień ziemi na równiku 859 mil, tę ilość rozmnożywszy przez 1179 znajdziemy odległość słońca od ziemi w milach równą 1013300 mil, tak jak ją wyprowadził Kopernik. Ta odległość jest 20 razy blisko mniejsza od obecnie przyjętej, ale nie można się temu dziwić, skoro paralaxę słońca, jak to niżej zobaczymy, autor „Obrotów ciał niebieskich“ przyjął równą 3', to jest także blisko dwadzieścia razy większą od obecnie przyjętej. Przy niedostateczności zaś środków i w braku dokładnych tablic słońca i księżyca, ani można myśleć było o lepszem wyznaczeniu tak małej ilości, jak paralaxa słońca, czyli kąt, pod jakim przedstawia się promień ziemi uważany ze słońca.

20. *Wielkość słońca, księżyca i ziemi.* Z ilości podanych w poprzedzającym rozdziale znajdziemy także stosunek względnej wielkości wszystkich trzech ciał, t. j. słońca, księżyca i ziemi. Jakoż najsamprzód otrzymamy stosunki odległości a mianowicie: odległość księżyca jest 18 razy mniejszą od odległości słońca od ziemi, i w takim stosunku jest promień księżyca do promienia słońca; następnie długość cienia ziemskiego znaleźliśmy 265 razy większą od promienia ziemi, do tego zaś dodawszy



odległość słońca od ziemi równą 1179 otrzymamy stosunek średnicy słońca do średnicy ziemi równy  $5\frac{9}{20}$ , to jest tyle razy jest średnica słońca większa od średnicy ziemi. Promień ziemi jest  $3\frac{1}{2}$  razy większy od promienia księżyca. Mając takim sposobem wyprowadzone stosunki rzeczywistych średnic wszystkich trzech ciał, znajdziemy także stosunki ich objętości, a mianowicie: słońce jest 162 razy większe od ziemi a siedm tysięcy razy od księżyca, kula zaś ziemiska większa od księżyca 43 razy.

*Uwaga.* Obecnie przedstawiają się powyższe stosunki, wyprowadzone z dokładniejszych spostrzeżeń, odmiennie od podanych przez Kopernika. I tak średnica prawdziwa słońca jest blisko równa 112 średnicom ziemskim, czyli 192700 mil geograficznych, średnica księżyca równa  $\frac{3}{11}$  średnicy ziemskiej, czyli 466 mil, a ztąd objętość słońca jest blisko półtora miliona razy większa od ziemi, a objętość ziemi znowu mało co większa nad 49 razy od kuli księżyca.

21. *Średnica pozorna słońca i jego paralawa.* Ponieważ też same ciała niebieskie wydają się mniejszemi, gdy są odleglejsze, a większemi, gdy bliżej znajdują się ziemi, przeto także pozorna wielkość słońca i księżyca, oraz paralaxy tychże wraz z odmianą odległości od ziemi, różnemi okazać się muszą. Co do słońca daje się to wszystko wyznaczyć w sposób następujący: Poprzednio podaliśmy największą odległość słońca od ziemi równą 1179 promieni ziemskich, a najmniejszą 1105, a z tego wypada pozioma paralaxa słońca w pierwszym razie równa  $2' 55''$ , w drugim zaś  $3' 7''$ ; lecz że nie łatwo tak małej różnicy zmysłami dostrzedz i ocenić, przeto bez popełnienia błędu przyjmijmy wszędzie paralaxę słońca równą  $3'$ . Dla pozornej średnicy słońca w największem jego oddaleniu od ziemi znajdziemy odpowiednią ważność, gdy uwzględnimy podany poprzednio stosunek wyrażający rzeczywistą średnicę słońca w promieniach ziemskich; a mianowicie z największej odległości słońca od ziemi 1179, oraz pomienionego dopiero stosunku równego  $5\frac{9}{20}$  promieni ziemskich, otrzymamy pozorną średnicę równą  $31' 48''$ ;



w drugim razie, gdy odległość słońca wynosi 1105 promieni ziemskich, przedstawia się nam średnica tarczy słonecznej pod kątem  $33' 54''$ .

22. *O średnicy księżycy nierówno pokazującej się i o jego paralaxach.* Z powodu mniejszej odległości księżycy od ziemi zachodzą większe zmiany w jego pozornej średnicy i jego paralaxach, aniżeli w słońcu. Dla ocenienia tych zmian podamy granicę w których takowe się odbywają, a mianowicie: gdy księżyc w nowiu i pełni znajduje się w największej odległości od ziemi, wynoszącej  $65\frac{1}{2}$  promieni ziemskich, wtedy średnica jego tarczy przedstawia się nam pod kątem blisko  $30'$ , a paralaxa jego w chwili wschodu lub zachodu wynosi  $52' 24''$ . Jeżeli zaś w nowiu i pełni księżyc zbliży się do ziemi na odległość  $55\frac{2}{15}$  promieni ziemskich, wtedy pozorna średnica jego równa się blisko  $35' 38''$ , a paralaxa  $62' 21''$ . W czasie kwadr wynosi największa odległość księżycy  $68\frac{7}{20}$  promieni ziemskich, pozorna zaś średnica  $28' 45''$ , a paralaxa  $50' 18$ ; druga granica odległości księżycy w kwadrach jest  $52\frac{17}{60}$  promieni ziemskich, a wtedy przedstawia się jego średnica pod kątem  $37' 34''$ , paralaxa zaś wynosi  $65' 45''$ . Do obliczenia średnich odległości posłużył nam znaleziony poprzednio stosunek promienia ziemi do promienia księżycy, t. j.  $3\frac{1}{2}: 1$ . Według Ptolemeusza i innych byłaby średnica pozorna księżycy równa  $1^{\circ}$  a zatem blisko dwa razy tak wielka, jak powyżej podane ważności.

*Uwaga 1.* Położenie księżycy jest odnośnie do ziemi bardzo zmienne, odległości też jego, a z niemi wielkość pozorną średnicy i kąty paralaxy, są obecnie ułożone w tablice, podawane zwykle w rocznikach astronomicznych. Według tychże daje się wszystko, co dotyczy położenia księżycy, ściśle na każdą chwilę obliczyć, przy tém wypadki są daleko dokładniejsze, aniżeli podane w powyższym rozdziale.

*Uwaga 2.* W rozdziale 23 jest mowa o przyczynie zmiany wielkości cienia ziemskiego, która to zmiana zależy od odległości ziemi od słońca i księżycy.

*Uwaga 3.* W rozdziale 24 podany jest tabellaryczny wykład paralax słońca i księżycy na kole wierzchołkowem, w nim geometrycz-



nie pokazano, że paralaxa, będąc największą wtedy, kiedy słońce lub księżyc znajdują się na poziomie, zmniejsza się, skoro te ciała niebieskie wznoszą się coraz bardziej nad poziom. W końcu rozdziału dołączone tablice paralax słońca i księżyca, oraz tablice pozornych promieni słońca, księżyca i cienia ziemskiego.

*Uwaga 4.* W rozdziale 25 wskazany jest sposób użycia tablic w poprzedzającym rozdziale podanych.

*Uwaga 5.* W rozdziale 26 jest mowa o wyznaczeniu paralaxy księżyca w długości i szerokości; co głównie za pomocą wykreślenia jest uskutecznione.

*Uwaga 6.* W rozdziale 27 jest podane obliczenie spostrzeżenia, jakie Kopernik robił w Bononii r. 1497 dnia 9 marca, uważając zakrycie przez księżyc świetnej gwiazdy w Hyadach (dźdźownikach), zwanej przez Rzymian Palilicium (Aldebaran, a Byka); całe to obliczenie ma służyć na potwierdzenie wypadków na paralaxę księżyca podanych; jakoż wyprowadzona paralaxa „prawie zgadza się z postrzeżeniem, dla tego tem mniej ktoś wątpić może o naszych zasadach, gdy wypadki z nich wyprowadzone są pewne,“ (słowa przy końcu rozdziału 27-go).

*Uwaga 7.* W rozdziale 28 jest wskazany sposób szukania średnich złączeń i przeciwległości księżyca i słońca, ku czemu zamieszczona także tablica w końcu rozdziału.

*Uwaga 8.* W rozdziale 29 jest wskazany sposób obliczenia prawdziwych złączeń i przeciwległości słońca i księżyca; rzecz ta służy do wyrachowania zaćmień obu tych ciał niebieskich, według sposobu używanego za czasów Kopernika.

*Uwaga 9.* W rozdziałach, 30 aż do 32-go, kończących księgę czwartą, podane są sposoby znalezienia za pomocą rachunku, czasu zaćmienia i jego wielkości. Przy samym zaś końcu ostatniego rozdziału powiada Kopernik: „To cośmy tu o księżycu powiedzieli, będzie dostatecznem; przedmiot ten u innych obszerniej jest wyłożony.“ Jakoż księżyc, jako gwiazda po słońcu najbardziej od najdawniejszych czasów na siebie uwagę człowieka zwracająca, był przedmiotem badania wielu astronomów, którzy wyprzedzili Kopernika, dla tego też powyższe słowa są bardzo słusznie wypowiedziane, tem więcej, że pomimo odmiennej te-



oryi biegu księżycy, jaką Kopernik starał się rozwinąć i udowodnić, w ogólnem tłumaczeniu tego biegu, postępował jak sam wielokrotnie przyznaje, za starożytnymi, a szczególnie za Ptolemeuszem. Nie ma w tem nic zadziwiającego, gdyż bieg księżycy za pomocą środków jakich dostarczyć mogły wiadomości matematyczne, za czasów Kopernika jeszcze zbyt niedostateczne, nie mógł być dokładnie zbadany. Nie małą też było pracą dla nieśmiertelnego autora „Obrotów ciał niebieskich“ przerebienie i sprostowanie przeróżnych tłumaczeń podawanych przez dawniejszych astronomów, i chociaż jego teoria nie była dokładną, w każdym jednak razie dawała zgodniejsze ze spostrzeżeniami wypadki.

### **Księga piąta.**

Dotąd opisaliśmy obroty ziemi około słońca, i obroty księżycy około ziemi, teraz przystąpimy do pięciu planet, które mają swój środek nie przy ziemi, ale raczej przy słońcu. Wykażemy to szczegółowo i widoczniej na podstawie biegów pozornych, dostarczonych nam przez starożytnych i współczesnych astronomów. Te pięć planet są: Saturn, Jowisz, Mars, Wenus i Merkury; odbywają one biegi w długości i szerokości z większą nierównością aniżeli księżyc.

1. *O obrotach planet i ich biegach średnich.* Na planetach dają się spostrzegać dwa bardzo odmienne biegi w długości, czyli w ich oddaleniu od punktów równonocnych, uważanem na ekliptyce. Jeden jest skutkiem biegu rocznego ziemi, drugi zaś jest biegiem własnym każdej planety. Pierwszy sprawia że spostrzegaczowi, który z ziemi uważa ruch planet, wydaje się jakoby planety raz postępowały naprzód, drugi raz zatrzymywały się a następnie znowu wstecznie cofały; od tej pozornej niestateczności nazwano ten bieg kommutacyjnym czyli paralaktycznym; zależy on wyłącznie od różnicy biegu ziemi i planet, oraz od wielkości dróg planetarnych. Saturn, Jowisz i Mars wtedy tylko pokazują się w swoich prawdziwych miejscach, gdy się znaj-



dują w przeciwności ze słońcem, co przypada w połowie ich biegów wstecznych. W biegach zaś Merkurego i Wenus inna zachodzi okoliczność. Te bowiem planety, kiedy są w złączeniu górnem ze słońcem, znikają w jego promieniach, i pokazują się dopiero wtedy, kiedy się oddalają od słońca w jedną lub drugą stronę, czyli kiedy zmierzają do swoich odsunięć (elongacyi) na wschód lub zachód od słońca. Starożytni poznali nierówność biegu planet i mniemali, że drogi ich kołowe mają linie największej i najmniejszej odległości (apsydy), do których nierówność biegu powraca; tym liniom nadawali oni niezmiennie położenie na sferze gwiazd stałych. Ta zasada otworzyła drogę do poznania średnich biegów planet i równych peryodów. Jakoż gdy dostrzeżono, że planeta względnie do słońca lub gwiazdy stałej doszła do tego miejsca, w którym była przez dawniejszych astronomów uważana, wnioskowano że planeta ukończyła wszelką nierówność swojego biegu i po przejściu wszystkich przemian wróciła do dawniejszego położenia względem ziemi. Tym sposobem z przedziałów czasu pomiędzy spostrzeżeniami wnosili o liczbie obrotów, a z tych znowu o biegu każdej planety. Ptolemeusz obiegi te podał w liczbie lat słonecznych zwrotnikowych też same jakie przejął od Hipparcha, jak sam zeznaje. Lecz mówiliśmy już o tem, że takie lata całkiem nie są sobie równe, z tego powodu użyjemy lat gwiazdowych, które się od gwiazd stałych rachują.

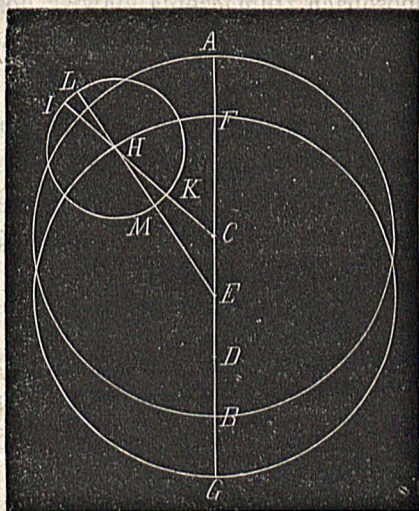
*Uwaga.* W końcu tego rozdziału są podane średnie biegi paralaktyczne planet w liczbach, a oprócz tego dołączone tablice tychże biegów dla każdej z pięciu powyżej wymienionych planet. Przy tem zrobiona jest uwaga, że biegi własne tych planet nie potrzebują być w podobne tablice układane, gdyż takowe będą wiadome, gdy biegi paralaktyczne odejmiemy od średniego biegu słońca.

2, *Tłumaczenie biegu kołowego i pozornego pięciu planet według zdania starożytnych.* Dawniejsi astronomowie, którzy uważali ziemię za nieruchomą, wymyślili dla Saturna, Jowisza,



Marsa i Wenusa koła z epicyklami, i oprócz tych inne jeszcze koło, po którego obwodzie epicykl równo się posuwał, a planeta po obwodzie epicykla. Dla lepszego zrozumienia tej rzeczy

wykreślmy okrąg koła promieniem  $AC$ ; na średnicy  $AB$  weźmy punkt  $D$  wyobrażający nam środek ziemi, odnośnie do tego punktu  $D$  będzie  $A$  punktem najodleglejším, czyli odziemnym, zaś  $B$  punktem najbliższym czyli przyziemnym, odległość punktu  $C$  od  $D$ , tak zwany mimośród, podzielmy w punkcie  $E$  na dwie równe części, i z punktu tego  $E$  promieniem równym  $AC$  nakerśmy drugie koło,

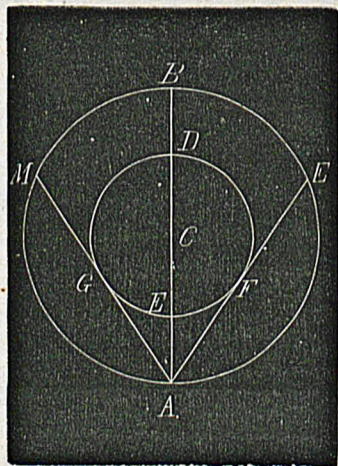


równe pierwszemu. Weźmy wreszcie gdziekolwiek na obwodzie tego drugiego koła mającego średnicę  $FG$  punkt  $H$  jako środek, i z niego nakerśmy mniejsze od poprzednich koło, przedstawiające nam epicykl  $JK$ , przez którego środek poprowadźmy proste linie  $JC$  i  $LE$ . Oba koła większe wyobrazić sobie potrzeba nachylone do ekliptyki, a epicykl  $JK$  nachylony do płaszczyzny koła, na którego obwodzie jego środek się znajduje; lecz dla dogodności tłumaczenia możemy uważać wszystkie powyższe koła na jednej płaszczyźnie umieszczone. Starożytni uważając ziemię za nieruchomą w punkcie  $D$ , mniemali że cała płaszczyzna, na której powyższe koła są umieszczone, obraca się około środka nieruchomego  $D$ , razem z punktami  $C$  i  $E$ , a to podług tego samego ruchu, jak gwiazdy stałe, czyli że położenie punktów  $C$  i  $E$  na sferze gwiazd stałych jest niezmiennie. Oprócz tego nadawali oni epicyklowi  $JK$  ruch kierunkowy (postępowy) na okręgu koła  $FG$ , wraz z linią  $JC$ , do której planeta równym biegiem na epicyklu powraca. Takim sposobem przyznawali starożytni ruch epicykla  $JK$  nie około środka  $E$ , ale oko-



ło  $D$ , i przypuszczali że ten ruch odbywać się może nie około własnego, ale około innego środka. Te i tym podobne tłumaczenia dały nam powód do myślenia o ruchu ziemi i o innych sposobach tłumaczenia zjawisk dostrzeganych.

3. *Ogólne tłumaczenie nierówności biegu pozornego planet z przyczyny biegu ziemi.* Dwie są przyczyny, dla których różny bieg planety, zmiennym nam się pokazuje; jedną z tych jest bieg ziemi, a drugą bieg własny planety. Dla wyjaśnienia zmienności biegu planet z powodu biegu ziemi, nakreślmy dwa koła



współśrodkowe, jedno większe a drugie mniejsze; wspólny ich środek  $C$  niech wyobraża słońce; obwód koła mniejszego niech wyobraża drogę, jaką planeta Merkury lub Wenus, których drogi objęte są roczną drogą ziemi, przebiega na około słońca, obwód zaś koła większego niech przedstawia drogę ziemi także na około słońca; płaszczyzny tych dróg wprawdzie nie schodzą się z sobą, ale są do siebie nachylone, tutaj jednak możemy dla łatwiejszego objaśnienia uważać

jakoby biegi planet odbywały się na tej samej płaszczyźnie, jak bieg ziemi. Przypuśćmy, że w pewnej chwili znajduje się ziemia w punkcie  $A$  swojej rocznej drogi, i z tego spostrzegacz uważa bieg planety na mniejszym kole swój ruch odbywającej. Jeżeli ziemia i planeta posuwają się w tę samą stronę, to jest w kierunku znaków zwróty, lecz planeta skutecznie swój bieg prędzej niż ziemia, wtedy oku znajdującego się w  $A$  spostrzegacza zdawać się będzie, jakoby punkt  $C$  i linia  $A C B$  posuwały się podług średniego biegu słońca, planeta zaś przebieży na kole  $D F G$  jakby na epicyklu, łuk  $F D G$  ruchem kierunkowym w dłuższym czasie, aniżeli łuk  $G E F$  biegiem wstecznym; pierwszy ruch powiększa średni bieg słońca o kąt  $F A G$ , a drugi o tyleż go zmniejsza. W punkcie przyziemnym  $E$ , gdzie



planeta ma bieg większy i przeciwny od pozornego biegu słońca, zdawać się będzie jakoby pozostała za punktem  $A$ . Tam zaś gdzie bieg planety i bieg pozorny słońca, przeciwny biegowi ziemi, są równe sobie, zdawać się będzie, jakoby planeta zostawała w miejscu, co wszystko potwierdzają spostrzeżenia. Największe odsunięcie (elongacja) planet Merkurego i Wenusa, na wschód i zachód od średniego miejsca słońca podług kątów  $F A E$  i  $G A E$  na figurze powyższej, nie okazuje się wszędzie jednakowem, a ztąd oczywisty wniosek, że biegi tych planet nie odbywają się po kołach współśrodkowych z drogą ziemską, ale po innych kołach, na których tworzą tę drugą nierówność. Tak samo tłomaczą się biegi trzech wyższych planet Saturna, Jowisza i Marsa, których drogi okrążają drogę ziemską; różnica zachodzi tylko ta, że koło mniejsze powyższej figury wyobraża wtedy drogę ziemi, a koło większe drogę jednej z trzech pomienionych planet.

4. *O nierówności własnego biegu planet.* Z wyjątkiem Merkurego odbywają się własne biegi planet w długości w sposób prawie jednakowy, dla tego o biegu czterech planet razem mówić będziemy, przeznaczając dla Merkurego osobne miejsce. Starożytni przyjmowali jeden bieg na dwóch kołach mimośrodkowych, jak to wyżej przytoczyliśmy (rozdz. 2); my zaś sądzimy, że są dwa biegi równe, z których się nierówność biegów pozornych tworzy, bądź to przez ruch dwóch kół mimośrodkowych, bądź przez epicykl na epicyklu, bądź też w połączeniu koła mimośrodowego z epicyklem. My jednak obraliśmy epicykl na kole mimośrodowym dla tego, iż w skutek spostrzeżeń pokazało się, że taki układ najlepiej odpowiada biegowi planet, jak to okażemy na biegu Saturna, Jowisza i Marsa, w których głównem i najtrudniejszym zadaniem jest oznaczenie punktu odsłonecznego to jest punktu, w którym planeta jest od słońca najodleglejszą, a zarazem oznaczenia wielkości mimośrodu. W tem dochodzeniu trzymać się będziemy prawie takiego samego sposobu, jakiego użyliśmy mówiąc o biegu księżyca; mianowicie weźmiemy trzy dawniejsze spostrzeżenia przeciwległości planet ze słońcem, i z temi porównamy tyleż nowych. Takie położenia otrzymują



się za pomocą narzędzi, służących do mierzenia kątów, wprowadzając przytem rachunek biegu słońca, dopóki się nie pokaże, że planeta doszła do przeciwległego z niem położenia.

*Uwaga.* W rozdziale tym są wykreślenia koła z epicyklem, dla udowodnienia tego, co wyżej powiedziano.

5. *Tłumaczenie biegu Saturna.* Ze spostrzeżeń Ptolemeusza weźmy trzy miejsca Saturna w przeciwległości ze słońcem. Pierwsze oznaczone było r. 127 po Chr., dnia 26 marca o godzinie 17 po północy, czasu średniego, odniesionego do południka Krakowskiego. W tym czasie miejsce Saturna na sferze gwiazd stałych, do której jako zasady biegu kołowego odnosić będziemy wszystkie miejsca, znaleziono prawie  $174^{\circ} 40'$ , słońce zaś w przeciwnej stronie miało położenie  $344^{\circ} 40'$  od gwiazdy na rogu Barana wziętej za początek. Drugie położenie Saturna w przeciwległości uważano r. 133 po Chr., d. 3 czerwca o godzinie 11 czasu średniego Krakowskiego; miejsce planety znalazł Ptolemeusz  $243^{\circ} 3'$  w chwili, gdy słońce w biegu swoim odpowiadało  $63^{\circ} 3'$  o godzinie 15 po północy. Trzecie położenie przeciwległości Saturna przypadło r. 136 dnia 7 lipca o godzinie 11 po północy, miejsce planety było wtedy  $277^{\circ} 37'$  a słońce w biegu średnim znajdowało się w  $97^{\circ} 67'$ .

*Uwaga.* W dalszym ciągu tego rozdziału znajduje się na podstawie wykreślenia i powyższych spostrzeżeń, obliczenie biegu Saturna potrzebne do porównania z późniejszymi spostrzeżeniami.

6. *Trzy inne przeciwległości Saturna później uważane.* Rachunek biegu Saturna podany przez Ptolemeusza różni się znacznie w naszych czasach, a nie od razu można było poznać, w której części błąd się ukrywał, przeto zmuszeni byliśmy użyć nowych spostrzeżeń, i wzięliśmy znowu trzy przeciwległości Saturna. Pierwsze spostrzeżenie wykonano r. 1514 po Chr. dnia 4 maja na 1 godzinę 12 minut przed północą, i wtenczas miejsce Saturna znaleziono  $205^{\circ} 24'$ . Drugie spostrzeżenie zrobiono r. 1520 po Chr. dnia 13 lipca w południe; miejsce planety odpowiadało  $273^{\circ} 25'$ . Trzecie spostrzeżenie r. 1527 po Chr.



dnia 10 października o godzinie 6 minut 24 po północy. Planeta wtedy była oddaloną o  $0^{\circ} 7'$  od pierwszej gwiazdy Barana.

*Uwaga.* W dalszym ciągu tego rozdziału są wykreślenia i obliczenie biegu Saturna na podstawie tych trzech spostrzeżeń.

7. *Rozbiór biegu Saturna.* Ze spostrzeżeń Ptolemeusza porównywanych z późniejszymi można znaleźć bieg średni Saturna, tudzież miejsce punktu odslonecznego drogi planety od gwiazdy Barana. Jakoż pokazuje się, że Saturn w przedziale czasu pomiędzy dwoma spostrzeżeniami, biegiem swoim paralaktycznym ukończył 1344 obiegów mniej  $15'$ . W przedziale zaś pomiędzy trzecim spostrzeżeniem Ptolemeusza, a trzecim w Frauenburgu zrobionem, mieści się lat 1392, dni 75, minut 48. Jeżeli dla tej liczby lat weźmiemy z tablicy bieg planety, znajdziemy podobnie jak wyżej 1344 obiegów mniej  $12'$ , co dowodzi, że wypadki otrzymane na bieg średni Saturna są dokładne. W tym czasie bieg słońca niezłożony wynosił  $82^{\circ} 30'$ , od którego odjąwszy  $359' 45'$ , otrzymamy  $82^{\circ} 45'$  na bieg średni Saturna, o które w 47 jego obiegach przewyższa wypadek rachunku. W tym przeciągu czasu punkt odsloneczny drogi posunął się o  $13^{\circ} 58'$  na sferze gwiazd stałych, który to punkt Ptolemeusz uważał za stały, a teraz pokazało się, że on się posuwa w 100 latach blisko o jeden stopień.

*Uwaga 1.* Przytoczyliśmy ten rozdział dosyć szczegółowo, ażeby mieć wyobrażenie jak starannie Kopernik wykonywał swoje rachunki i niczego nie pomijał, co wpływało na dokładność takowych. Podobnego sposobu trzyma się w innych planetach; wszędzie chodzi mu o zgodność rachunku ze spostrzeżeniem, co przy pomocy bardzo ograniczonych jeszcze podówczas wiadomości matematycznych nie było łatwą rzeczą; owszem nawet trudności były bardzo wielkie, kiedy tak złożony ruch, jakim jest ruch planet, przyszło tłumaczyć na podstawie koła z epicyklem. W części III, niniejszej pracy wrócimy jeszcze do tego przedmiotu, mówiąc o przyczynie, z której wpływa trudność tłumaczenia ruchu planet.



*Uwaga 2.* W rozdziale 8-ym podane są miejsca Saturna dla różnych epok: jako to: Aleksandra W., Juliusza Cezara, Narodzenia Chrystusa.

9. *O biegach paralaktycznych Saturna pochodzących z biegu rocznego ziemi i odległość Saturna od ziemi.* Oprócz biegu w długości podlega Saturn innym jeszcze biegom pozornym, t. j. biegom paralaktycznym, pochodzącym od rocznego biegu ziemi. Podobnie jak wielkość ziemi względnie do odległości księżyca tworzy jego paralaxę, tak i droga roczna ziemi odnośnie do pięciu planet ma własność, iż przy ich środkach tworzy paralaxy, które dla wielkiego wymiaru drogi ziemskiej są daleko widoczniejsze. Paralaxy te nie dadzą się oznaczyć bez poprzedniej znajomości oddalenia planety od ziemi. Oddalenie to jednak można oznaczyć za pomocą jednego spostrzeżenia paralaxy, jak na przykład za pomocą tego, które było wykonane w Frauenburgu roku 1514 dnia 25 lutego o godzinie 5 po północy. Saturn bowiem widziany był na linii dwóch gwiazd na głowie Niedźwiadka położonych. Za pomocą więc tych gwiazd poznano miejsce Saturna; resztę zaś potrzeba wyprowadzić za pomocą rachunku, który wskaże miejsce średnie słońca i Saturna, a zarazem doprowadzi do znalezienia szukanych ilości. Jakoż wypada na odległość Saturna w punkcie od ziemi najdalszym  $9\frac{7}{10}$ , a w punkcie najbliższym ziemi  $8\frac{2}{3}$  promieni drogi ziemskiej, t. j. promieni równych odległości ziemi od słońca. Największa paralaxa Saturna w punkcie najdalszym od ziemi wynosi  $5^{\circ} 55''$ , a w punkcie najbliższym  $6^{\circ} 39'$ , największe paralaxy wtedy wynikają, kiedy linie idące od planety są styczne do drogi ziemskiej.

*Uwaga 1.* Odległość Saturna w średnim oddaleniu jego od ziemi jest większa, aniżeli otrzymana z powyższych podanych ilości; równa się blisko 10 razy wziętej odległości ziemi od słońca. Przez paralaxy powyżej przytoczone należy rozumieć kąty, pod jakimi przedstawiłby się promień rocznej drogi ziemskiej, (odległość ziemi od słońca), gdyby był uważany ze środka planety. Paralaxę tę odróżnić należy od kąta, pod jakim się promień ziemi przedstawia uważany ze środka planety.



*Uwaga 2.* W podobny sposób i w tym samym porządku wyłożony jest bieg Jowisza i Marsa w rozdziałach 10-m i następujących, aż do 19 włącznie, treści zatem tych rozdziałów jako nie obejmującej nic nowego z nauki o biegach pomienionych planet przytaczać nie będziemy.

20. *Planeta Wenus.* Po wyłożeniu biegu Saturna, Jowisza i Marsa, nazwanych planetami górnymi, dla tego że są bardziej od ziemi oddalone, aniżeli słońce, i w biegach swoich okrążają roczną drogę ziemi, mamy z kolei mówić o biegu dwóch innych planet, zwanych dolnemi, gdyż ich drogi przypadają pomiędzy słońcem a ziemią i są okrążone roczną tejże drogą. Najsamprzód zaś wyłożymy bieg Wenus, którego tłumaczenie byłoby łatwiejsze i widoczniejsze, niż poprzednich, gdyby tylko nie brakowało spostrzeżeń w niektórych miejscach drogi planety. Jeżeli bowiem największe odsunięcia (elongacye) ranne i wieczorne planety, po jednej i drugiej stronie średniego miejsca słońca, znajdziemy równe, wtedy pewni będziemy, że w środku dwóch takich położen słońca przypada największa lub najmniejsza odległość samej planety. Główną zatem rzeczą wydają się spostrzeżenia planety w jej odsunięciach i takowe powtórzymy za Ptolemeuszem, który obszernie ten przedmiot wyłożył, uważając ziemię za nieruchomą, my zaś z spostrzeżeń Ptolemeusza weźmiemy to, co się stosuje do naszego założenia o ruchu ziemi.

*Uwaga.* W dalszym ciągu tego rozdziału przytoczone są spostrzeżenia, podane przez Ptolemeusza, i według nich oznaczone są główne punkty drogi planety, a mianowicie punkt najdalszy w którym przypadają mniejsze odsunięcia, i punkt najbliższy, gdzie odsunięcia są większe.

21. *Stosunek średnic drogi Wenus a drogi ziemskiej.* Środek koła, po którym planeta bieg swój odbywa, nie schodzi się ze środkiem rocznej drogi ziemi, ale oba te środki są od siebie o pewną ilość oddalone, która stanowi tak zwany mimośród drogi. Z wyznaczeń w poprzedzającym rozdziale otrzymanych można znaleźć stosunek średnic drogi ziemskiej do drogi Wenus,



oraz mimośród tej ostatniej drogi. Jakoż za pomocą wykreślenia i rozwiązania trójkątów, znajdziemy wielkość promienia drogi Wenus w częściach odległości ziemi od słońca wziętej za jedność, a mianowicie blisko  $\frac{18}{25}$  tej odległości, mimośród zaś drogi Wenus blisko  $\frac{1}{50}$ .

*Uwaga.* Według nowszych wyznaczeń wynosi promień drogi Wenus także blisko  $\frac{18}{25}$  odległości ziemi od słońca, a mimośród drogi planety blisko  $\frac{7}{1000}$ , a zatem znacznie mniejszy od tego, jaki wyprowadził Kopernik.

22. *Bieg podwójny Wenus.* Wenus około środka swojej drogi nie odbywa biegu kołowego pojedynczego, a to głównie na zasadzie dwóch spostrzeżeń Ptolemeusza, z r. 134 po Chr. dnia 18 lutego, i r. 140 po Chr. dnia 19 lutego. Według tych spostrzeżeń musi bieg Wenus, podobnie jak w trzech górnych planetach, składać się także z dwóch kołowych, co odbywać się może już to przez koło mimośrodowe z epicyklem, jak w tamtych planetach, już też przez inny z wyżej wymienionych sposobów (rozdz. 4 ks. 5). Wenus jednak co do kierunku i wymiarów swojego biegu różni się nieco od innych, co jak sądzę łatwiej i dogodniej da się wytłomaczyć za pomocą dwóch kół mimośrodowych. Na tej podstawie przekonamy się, że w tym czasie, w którym ziemia raz obieży swoją drogę roczną, środek drogi planety ukończy dwa obroty na około środka drugiego koła mimośrodowego, w tym samym co i ziemia kierunku t. j. postępowym. Za pomocą takiej teorii biegu Wenus wszelkie położenia zgadzają się z prawdziwym i pozornym biegiem, oraz z wypadkami dzisiejszych (Kopernika) czasów; jakoż i mimośród drogi planety równy jest przeszło dwa razy poprzednio podanemu.

23. *Rozbiór biegu Wenus.* Z pomiędzy oznaczeń wzięliśmy dwa położenia planety najściślej uważane. Jedno spostrzeżenie zrobił Tymocharis, na 271 lat przed Chr., drugie zaś wykonano we Frauenburgu r. 1529 d. 12 Marca o godz. 8 po południu. W pierwszym razie Wenus zakrywała gwiazdę sta-



łą, jedną z czterech naprzód idącą na lewém ramieniu Panny, w drugim zaś planeta była zakryta przez księżyc. W przeciągu czasu od jednego spostrzeżenia do drugiego, t. j. w ciągu lat  $1800\frac{2}{3}$  ukończyła planeta 1115 obiegów i  $198^{\circ} 26'$ , które gdy pomnożymy przez 365 dni, a iloczyn podzielimy przez przedział czasu pomiędzy powyższemi spostrzeżeniami, otrzymamy bieg roczny planety, a ten znowu podzielony przez 365 dni da bieg dzienny, równy  $36' 59\frac{1}{2}''$ . Za pomocą tych ważności można ułożyć tablicę biegu Wenus, która w rozdziale 1-y jest podana.

*Uwaga 1.* Rachunek cały i odpowiednie jemu wykreślenia są bardzo ściśle w tym rozdziale przeprowadzone.

*Uwaga 2.* W rozdziale 24-tym podane są miejsca Wenus dla głównych epok; jak to dla roku pierwszej Olimpiady, Alexandra W. Juliusza Cezara i narodzenia Chrystusa.

25. *O Merkuryem.* Bieg Merkurego niewątpliwie na tejże samej zasadzie opierać się będzie, jak bieg Wenus, chociaż Merkury większą liczbę odbywa obiegów, aniżeli każda z poprzedzających planet. Ze spostrzeżeń dawnych astronomów wiadomo, że Merkury w znaku Wagi najmniej się oddala od słońca, a najbardziej w znaku przeciwnym, co też być powinno. Oddalenia te jednak są największe nietylko w tym znaku, ale i w niektórych innych, jako to w Bliźniętach i w Wodniku, co się okazało według Ptolemeusza za czasów Antonina, a co się w żadnej innej planecie nie przytrafia. Z tego powodu sądzili dawni astronomowie, że ziemia jest nieruchomą, a Merkury na swoim wielkim epicyklu po kole bieg swój odbywa. Ponieważ zaś uważali, że jedno pojedyncze koło mimośrodowe pozornym biegiem zadość uczynić nie może, przypuszczając nawet, że koło mimośrodowe nie około własnego, lecz innego środka ruch odbywa, zmuszeni zatem byli przyjąć, że toż koło po inném małym kółku prowadzącém epicykl bieg odbywa taki, jaki przyjmowali dla drogi księżyca. Tak biorąc trzy środki, t. j. środek koła prowadzącego epicykl, drugiego małego koła i trze-



ciego, nazwanego od późniejszych równajacem, dwa pierwsze pominawszy, przyjmowali, że epicykl tylko naokoło środka równającego koła jednostajny ruch odbywa, co nie odpowiadało rzeczywistości środkowi, jego stosunkowi i dwóm przyjętym środkom. Sądziłi oni, że tylko tym a nie innym sposobem bieg pozorny Merkurego utrzymać się może, jak to obszernie wyjaśnił Ptolemeusz. Ażeby i tę ostatnią planetę od zarzutu krytyków obronić, i również jak innych poprzednich planet, jej bieg kołowy przy biegu ziemi poznać, przyjmiemy także i dla niej dwa koła mimośrodowe, w miejsce tego, które starożytni brali za epicykl, jednak w odmienny nieco sposób, jak dla Wenusy; a mianowicie przyjmiemy pewny epicykl na kole mimośrodowym ruch odbywający; na tym epicyklu planeta nie po łuku, ale po średnicy naprzód i wstecz się posuwa, co tworzyć się także może z biegów kołowych. Nic też w tem dziwnego, bo i Proklus w wykładzie zasad Euklidesa przyznaje, że linia prosta wielu ruchami nakreśloną być może. Na mocy tego wszystkiego biegi pozorne planety dadzą się tłumaczyć. Jakoż środek drogi Merkurego ukończy dwa obiegi w tym czasie, w którym ziemia raz obiega naokoło słońca, w jednym z nią kierunku, t. j. postępowym. Planeta zaś na epicyklu odbywa ruch po średnicy jego do góry i na dół względem środka drogi. Podług tego prawa Merkury przebiegając średnicę epicykla, będzie się znajdował najbliżej środka koła prowadzącego epicykl wtedy, gdy ziemia znajdzie się na przedłużeniu średnicy epicykla. W biegu swoim własnym nie zawsze Merkury opisuje ten sam okrąg koła, ale podług odległości od środka swojej drogi, bardzo odmienny, t. j. najmniejszy wtedy, kiedy się znajduje najbliżej pomienionego środka, największy znowu, gdy od tegoż jest najdalej, średni zaś w punkcie pośrednim pomiędzy tamtymi granicami; dzieje się to w podobny sposób, jak w epicyklowym biegu księżyca, z tą różnicą, że księżyc po łuku, a Merkury po średnicy tam i napowrót bieg swój odbywa. Teorya powyższa jest co do wszystkich pozornych biegów Merku-



rego zadawalniająca, jak się to nawet z opisu spostrzeżeń Ptolemeusza i innych okazuje.

*Uwaga 1.* W rozdziale 26-tym jest mowa o położeniu linii największej i najmniejszej odległości Merkurego. Położenie wyznaczone zostało ze spostrzeżeń Ptolemeusza, który uważał największe odsunięcie (elongacya) planety od słońca; cała rzecz ściąga się do znalezienia miejsca na sferze niebieskiej, które odpowiadało najdalszemu punktowi drogi Merkurego.

*Uwaga 2.* W rozdziałach 27-ym aż do 29-go włącznie znajduje się wyznaczenie i rozbiór biegu Merkurego na podstawie spostrzeżeń w starożytności robionych, głównie przez Ptolemeusza. Ponieważ w następującym rozdziale jest ta rzecz powtórzona i oparta na późniejszych spostrzeżeniach planety, przeto pomijamy treść pomienionych rozdziałów, a podajemy treść dalszych.

30. *Późniejsze spostrzeżenia biegu Merkurego.* Dochodzenie biegu Merkurego oprzemy nie tylko na spostrzeżeniach, które nam przekazali starożytni, udarowani niebem pogodniejszym od naszego, gdzie Nil, jak powiadają, nie wyziewa par wodnych, tak jak u nas Wisła. Nam bowiem, mieszkańcom strefy ostrzejszej, odmówiła tej dogodności przyroda; tu spokojność powietrza jest rzadszą, a do tego znaczne nachylenie sfery, nie tak często dozwala dostrzedz Merkurego. Chociaż nawet planeta jest w największem odsunięciu od słońca, t. j. w Baranie i Rybach, wszelako nie widzimy jej wschodu, ani też zachodu w Pannie i Wadze. Bawiąc znowu w Raku i Bliźniętach, pokazuje się nam tylko w zmierzchu wieczornym, lub zorzy rannej, a nigdy w ciemnej nocy, dopóki słońce znacznej części Lwa nie przebieży. Z tej przyczyny wiele trudów i pracy kosztowała nas ta planeta, aby zbadać nierówność jej biegu. Dla tego także użyliśmy trzech obcych spostrzeżeń, a mianowicie tych, które w Norymberdze ściśle robione były. Pierwsze zrobił Bernard Walter, uczeń Regiomontana, r. 1491 po Chr. d. 9 września, o godzinie 5 po północy; według tego spostrzeżenia odsunięcie Merkurego od słońca wynosiło blisko  $13^{\circ} 15'$ . Drugie spostrzeżenie wykonał Jan Schoner, r. 1504 po Chr. d. 9



stycznia, o godz. 6 minut 30 po północy; wtedy Merkury wyprzedzał słońce jako gwiazda ranna na  $23^{\circ}4' 2''$ . Trzecie położenie planety uważał tenże Schoner r. 1504 po Chr. d. 19 marca; Merkury był wtedy oddalony od słońca jako gwiazda wieczorna o  $21^{\circ} 17'$ . Z tych i dawniejszych spostrzeżeń daje się wyprowadzić bieg planety, a zarazem wyznaczyć, o ile punkt największej odległości drogi Merkurego posunął się na sferze gwiazd stałych; jakoż pokazuje się, że ten punkt w 63 latach posuwa się o jeden stopień, jeżeli tylko ta zmiana odbywa się jednostajnie.

*Uwaga 1.* W tymże rozdziale jest cały rachunek przeprowadzony i wykreśleniem geometrycznym poparty.

*Uwaga 2.* W rozdziale 31-ym są podane miejsca Merkurego dla głównych epok

*Uwaga 3.* W rozdziale 32-gim podany jest inny sposób zbliżania się i oddalania środka drogi Merkurego. Ten sposób opiera się na układzie kół, obracających się około jednego środka w kierunku postępowym, wspólnie z średnicami ich prostopadle do siebie poprowadzonymi. Według tego sposobu, który przy ruchu szerokości planet rozległej będzie zastosowany,—mniema Kopernik,—można również prawdopodobnie, jak za pomocą poprzedzających sposobów, wytłumaczyć pozorny bieg Merkurego, którego przyroda, jak twierdzi autor „Obrotów”, dziwną różnaitością obdarzyła.

*Uwaga 4.* W rozdziale 33-cim jest mowa o tablicach równań biegu pięciu planet, a zarazem dodane są same tablice. W rozdziale zaś 34-tym wyłożony jest sposób użycia tych tablic.

35. *O stanowiskach i biegach wstecznych pięciu planet.* Do obliczenia biegu w długości należy także poznanie stanowisk planet, ich biegów wstecznych i kierunkowych. Pisali już o tem astronomowie starożytni, osobliwie Apolloniusz z Pergii, lecz jedynie w taki sposób, jakoby planety podlegały tylko jednej nierówności, to jest tej, z jaką one naokoło słońca bieg odbywają, a która pochodzi od rocznego biegu ziemi. Gdyby



drogi planet były współśrodkowe z drogą ziemską, wtedy łatwiej byłoby wyznaczyć punkt stanowisk, oraz oddzielić bieg wsteczny od kierunkowego, a to ze stosunku prędkości biegu planety do prędkości ruchu ziemi. Skoro atoli drogi planet są kołami mimośrodkowymi, t. j. ze środkiem drogi ziemskiej nieschodzącymi się, przeto dla wytłumaczenia ich biegów wstecznych i kierunkowych, użył Apolloniusz pewnego twierdzenia, opartego jednak na założeniu nieporuszalności ziemi; twierdzenie to odpowiada atoli równie dobrze naszej zasadzie ruchu ziemi, dla tego i my użyjemy go tutaj. Twierdzenie, o którym mowa, da się w ten sposób wysłowić: Jeżeli w trójkącie podzielimy bok większy tak, iżby jeden z odcinków był równy bokowi przyległemu, wówczas odcinek ten będzie do drugiego w większym stosunku, aniżeli kąty przyległe tym odcinkom, odwrotnie wzięte.

*Uwaga 1.* Na podstawie tego twierdzenia, którego Kopernik najprzód podaje dowód, objaśnia trafnie pomienione wyżej zjawiska na planetach dostrzegane. Samo twierdzenie jest elementarne, a tłumaczenie zjawiska, o które chodzi Kopernikowi, można wyłożyć w tych słowach: W ruchu względnym dwóch ciał niebieskich zachodzi prawie to samo, na co każdy z nas może codziennie patrzeć. Jakoż mniemany przykład to lepiej objaśni. Pomyślmy sobie dwie łódki w jedną stronę po rzece płynące, ale w pewnej chwili od siebie mniej lub więcej oddalone, tak, iż jedna za drugą podąża. Dopóki łódka później płynąca nie dopędzi naprzód płynącej, dopóty będzie miała takową ciągle przed sobą, i naprzód postępującą; w chwili zaś dośnięcia tejże, wyda się jej żeglarzowi, jakoby pierwsza łódka zatrzymała się, co osobliwie wtedy jeszcze większe sprawia złudzenie, kiedy obie łódki znajdują się obok siebie w znacznej odległości. Gdy w dalszym biegu obie łódki zatrzymają poprzędną prędkość, wtedy ta, która była wprzód ostatnią, będzie teraz pierwszą, a tamta pozostawać będzie ciągle za nią tak, iż żeglarzowi wydać się może, jakoby wyminiona łódka wstecz się posuwała. Z ruchem planet dzieje się prawie to samo, ale w wielkich odległościach i rozmiarach. Dopóki planeta odnośnie do ziemi biegiem swoim wyprzedza ziemię, dopóty dla nas



wydaje się postępującą naprzód, a ruch jej nazywa się postępowym, albo kierunkowym. W chwili zaś, gdy ziemia zrówna się z planetą, wydaje nam się, że planeta się zatrzymuje, czyli że jest w stanowisku. Kiedy wreszcie ziemia wyprzedzi planetę, i pozostawi ją za sobą, wtedy nam się zdawać będzie, że planeta się cofa, czyli że odbywa bieg wsteczny. Złudzenie tem większem nam się wydaje, im bardziej przywykliśmy uważać miejsce, z którego podobne zjawisko ruchu widzimy, za nieruchome. Łatwo dostrzedz, że w całym tém zjawisku polega wszystko na względнім położeniu ziemi i planety, oraz na prędkości ruchów obojga.

*Uwaga 2.* W rozdziale 36-tym i ostatnim księgi piątej jest mowa o wyznaczeniu czasu, miejsca i łuków biegów wstecznych; uskutecznienie tego polega na geometrycznym wykreśleniu z zastosowaniem głównie do Marsa, a na podobieństwo tego do innych planet.

### Księga szósta.

Powiedzieliśmy w poprzedzającej księdze o biegu planet co do długości pod wpływem ruchu ziemi, teraz zaś wypada nam się zająć biegiem tychże planet, o ile takowe odsuwają się w swoich szerokościach, t. j. odległościach od ekliptyki ku północy i południu; idzie nam tu o pokazanie, w jaki sposób i w tym względzie ruch ziemi wpływ swój wywiera. Zbadanie zmian, którym planety ulegają w swoich szerokościach, będzie uzupełnieniem nauki dotyczącej położenia planet, które dopiero wtedy uważać możemy jako znane, gdy ich długość i szerokość względem ekliptyki będą wiadome. To więc, co dawni astronomowie przez nieporuszalność ziemi i pod tym względem wyjaśnić pragnęli, my za pomocą przyjętego ruchu ziemi z większem może skróceniem i dokładniej wykonamy.

1. *Ogólny wykład zmiany szerokości pięciu planet.* Starożytni uważali we wszystkich planetach dwojakie odunięcia w szerokości. Jedne pochodziły z przyczyny dróg mimośrodowych, a drugie z epicyklów, w miejsce których my tylko jedną drogę roczną ziemi wprowadzimy. Ponieważ zaś górne planety: Sa-



turn, Jowisz i Mars, podług innego prawa bieg w odległości odbywają, jak dwie dolne, Merkury i Wenus, dla tego też i w biegu szerokości od tych dwóch ostatnich nie mało się różnią. Dochodzić więc naprzód należy, gdzie te zmiany przypadają i jakie są granice szerokości północnej. Ptolemeusz znalazł te granice dla Saturna i Jowisza przy początku Wagi, dla Marsa zaś przy końcu Raka, i prawie w punkcie najdalszym drogi. W naszych zaś czasach znaleźliśmy granice północne szerokości dla Saturna w 70° Niedźwiadka, dla Jowisza w 27° Wagi, dla Marsa w 27° Lwa; a to według tego, jak punkty odziemne dróg od Ptolemeusza aż do naszych czasów posunęły się; za ruchem bowiem dróg następują także zmiany pochyłości i granice szerokości. Między temi granicami w oddaleniach średnich lub pozornych o 4-ą część koła, planety zdają się całkiem nie odsuwać w szerokości, gdziekolwiek wtedy byłaby ziemia. W tych pośrednich długościach, wystawić sobie należy, że planety znajdują się na wspólnym przecięciu dróg swoich z ekliptyką, tak samo jak księżyc w punktach przecięć z ekliptyką, które Ptolemeusz nazywa węzłami, jeden wstępujący, od którego planeta wstępuje na północ, drugi spadający, od którego planeta przechodzi na południe. Dzieje się to nie dla tego, iżby droga roczna ziemi, zawsze na ekliptyce będąc, nadawała pewną szerokość planetom, lecz pochodzi to od samych planet. Jakoż poznano, że pochyłość dróg planet do ekliptyki nie jest stałą, ale zmienia się pewnym ruchem kołującym, zależnym od rocznego biegu ziemi. Merkury zaś i Wenus zdają się innym sposobem odbywać swoje zmiany w szerokości, wszelako podług pewnego stałego prawa dostrzeżonego w średnich, największych i najmniejszych odległościach. I tak w średnich długościach, gdy kierunek średniego biegu słońca oddali się o czwartą część koła od punktu najdalszego i najbliższego drogi, a planety odsuną się od tego kierunku o czwartą część swojej drogi na zachód lub na wschód, wtedy w długościach nie widać żadnego odsunięcia od ekliptyki, z czego wypływa, że planety znajdowały się na wspólnym przecięciu z ekliptyką; prze-



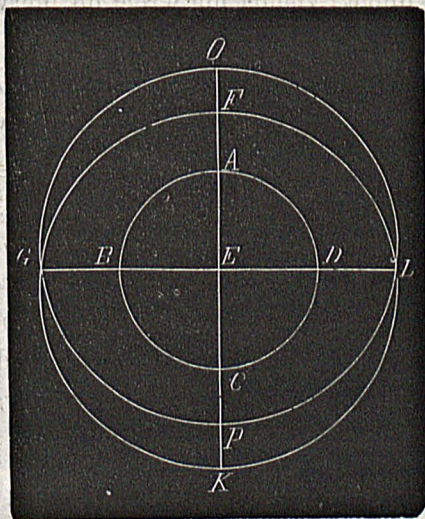
cięcie to przechodzi przez punkt odziemny i przyziemny, i z tej przyczyny planety będąc raz wyższemi, drugi raz niższemi odnośnie do ziemi, okazują wtedy widoczniejsze odsunięcia. Największe odsunięcia przypadają w największem oddaleniu planet od ziemi, t. j. wtedy, kiedy planety z wieczora wynurzają się z promieni słonecznych, lub też z rana w tychże znikają; Merkury pokazuje się wtedy najdalej na południe, a Wenus najdalej na północ. Przeciwnie w położeniu planet bliższem ziemi, gdy te jako gwiazdy wieczorne nikną w promieniach słonecznych, a jako gwiazdy ranne z nich wychodzą, wtedy Merkury jest gwiazdą północną, a Wenus południową. I odwrotnie: kiedy ziemia znajduje się w miejscu poprzedzającym przeciwnem i w drugim oddaleniu średnim, wtedy Merkury pokazuje się gwiazdą północną, a Wenus południową w dalszem od ziemi oddaleniu; w miarę zaś bliższego oddalania się od ziemi staje się Merkury gwiazdą południową, a Wenus północną. Ptolemeusz znalazł dla Wenus, jako gwiazdy rannej, szerokość północną a jako wieczornej szerokość południową. Przeciwnie dla Merkurego jako gwiazdy rannej, znalazł szerokość południową, a jako gwiazdy wieczornej szerokość północną. W punkcie przyziemnym przemieniają się szerokości, t. j. Wenus jako gwiazda ranna pokazuje się południową, a jako wieczorna, północną; Merkury zaś jako gwiazda ranna pokazuje się na północy, a jako wieczorna, na południu. Nadto w obu tych położeniach znaleziono odsunięcie Wenus północne zawsze większe od południowego; przeciwnie Merkurego odsunięcie południowe większe od północnego. Z tego powodu sądzono, że takiemu położeniu odpowiadają dwie szerokości, a właściwie trzy. Pierwszą w średnich długościach nazwano nachyleniem; drugą w największej i najmniejszej odległości, pochyłością, trzecią razem z tą ostatnią, zboczeniem, które jest dla Wenus zawsze północne, a dla Merkurego południowe. Pomiedzy temi czterema granicami nachylenia schodzą się z sobą, naprzemian rosną i maleją, i nawzajem sobie ustępują. Tych wszystkich zmian wskażemy właściwe przyczyny.

2. *Teorya kół, po których planety odbywają bieg w szerokości.* Drogi planet nachylone są do płaszczyzny ekliptyki; te



zaś ich nachylenia są zmienne, ale jednostajne, gdyż kąt nachylenia drogi Saturna, Jowisza i Marsa podlega pewnemu kołysaniu około linii wspólnego przecięcia dróg z ekliptyką, jakby około osi; to kołysanie jest podobne temu, w skutek którego następuje wyprzedzanie punktów równonocnych. Kiedy ziemia jest najbliżej planety, to jest z nią w przeciwległości, wtedy największe przypada nachylenie drogi; w położeniu przeciwnem jest najmniejsze, a w pośrednich położeniach jest średnie. Dla widoczniejszego okazania, niech będzie na załączonej figurze droga

ziemi  $A B C D$  na płaszczyźnie ekliptyki, mająca środek w  $E$ , i do nich droga planety  $F G K L$  nachylona pod kątem średniego i stałego zбочenia, którego granicą północnej szerokości jest  $F$ , granicą południowej  $K$ . Węzeł spadający przecięcia drogi niech będzie  $G$ , a węzeł wstępujący  $L$ , linią wspólnego przecięcia drogi z ekliptyką przedłużoną aż do węzłów, przedstawia  $G L$ . Te cztery



punkty drogi  $F, G, K, L$  zmieniają się tylko ze zmianą linii największej i najmniejszej odległości planety od ziemi. Wyobraźmy sobie, że bieg planety w długości nie odbywa się na płaszczyźnie koła  $F G K L$ , ale na innem do niego nachylenem, jakim jest  $O G P L$ , które się z pierwszym przecina w linii  $G L$ . Gdy planeta krąży po drodze  $O G P L$ , też droga ruchem kołyszącym zbiega się z płaszczyzną  $F G K L$ , przechodzi na obie jej strony i przez to sprawia, że widzimy pochyłość zmienną. Przypuśćmy naprzód, że planeta znajduje się w największej szerokości północnej w punkcie  $O$ , najbliżej ziemi położonej w  $A$ , wtedy szerokość planety wzrasta o kąt  $O G F$ . W miarę jak ziemia biegiem swoim zbliżać się będzie do punktu  $B$ , skutek kołysania się drogi  $O G P L$  naokoło  $F G K L$



będzie ulegał zmianie, zależnej od biegu paralaktycznego, a punkt  $O$  będzie się zbliżał do  $F$ , i kiedy ziemia stanie w  $B$ , oba te punkty zejdą się z sobą, szerokość zaś planety pokaże się w tem miejscu mniejszą, aniżeli była wprzód. Będzie ona jeszcze mniejszą, gdy ziemia dosięgnie punktu  $C$ , albowiem  $O$  przejdzie do najdalszej przeciwnej granicy kołysania i zostawi tylko taką wielkość, jaka pozostaje od kołysania odjemnego szerokości północnej, t. j. od kąta równego kątowi  $O G F$ . Potem w drugim półkolu  $C D A$  powiększa się szerokość planety w punkcie  $F$ , dopóki ziemia nie wróci do pierwszego punktu  $A$ , z którego jej bieg uważaliśmy. Toż samo postępowanie i sposób służy dla planety południowej w punkcie  $K$  położonej, bieg ziemi należy tylko uważać od punktu  $C$ . Gdy planeta znajduje się w jednym z węzłów  $G$  lub  $L$ , w przeciwległości lub ukryta w promieniach słońca, wtedy lubo znaczną pochyłością byłyby odsunięte od siebie drogi  $F G K L$  i  $O G P L$ , żadna przecież nie da się dostrzedź szerokość, która tworzyłaby kąt pochyłości drogi planety do ekliptyki. Z tego jak mniemam łatwo pojąć, w jaki sposób szerokość północna planety idąc od punktu  $F$  do  $G$  maleje, a południowa od  $G$  do  $K$  wzrasta, w węzle zaś  $L$  cała znika, a potem przechodzi w szerokość północną.

*Uwaga.* W podobny sposób wykładu w dalszym ciągu tego rozdziału Kopernik bieg w szerokości Merkurego i Wenus, z tą odmianą, że drogi ich objęte są roczną drogą ziemi.

3. *Jaka jest pochyłość dróg Saturna, Jowisza i Marsa?* Szerokość planet rachuje się na kole wielkiem przez bieguny ekliptyki przechodzącem i do płaszczyzny jej prostopadłym; na tem też kole odbywa się ruch w szerokości planet. Za pomocą tego prawidła wskazaną będzie droga do poznania każdej szerokości, zaczynając od trzech górnych planet. Z wykładu Ptolemeusza wypada, w najdalszych granicach szerokości południowych, odsunięcie od ekliptyki w przeciwległości planet ze słońcem: dla Saturna  $3^{\circ} 5'$ ; dla Jowisza  $2^{\circ} 7'$ ; dla Marsa  $7^{\circ}$ . W położeniach zaś przeciwnych t. j. gdy planety schodzą się ze



słońcem, wynosi odsunięcie Saturna  $2^{\circ} 2'$ , Jowisza  $1^{\circ} 5'$ , Marsa tylko  $5'$ , droga więc tego ostatniego schodzi się prawie z ekliptyką.

My zaś znaleźliśmy największe nachylenie drogi Jowisza  $1^{\circ} 42'$ , najmniejsze  $1^{\circ} 18'$ , całe zatem kołysanie jego drogi nie wynosi więcej nad  $24'$ . Największe nachylenie drogi Saturna dochodzi  $2^{\circ} 44'$ , najmniejsze  $2^{\circ} 16'$ , kołysanie wynosi  $28'$ . Dla Marsa wypada najmniejsze nachylenie  $9'$ , największe  $1^{\circ} 51'$ , a kołysanie tego nachylenia  $1^{\circ} 42'$ .

*Uwaga 1.* Obecnie wynosi nachylenie dróg pomienionych planet do ekliptyki: Jowisza  $1^{\circ} 9'$ , Saturna  $2^{\circ} 29\frac{1}{2}'$ , Marsa  $1^{\circ} 51'$ . W rozdziale powyższym jest podane wykreślenie i cały rachunek nachylenia drogi Marsa do ekliptyki, jako przykład postępowania.

*Uwaga 2.* W rozdziale 4-tym jest mowa o wyznaczeniu pojedynczych szerokości planet Saturna, Jowisza i Marsa; a dla objaśnienia sposobu postępowania przytoczony jest przykład znalezienia szerokości Marsa dla danej chwili.

*Uwaga 3.* W rozdziałach 5, 6, 7 i 8 jest mowa o szerokościach Merkurego i Wenusa, tudzież o ich zmianach. Obie te planety nasuwały większą trudność aniżeli poprzednie, z tego powodu Kopernik zmuszony był przyjąć aż trzy rodzaje szerokości, i takowe w rozdziałach pomienionych wyklada, chcąc wyjaśnić bieg tych dwóch planet, jak się w swojej zawilej formie przedstawia ziemi.

Do rozdziału 8 dołączone są tablice szerokości pięciu planet, a w rozdziale 9-tym i ostatnim księgi 6-tej, oraz zamykającym całe dzieło „O obrotach,“ jest wskazany sposób użycia tych tablic.



### III. STANOWISKO KOPERNIKA W ASTRONOMII.

Zjawiskami na niebie dostrzeganymi zajmowała się już odległa starożytność; wszystkie narody zwracały się ku gwiazdom, jakby przewodnikom swych losów, wszystkie téż w większym lub mniejszym stopniu pracowały nad rozwiązaniem zagadnień, jakie samo niebo stawiało człowiekowi. Nie łatwą było rzeczą zrobić sobie pierwsze wyobrażenie i jakie takie pojęcie o dostrzeganym zjawiskach, nie łatwo przyjsé było do uporządkowania takowych.

Wielkie zadanie, jakie najprzód należało rozwiązać, polegało na rozstrzygnięciu pytania, czem są zjawiska dostrzegane na niebie, ruchem, czy spoczynkiem? Pytanie to rozwiązała starożytność po wielu usiłowaniach, a głównie, rzec można przy czyniła się do tego Alexandryjska szkoła filozofów, założona przez Ptolemeusza Filadelfa, króla Egiptu, na 300 lat przed Chrystusem. Za pomocą mniej lub więcej odpowiednich narzędzi uważano ciała niebieskie i starano się astronomią oprzeć na zasadach matematyki.

Około r. 270 przed Chr. Aristillus i Timocharis, pierwsi astronomowie tej szkoły zaczęli wyznaczać położenia gwiazd stałych i porządkować takowe według wznoszenia prostego i zboczenia, czynili zaś to z taką dokładnością, że potem po upływie półtora wieku niespełna można już było poznać wyprzedzanie punktów równonocnych.

Aristarch z Samos, około r. 260 przed Chr. próbował wyznaczyć odległość słońca i księżyca od ziemi, i pierwszy przeczuwał prawdziwy układ świata, przypuszczając, że ziemią po na-



chylonem kole krąży na około słońca, a równocześnie obraca się na około swój osi; on też przeczuwał niezmierną odległość gwiazd stałych od ziemi.

Oprócz astronomicznych spostrzeżeń starano się coraz lepiej badać geometryą Euklidesa (300 lat przed Chr.), złożoną z 15 ksiąg, pomiędzy któremi trzy wchodziły w zakres astronomii sferycznej.

Eratosthenes (276 — 196 przed Chr.) wyznaczył pochyłość ekliptyki, próbował mierzyć ziemię i gwiazdy liczyć.

Apolloniusz z Pergii (około 240 przed Chr.), chcąc wytłumaczyć zjawiska na planetach dostrzegane, badał przyczynę ich ruchu postępowego i wstecznego, oraz ich stanowisk; wprowadził też epicykle, za pomocą których mniemał wyjaśnić zawile ruchy planet.

Kiedy już dosyć nazbierało się spostrzeżeń, próbowano z nich wyprowadzić pewne prawa ruchu ciał niebieskich; przy tem atoli pokazała się nieodzowność sprawdzenia dawnych spostrzeżeń, wykonania nowych i wyprowadzenia z nich odpowiednich wypadków. Pod tym względem trzyma palmę pierwszeństwa pomiędzy astronomami starożytnymi Hipparch z Nicei, który znanymi podówczas narzędziami robił wiele spostrzeżeń. Około r. 150 przed Chr. sprawdził pochyłość ekliptyki podaną przez Eratosthena, wyznaczył szerokość miejsca swoich spostrzeżeń, wskazywał nawet sposób wyznaczenia geograficznej długości za pomocą zaćmień księżyca; długość roku i początek jego zaczął pierwszy rachować od równonocy wiosennej. A kiedy znalazł, że długość pojedynczych pór roku nie jest równa, mniemał, że takowa pochodzi od drogi słońca, która z tego powodu nie może odbywać się po okręgu koła, którego środek zajmuje ziemia, ale że ta droga jest, odnośnie do ziemi, mimośrodową. Dla obliczenia biegu słońca podał Hipparch nawet tablice, a początek dnia uważał pierwszy od południa; wyznaczył także odległość słońca.

Pod względem innych badań astronomicznych Hipparch również w tyle nie pozostał; zajmował on się biegiem księżyca,



i zauważył, że zaćmienia słońca nie wszędzie dochodzą jednakiej wielkości na ziemi, próbował też z tego powodu wyznaczyć paralaxę księżyca; odległość księżyca od ziemi znalazł większą tylko o  $\frac{1}{9}$  od téj, jaką dzisiaj przyjmujemy. Najpiękniejszym owocem prac i usiłowań Hipparcha są spostrzeżenia gwiazd stałych; z powodu bowiem nowej gwiazdy, która się za jego czasów pojawiła, robił bardzo liczne spostrzeżenia, chcąc z nich sporządzić katalog gwiazd, ażeby wskazać dalszym wiekom środki i cechy, po których możnaby poznawać nowe gwiazdy, a zarazem rozstrzygnąć, czy takowe widziane już były na ziemi. Z porównania spostrzeżeń swoich z temi, które na 150 lat przed nim robił Timocharis, poznał Hipparch, że wszystkie jego położenia różnią się od dawniejszych na 2 stopnie, i tym sposobem skierował uwagę astronomów na wyprzedzanie punktów równocennych, od których w rzeczy samej pomieniona różnica pochodziła. Hipparch był jednym z najcelniejszych astronomów starożytności, i nie prędko znalazł sobie równego, jakim pokazał się Klaudyusz Ptolemeusz, żyjący pomiędzy r. 90—170 po Chr.

Wszystkie prace astronomiczne poprzedników Ptolemeusza, a osobiwie filozofów szkoły Aleksandryjskiej, doprowadziły do następujących wypadków, ze spostrzeżeń otrzymanych:

1. Słońce i wszystkie ciała niebieskie obracają się od wschodu na zachód naokoło ziemi, i obrót ten skuteczniają w ciągu jednego dnia.

2. W ciągu całego roku odbywa słońce bieg na płaszczyźnie ekliptyki także naokoło ziemi.

3. Księżyc odbywa w ciągu miesiąca ruch naokoło ziemi, jest od niej mniej oddalony aniżeli słońce, i znajduje się za obrębem atmosfery ziemskiej; odbiera on światło podobnie jak ziemia od słońca; może podlegać zaćmieniom, które naprzód wyrachować się dają.

4. Oprócz tych ciał niebieskich obiegają jeszcze ziemię planety, z których Merkury i Wenus są bliżej, a Mars, Jowisz i Saturn dalej od ziemi, aniżeli słońca.



5. Inne ciała niebieskie są gwiazdami stałemi, nieskończenie od ziemi oddalonymi. Miejsca tych gwiazd oznaczali stażożytni dokładnie, próbowali liczyć je i układali w katalogi.

Jak z przytoczonych dopiero wypadków widzimy, starożytni jeszcze przed Ptolemeuszem rozwiązyli pierwsze pytanie dotyczące zjawisk na niebie; stwierdzili bowiem za pomocą swoich spostrzeżeń, że ciała niebieskie ruch odbywają. Lecz nie dosyć to powiedzieć, że ruch się odbywa, należy jeszcze okazać, co temu ruchowi podlega, a co nie; oprócz tego wskazać, jak ten ruch się w rzeczy samej odbywa, a nareszcie, dla czego tak, a nie inaczej odbywać się musi? Drugie pytanie, na jakie potrzeba było w księdze odwiecznej wyczytać stosowną odpowiedź, polegało na wykazaniu, co ruchowi podlega, ziemia, czy słońce? O rozwiązanie tego zagadnienia kusił się Ptolemeusz, który w swoim *Almageście*, czyli „Wielkim układzie,” pomieścił wszystkie zdobycze naukowe swoich poprzedników, wzbogacił takowe własnymi spostrzeżeniami i pracami, a wreszcie uporządkował je i przekazał potomności jako układ świata, noszący nazwisko swego autora. Układ Ptolemeusza jest w krótkości następujący:

W pośrodku świata stoi ziemia niewzruszona, naokoło niej odbywają swoje biegi po okręgach kół: Księżyc, Merkury, Wenus, Słońce, Mars, Jowisz i Saturn; ósmy z kolei okrąg przebiegają gwiazdy stałe, które jak brylanty utkwione w kryształowej kuli nieba, równocześnie obiegają Ziemię w ciągu dnia jednego. Oprócz tych ośmiu okręgów kół przyjął Ptolemeusz jeszcze dziewiąty i dziesiąty, ażeby za pomocą nich wyjaśnić wyprzedzanie punktów równonocnych. Nakoniec jedynasty i najdalszy okrąg umieścił po za tamtymi, i takowy obrał za siedlisko tej siły, która codziennie sferę gwiazd stałych zmuszała do obiegania ziemi. Tę tajemniczą siłę nazwał Ptolemeusz pierwszą przyczyną ruchu, *primum mobile*.

Ponieważ według układu Ptolemeusza, Merkury i Wenus mogą przychodzić do przeciwległości ze słońcem, na co autor układu nie zwrócił uwagi, a co w rzeczy samej nigdy nie nastę-



puje, przeto po wykazaniu tej niedostateczności w układzie Ptolemeusza, poprawiono później takowy o tyle, że obu pomienionym planetom przypisywano bieg naokoło słońca, a temu wraz z Merkurem i Wenusem bieg naokoło Ziemi. Tak poprawiony układ otrzymał nazwę egipskiego.

Niejednostajność biegu planet, które raz prędzej, drugi raz wolniej odbywają swoje ruchy, była znana starożytnym i Ptolemeuszowi; nazywali oni takową *pierwszą nierównością* biegu planet. Dla wyjaśnienia jej przyjmował Ptolemeusz, że planety krążą wprawdzie po swoich kołach biegiem jednostajnym naokoło ziemi, ale że ziemia nie stoi w samym środku, tylko cokolwiek zewnątrz takowego; wziął zatem do pomocy swojego tłumaczenia koło mimośrodowe.

Powtórę zauważono, że planety podlegają jeszcze drugiej niejednostajności biegu, której w biegu słońca i księżyca nie dostrzeżono; a mianowicie, że planety odbywając ruchy postępowe od zachodu na wschód, niekiedy zdają się zatrzymywać, a potem znowu okazują bieg wsteczny, wskutek czego drogi planet wydają się z ziemi uważane nadzwyczaj zawikłanymi. Znali tę niejednostajność starożytni wraz z Ptolemeuszem, i nazywali ją *drułą nierównością* biegu. Ptolemeusz idąc za Apolloniuszem starał się tę nierówność wytłumaczyć za pomocą epicyklów, przyjmując, że planety odbywają swoje ruchy jednostajnie po okręgach kół, których środki znowu opisują koła naokoło stałego albo nawet ruchomego środka. Jakkolwiek ten sposób tłumaczenia pozornych ruchów planet odpowiadał głównym zjawiskom, wszelako był nader zawikłanym i zbyt sztucznym. Współcześni Ptolemeusza robili mu zarzut, że jego układ nie jest dość prostym, on jednak odpowiadał na to: „Dla czego ma być wszystko w sposób najprostszv urządzone? Azaliż to są ziemskie rzeczy? Należy wprawdzie starać się o jak najprostszv tłumaczenie zjawisk, ale gdzie to nie wystarcza, potrzeba się uciec do innych możliwych przypuszczeń.”

Pomimo swojej zawikłanośc i nienaturalności miał układ Ptolemeusza wszelkie pozory dokładności i ścisłości; opierał się bo-



wiem na geometrycznych wykreśleniach i matematycznych dowodach, jakie pod ów czas znane były; a oprócz tego przewyższał trafnością i bystrością swojego twórcy w tłumaczeniu zjawisk niebieskich, wszystkie, przed Ptolemeuszem robione w tym kierunku próby. Nic też dziwnego w tem, że układ ten stał się główną i jedyną pochodnią, oświecającą nieprzystępne dla człowieka przestwory świata. Zyskał on zwolenników nietylko za czasów Ptolemeusza, ale był aż do Kopernika jedynym skarbem, ogarniającym całą wiedzę astronomów i filozofów natury. Całe wieki średnie trzymały się zasad Ptolemeusza, wszystkie szkoły ówczesne zgłębiały je i po swojemu objaśniały, ale nigdy na włos po za granice tych zasad nie wychodziły. Ptolemeusz zyskał też taką powagę, że każdy, ktokolwiek nie chciał wydać się ze swoim nieuctwem, musiał jego układ świata z zupełną wiarą przyjmować. Było nawet niebezpieczną rzeczą podnieść głos przeciw zasadom Ptolemeusza, tém bardziej że pomysły tych, którzy chcieli podkopać powagę Ptolemeusza, nie były dość przekonywające i nie trafiały do umysłów przesiąkniętych zasadami Ptolemeusza.

Na dowód, jak dalece wkorzeniły się te zasady, przytoczymy słowa Joachima Retyka, o którym w części I-ej wspominaliśmy. Tenże w liście do Jana Schonera, pisany za pobyt w Frauenburgu, i obejmującym treść nie ogłoszonych jeszcze „Obrotów ciał niebieskich,” których zasady od samego autora miał wyłożone, pisze między innymi, jakby chciał zasłonić Kopernika od zarzutu odstępstwa od zasad Ptolemeusza: „Najprzód, uczony Schonerze, chciałbym, ażebyś przyjął za rzecz pewną, że ten mąż, z którego pracy teraz korzystam, w każdym rodzaju nauk i biegłością w astronomii nie jest niższym od Regiomontana: chętniej go zaś z Ptolemeuszem porównywan, nie dlatego, iżbym Regiomontana mniej cenił, aniżeli Ptolemeusza, ale że mój nauczyciel ma to wspólne szczęście z Ptolemeuszem, że zamierzoną przez siebie poprawę uskutecznił.” A dalej jeszcze wyraźniej: „Naostatek radbym, abyś o uczonym mężu, Panu Doktorze, moim nauczycielu, to trzymał, i niezłomnie o tem



miął przekonanie, że u niego nie ma nic przedniejszego, ani szacowniejszego, jak wspierać się na śladach Ptolemeusza, i to nie inaczej, tylko jak uczynił sam Ptolemeusz, naśladowca starożytnych i daleko od siebie dawniejszych.”

Niemniej pragnął Andrzej Osyander, któremu Retyk powierzył nadzór nad wydaniem dzieł Kopernika w Norymberdze, zasłonić autora od pocisków i zarzutów z powodu jego odstępstwa od zasad Ptolemeusza; napisał on bowiem bezimienną przedmowę, w której zaraz na wstępie takie zamieszcza słowa; „Nie wątpię, że niektórzy uczeni rozszerzoną wieścią o nowości hipotezy dzieła tego, że ziemia biegowi podlega, a słońce w środku świata nieporuszone stoi, mocno są obrażeni i utrzymują; że nauk wyzwolonych, gruntownie już oddawna ustalonych, odmieniać się nie godzi.” Łatwo też sobie wyobrazić, że obalenie układu Ptolemeusza nie było z bardzo wielu i ważnych powodów łatwym. Ale nic już powstrzymać nie mogło Kopernika od zasad, o których najgłębiej był przekonany, ani odmienić prawdy, którą jego geniusz świata zwiastował. Stało się! on był powołanym do rozwiązania drugiego wielkiego zadania astronomii, on miał dowieść, co podlega ruchowi, ziemia, czy słońce?

I dowiódł, jak założył, że ziemia a nie słońce ten ruch odbywa, a nam tylko mieszkańcom ziemi wydaje się, jakoby wszystko naokoło ziemi krążyło. Wypowiedziawszy raz tę zasadę, należało ją gruntownie dowodami poprzeć, inaczej nie mogłaby była osiągnąć zamierzonego celu w astronomii i obalić wiekami uświęconych zasad Ptolemeusza. Potrzeba było wykazać w niezaprzeczony sposób, że na podstawie ruchu ziemi wszystkie zjawiska na niebie dostrzegane dadzą się lepiej tłumaczyć, aniżeli według Ptolemeusza. Z tego względu było konieczną rzeczą każdy punkt układu Ptolemeusza rozebrać na zasadzie ruchu ziemi, i udowodnić takowy matematycznie.

Tak też uczynił Kopernik, poczynając od zjawisk codziennie dostrzeganych, a kończąc na najzawikłańszych, wszędzie posługiwał się nie samymi słowami, ale z wszelką ścisłością starał się przeprowadzić swoją myśl główną i zapewnić jej tryumf nad



niedostatecznym układem Ptolemeusza. W całym dziele Kopernika wszystko zmierza do uzasadnienia ruchu ziemi, a nauka o biegu księżyca i planet, jakkolwiek co do istoty swojej nie przewyższa podanej przez Ptolemeusza teorii, jest wszelako do pewnego stopnia uproszczona i w wykładzie służy Kopernikowi tylko do okazania, że przez wprowadzenie ruchu ziemi, zjawiska w biegu planet dostrzegane nie gorzej dadzą się tłumaczyć, jak według zasady Ptolemeusza. W ocenieniu zatem prac Kopernika należy koniecznie odróżnić jego układ świata od teorii księżyca i planet. Układ świata stał się podstawą nowoczesnej astronomii i jest dziś niezbitą prawdą, teoria zaś biegu księżyca i planet, jako nieobejmująca co do istoty swojej nic nowego, ma dziś tylko historyczną wartość. Wielkie znaczenie naukowe zdobył sobie Kopernik głównie przez swój układ świata i gruntowne jego udowodnienie, które w największym porządku logicznym i z wszelką ścisłością, jaką można było ówczesnemi środkami osiągnąć, przeprowadza od początku do końca dzieła.

Takim też sposobem tylko można było wykazać zalety nowego układu i uczynić go podstawą dalszego rozwoju astronomii. Tym a nie innym sposobem można było zjednać mu uznanie ludzi miłujących naukę i prawdę. Posłuchajmy, co mówi wspomniany parokrotnie Joachim Retyk, pierwszy zwolennik nauki Kopernika. W dalszym ciągu swojego listu do Schonera powiada: „Gdy się nad tym prawdziwie godnym podziwu układem nowych teoryj Pana Nauczyciela mego zastanawiam, często, uczony P. Schonerze, na myśl mi przychodzi zdanie owego Platończyka, który pokazawszy czego wymagać należy po astronomie, na końcu przydał: „niełatwo kiedyś cała natura będzie mogła być pojętą, nie mając wielbiciela.” Gdy u ciebie poprzedniego roku byłem i gdy widziałem podjęte prace około poprawy biegów przez naszego Regiomontana, Peurbacha jego nauczyciela, przez ciebie i przez innych uczonych mężów, zaczynałem najprzód rozmawiać, jakim byłoby dziełem, jak wielką pracą, astronomię, tę królową nauk matematycznych, jak tego była godna, do swego pałacu królewskiego odprowadzić i formę jej rządu przywrócić.



Lecz gdy za wolą bozką zostałem widzem i świadkiem prac, które chętnym umysłem zaiste przedsięwziął i po większej już części Pan Doktor, Nauczyciel mój pokonał, widzę, że nie wystawiał sobie ani cienia nawet tak wielkiego ogromu pracy. Tak on zaś wielki, iżby go niekażdy bohater mógł udźwignąć i w końcu pokonać. Z tych przyczyn mniemałbym, że starożytni przekazali pamięci, jakoby Herkules zrodzony z najwyższego Jowisza, gdy zwątpił nadal o swoich barkach, znowu niebo na Atlasa włożył, który długim wiekiem przyzwyczajony, mężnie i niezłomnymi siłami, jak raz zaczął, tak ciężar ten do końca dźwigał. Nadto bozki Platon podług słów Pliniusza, przodkujący w mądrości, wyraźnie w Epinomidzie oznajmia, że „astronomia pod przewodnictwem Boga została wynaleziona.” To zdanie Platona inni może inaczej tłumaczą; ja zaś gdy widzę, że P. Doktor, Nauczyciel mój, spostrzeżenia wszystkich wieków wraz ze swojemi, porządkiem, czyli w rejestr zebrane, zawsze ma przed oczami; następnie gdy coś wypada albo ustalić, albo do nauki i prawideł podać, od pierwszych owych spostrzeżeń postępuje aż do swoich, i rozważa w jaki sposób wszystko się z sobą zgadza; potem trafne wnioski, jakie ztąd pod przewodnictwem Uranii zebrał, do teoryj Ptolemeusza i starożytnych odnosi. A gdy takowe z największem staraniem oceniając, naglony astronomiczną koniecznością, nie uznaje za godne przyjęcia; za bożkiem natchnieniem i potęgą niebian, nowe teorye przyjmuje i za pomocą matematyki geometrycznie ustanawia, coby z nich logicznie wyprowadzić można. Nareszcie spostrzeżenia starożytnych i najsze do przyjętych teoryj stosuje; a tak wszystkie owe prace wyczerpnąwszy, dopiero astronomii prawa przepisuje.”

Dalej zaś mówi tenże Retyk: „Gdy ludzie, jak na wielu miejscach Arystoteles pokazuje, z przyrody swojej mają żądze wiadomości, prawdziwie przykro jest, że nigdzie przyczyny zjawisk nie są tak zawile i jakby cymmeryjskimi ciemnościami otoczone, co też Ptolemeusz z nami poświadcza. Zaiste Ptolemeusza i tych, którzy go naśladowają równie jak i P. Nauczyciela serdecznie kocham; albowiem zawsze mam przed oczami i w pa-



mięci owo święte prawidło Arystotelesa: „Kochać obudwóch, słuchać zaś gruntowniejszego;” lubo jednak nie wiem, jakim sposobem czuję się skłonniejszym do teoryj Pana Nauczyciela. Może się to dzieje w części dla tego, że teraz dopiero wystawiam sobie, iż dokładniej rozumiem owo nader miłe zdanie dla swej powagi i prawdziwości Platonowi przyznawane: że Bóg zawsze mierzy; w części zaś dla tego, że po odnowieniu astronomii przez Pana Nauczyciela, jakby po rozpedzeniu mgły na otwartem teraz niebie i obudwoma, jak się mówić zwykło, oczami widzę potęgę owego nader mądrego zdania Sokratesa w Fedrze: Kogo sądzę być zdolnym do widzenia jednej, lub więcej rzeczy stworzonych, za tym lecę w ślad, jakby za bożkiem.”

Wykazując korzyść, jaką osiąga astronomia z nowej nauki Kopernika, powiada Retyk: „Słusznie astronomią P. Doktora. Nauczyciela mojego wiecznotrwałą możnaby nazwać, jak spostrzeżenia wszystkich epok świadczą, i niewątpliwie spostrzeżenia potomnych potwierdzą. Gdyby taka nauka ciał niebieskich wcześniej przed naszym wiekiem była istniała, żadnego nie miałby nikt powodu nie tylko na astrologię, ale i na astronomię powstawać; sami albowiem codzień widzimy, jak zwyczajny (t. j. Ptolemeusza) rachunek znacznie od prawdy odstępuje.”

Gdy jak mniemam z tego, co się dotąd powiedziało, każdy powźmie przekonanie o ważności nauki Kopernika, godzi się zapytać, jakimi środkami doszedł on do stwierdzenia jej wtedy, kiedy jeszcze nie znano ani teleskopów, ani zegarów wahadłowych, nieodzownie potrzebnych do wszelkich astronomicznych spostrzeżeń, ani wreszcie tych środków i pomocy, jakich dostarcza mechanika i fizyka. Ten brak środków i ich niedostateczność zastąpić zdołał tylko głęboki umysł autora nowego układu świata; umiał on przeniknąć prawdę i wyprzedzić wiek swojemi badaniami.

Skoro już nowy układ świata został drukiem ogłoszony i uczeni mogli z niego korzystać, utworzyły się dwa obozy przeciwnie; do jednego należeli zwolennicy dawnych teoryj, w drugim stanęli obrońcy zasad Kopernika. Bezpośredniem tego na-



• stępstwem było ożywienie umysłów i szukanie środków obrony dla zwalczenia przeciwników. Zwolennicy Ptolemeusza szukali sposobu obrony w zasadach jego, zwolennicy zaś Kopernika odpowiadali nie tylko na zarzuty, ale zwracali się wprost do samych zjawisk, i w nich szukali dowodów na poparcie nowego układu. Walka taka zmuszała obie strony do robienia nowych spostrzeżeń, i do stopniowego ulepszania środków, za pomocą których cel zamierzony osiągnąć chciano. W istocie też nie można nie przyznać, że w kilkadziesiąt lat po śmierci Kopernika sposób robienia spostrzeżeń, jak niemniej sposób ich dokładniejszego rachowania znaczne uczynił postępy. Pod tym zaś względem największą ma zasługę Tycho-Brahe, astronom duński, który słusznie może być nazwany twórcą astronomii spostrzegawczej, która w niedługim czasie łącznie z nauką Kopernika miała się przyczynić do rozwiązania dalszego pytania astronomii. Tycho-Brahe był przeciwnikiem układu Kopernika, i wymyślił swój własny, w którym ziemi znowu nieporuszalność przyznawał.

W miarę ulepszenia samych spostrzeżeń okazywało się coraz widoczniej, że dawna teorya biegu planet w żaden sposób nie zdoła odpowiedzieć oczekiwaniom i życzeniom astronomów, którzy coraz lepiej przekonywali się o prawdziwości nowego układu świata, ale również dostrzegali, że biegi planet muszą koniecznie podlegać pewnym prawom, których jednak nowy układ nie obejmował w sobie. Takim sposobem stanęło znowu inne pytanie, które należało rozwiązać; a mianowicie pytanie, jakim prawom podlegają ruchy planet naokoło słońca?

Zasługa w odgadnięciu tego pytania należy się Janowi Keplero wi, urodzonemu d. 27 grudnia r. 1571. w Wirtembergii, w pobliżu miasta Weil. Sześćdziesięcioletni żywot tego człowieka był nieustanną walką z najrozliczniejszymi przeszkodami, jakie od lat dziecinnych aż do końca życia na drodze mu stawały. Nietylko ubóstwo jego rodziców, nietylko słabowitość zdrowia, ale jeszcze nieszczęścia wojny trzydziestoletniej nader ciężko dawały się uczuwać Keplero wi. Mając lat 22 został profesorem matematyki w Gracu, gdzie się dał poznać z pierwszych



prac. swoich (wydał *Mysterium cosmographicum*, Tajemnice budowy świata), które zwróciły na siebie uwagę astronoma Tycho Brahe, będącego pod ów czas w Pradze w Czechach. Za wpływem Brahego został Kepler powołany przez cesarza Rudolfa II do Pragi, jako matematyk cesarski, gdzie jednak nędzny prowadził żywot, bo w braku innych środków zmuszony był utrzymywać się tylko z płacy profesorskiej, która wskutek wypadków wojennych niejednokrotnie była zatrzymywana i przez dłuższy czas całkiem go nie dochodziła. Dla polepszenia swojego losu przeniósł się Kepler do Linczu także jako profesor matematyki, lecz i tutaj przez lat 15 nie przestały trapić go troski o chleb powszedni; do tego przyłączyły się jeszcze rodzinne kłopoty; matka bowiem obwiniona o czary i uwięziona w Leonbergu była już osądzona na tortury, od których własną obroną nie byłaby się uwolniła, gdyż według zapadłego wyroku wina jej była jasno dowiedziona. Kepler pośpieszył na ratunek matce, napisał długą jej obronę i doprowadził do tego, że mniemana czarownica była tylko na próbę wystawiona, a od śmierci uwolniona. Niezadługo potem zostawał Kepler przy boku Wallensteina w Sagan, gdzie z polecenia cesarza miał rachować kalendarze (efemerydy), rozpoczęte w Linczu. Z początku patrzył Wallenstein, wielki zwolennik astrologii, chętnem okiem na Keplera, ale gdy zażądał od niego dokładnego obliczenia chwili złączenia Jowisza z Saturnem, jakie miało się odbyć r. 1623, i które według astrologów uważane było jako zapowiedź nadzwyczajnych wypadków na ziemi, wtedy nie odebrawszy zadawalniającej odpowiedzi od głęboko myślącego matematyka, zaczął mu coraz bardziej okazywać swoją obojętność, przywołał sobie bieglejszego w rzeczach astrologicznych mistrza, a Keplera postanowił usunąć. Jakoż polecił Wallenstein uniwersytetowi w Rostoku dać Keplerowi katedrę matematyki; senat akademicki musiał usłuchać rozkazu potężnego wodza, ale Kepler pojmował swoje położenie wobec uniwersyteckich towarzyszy, pomiędzy którymi wbrew swemu życzeniu tylko z cudzego rozkazu musiał pełnić obowiązki profesora. Ta nowa posada była jeszcze i z tego



względu dla Keplera wielce niemiłą, że znowu w braku funduszów, pochłoniętych przez wojnę, profesor nie pobierał swojej płacy, i był wystawiony wraz z swoją rodziną na największy niedostatek. Skołatany różnemi kłopotami, nędzą i pracą zgnębiony, rozstał się Kepler ze światem d. 15 listopada r. 1631 w Regensburgu, dokąd przybył dla wyjednania u sejmu, tamże zbranego, zwrotu zaległości i strat poniesionych.

Kepler pisał bardzo wiele, ale z prac jego są najważniejszymi te, które przygotowały nowy postęp astronomii.

Poznawszy bliżej układ Kopernika, widział Kepler jego zalety, ale również dostrzegł, że koła mimośrodowe i wykład biegu planet nie odpowiadają rzeczywistym zjawiskom; wykazały to najlepiej dokładne spostrzeżenia Tycho-Brahego, które porównane z teorią planet Kopernika dawały tak wielkie różnice, jakich nie można było przypisać przypadkowej niedokładności tychże spostrzeżeń. Mniemał tedy Kepler słusznie, że raczej w teorii biegu planet podanej przez Ptolemeusza, za którym poszedł w tym względzie Kopernik, szukać należy przyczyny niezgodności spostrzeżeń z rachunkiem; zaczął przeto wprowadzać zmiany w nauce o biegu planet, chcąc koniecznie doprowadzić takową do zgodności z spostrzeżeniami. Po licznych próbach i wytrwałych rachunkach udało się nareszcie Keplerowi wynaleść prawa, według których planety odbywają swoje biegi naokoło słońca. Te prawa uzupełniły układ Kopernika i nadały mu taką trwałość, że żadne zarzuty nie mogły go już obalić. Badania swoje robił Kepler głównie nad biegiem Marsa i takowe ogłosił w Pradze r. 1609 pod tytułem „Nowa astronomia ruchu Marsa” (*Astronomia nova de motibus stellae Martis*). Ogrom pracy, jaką w tym względzie wykonał Kepler, można z tego ocenić, że niektóre rachunki zajmowały po 10 stron wielkiego formatu; sam też Kepler mówi o nich; „Komu czytanie tych rachunków wyda się za długim, ten niech lituje się nademną, który je przynajmniej 70 razy musiałem powtórzyć, gdy tymczasem czytającemu raz to tylko uczynić wypada.”



Zanim podamy prawa Keplera w tym kształcie, w jakim obecnie znane są w astronomii teoretycznej, opowiemy wprzód ich treść, wykazując kierunek, którego się autor ich trzymał. Za pomocą odpowiedniego rachunku można bieg każdej planety tak wyznaczyć, jakby się przedstawił, uważany ze środka słońca. Bieg taki nazywa się *środoślonecznym*. W tymże biegu planety nie okazują jednakich chyżości, ani nie przedstawiają się w jednakiej wielkości, ale przeciwnie, gdy są bliższe słońca mają większą chyżość i znaczniejszą wielkość; gdy zaś oddalają się od słońca, maleje chyżość i pozorna wielkość planet. Porównując zatem środośloneczną (heliocentryczną) chyżość planet z ich pozornymi średnicami, przekonać się można, że w chwili, kiedy ta chyżość jest największą, także planeta uważana ze środka słońca jest największą, a zatem znajduje się najbliżej słońca; i na odwrót, kiedy chyżość środośloneczna planety jest najmniejszą, wydaje się także planeta najmniejszą, a jej odległość od słońca jest największą. Kepler porównywał więc liczby wyrażające chyżość środośloneczną planet, a wyprowadzone z dokładnych spostrzeżeń, z pozornymi ich średnicami,—i znalazł, że *chyżość każdej planety rozmnożona przez kwadrat z jej odległości od słońca jest w każdym punkcie drogi ilością stałą i niezmienną; czyli że chyżości planet mają się do siebie w stosunku odwrotnym kwadratu z ich od słońca odległości.*

Badając bieg pozorny słońca, czyli rzeczywisty bieg ziemi naokoło niego, znalazł Kepler, że droga roczna ziemi nie jest kołem mimośrodowym, ale ellipsą: wykrył przeto prawdziwy kształt drogi ziemskiej, który także do innych ciał został zastosowany i doprowadził do ogólnego twierdzenia zgodnego z spostrzeżeniami; a mianowicie do twierdzenia następującego: *Drogi wszystkich planet są ellipsami, w których jednym, wspólnem ognisku znajduje się słońce.*

To pierwsze ważne odkrycie Keplera, że płaszczyzny dróg planetarnych schodzą się w środku słońca, usunęło wielką niedostateczność teorii planet rozwiniętej przez Kopernika. Jakoż według Kopernika linie węzłów, czyli przecięć dróg wszystkich



planet z ekliptyką nie przechodzą przez słońce, ale przez środek drogi ziemskiej, przez co powstaje zawilóść i nietrafność całej teorii planet. Miejsca bowiem węzłów fałszywie przyjęte pociągają za sobą tę okoliczność, że planeta uważana z ziemi, zbliżywszy się do mniemanych węzłów, nie znajduje się na ekliptyce, jak to być powinno, ale okazuje się od niej na północ lub południe nieco odsuniętą. Wskutek fałszywie przyjętych węzłów największe szerokości północne nie mogą być równymi największym szerokościom południowym planety, i muszą się okazać obie zmiennymi w miarę zmiennego położenia ziemi na jej rocznej drodze. Jak widzieliśmy w treści szóstej księgi „Obrotów ciał niebieskich,” Kopernik starał się wytłumaczyć tę nierówność szerokości za pomocą pewnych kołysań, które przypisywał drogom planet naokoło ich średniego położenia: roczna droga ziemi wywierała jakby magiczną siłę na położenie i bieg planet.

Kepler, który odniósł swoją teorią biegu planet do słońca, a nie do środka drogi ziemskiej, był zmuszony uczynić to samo z miejscami węzłów i szerokościami planet.

Z tej zasady wychodząc, porównał Kepler spostrzeżenia Marsa przez Tycho-Brahego wykonane i znalazł, że linia węzłów drogi Marsa przechodzi w rzeczy samej przez słońce, oraz że największe szerokości śródsloneczne w całym obiegu planety są jednakowe. Wyprowadził więc wniosek, że płaszczyzny dróg planetarnych utrzymują się w równowadze, mając zawsze jednakie nachylenie do ekliptyki i jednaką linią węzłów. Z tego względu mówi Kepler w 14-tym rozdziale swojej nowej astronomii: „Kopernik nie znał wartości skarbu przez siebie odkrytego, i jego zamiarem było raczej objaśnienie zasad Ptolemeusza, aniżeli rzeczywistych zjawisk, do których przecież daleko więcej się zbliżył, aniżeli ktokolwiek z jego poprzedników. Z radością wskazał on (Kopernik), że szerokości planet zwiększają się za zbliżeniem się tychże do ziemi, jak tego wymagała jego nauka, ale nie ośmielił się odrzucić całkiem reszty zasad Ptolemeusza, i tylko jakby pragnąc takowe potwierdzić, wymyślił kołysanie się dróg planetarnych. Zawsze zwalczałem to niestosowne twierdze-



nie, nawet wtedy kiedy jeszcze nie widziałem spostrzeżeń Tycho-Brahego, teraz zaś cieszę się, że moje przewidywania znalazły zupełne potwierdzenie za pomocą spostrzeżeń.”

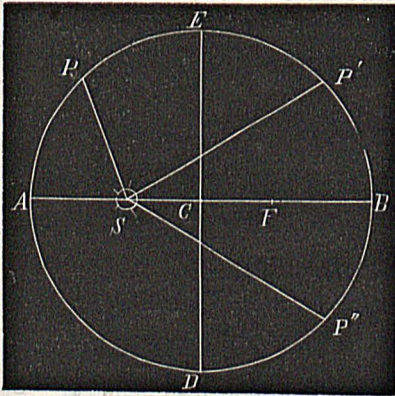
Nie na tem kończy się szereg nader ważnych w astronomii odkryć Keplera, gdyż z porównania czasu, jakiego potrzebują planety do przebieżenia różnych łuków swoich dróg eliptycznych, z chyżościami biegu i odległościami planet od słońca, wyprowadził Kepler nowe prawo, którego treść jest następująca: *powierzchnie, jakie przebiega promień wodzący planety (odległość od słońca) w równych czasach, są sobie równe.*

Przytoczone dotąd prawa Keplera ściągają się do wszystkich planet, ale jeszcze nie podają wzajemnego związku pomiędzy nimi. Kepler mniemał, że taki związek istnieć musi i podlega nieznanemu dotąd prawu; na tę myśl naprowadzał go, wolniejszy bieg planet w miarę ich oddalania się od słońca, który okazywały bez wyjątku wszystkie planety. Gdyby np. Mars opisywał swoją drogę z taką samą chyżością, jak Wenus, wtedy czas obiegu Marsa naokoło słońca musiałby być prawie dwa razy tak długi, jak Wenus; gdyż Mars jest blisko dwa razy bardziej od słońca oddalony, aniżeli Wenus. Lecz przeciwnie Mars potrzebuje trzy razy dłuższego czasu na przebieżenie swojej drogi naokoło słońca, aniżeli Wenus; z tego wynika, że Mars odbywa swój bieg wolniej, aniżeli planeta Wenus, daleko bliższa słońca. Kepler szukał tego związku, a raczej prawa jego, pomiędzy czasem obiegu planet i wielkimi osiami ich dróg eliptycznych; wykonywał z liczbami wyprowadzonymi ze spostrzeżeń Tycho-Brahego najrozmaitsze próby i działania, lecz przez długi czas nie mógł osiągnąć upragnionego celu. Dopiero po siedmnastoletniem usiłowaniu udało mu się, r. 1618, znaleźć szukane prawo, ogłoszone w 3-cim rozdziale piątej księgi „Harmonii świata” (Harmonices mundi, libri V.), wydanej w Lincu r. 1619. Wyprowadzone prawo jest następujące: *Kwadraty z czasu obiegu planet naokoło słońca mają się do siebie w stosunku sześciannów średnich odległości planet od słońca.* Przez średnie odległości rozumieć należy połowę wielkich osi eliptycznej drogi planet, a przez



czas obiegu—przeciąg, jakiego planeta potrzebuje do ukończenia całej drogi naokoło słońca. Dla lepszego zrozumienia dróg, jakie opisują planety naokoło słońca, zamieszczamy figurę.

Linia krzywa do okręgu koła podobna przedstawia tu kształt drogi planet, t. j. ellipsę, przechodzącą przez punkty  $AEBDA$ ; w punktach  $S$  i  $F$  są ogniska ellipsy, w  $S$  wyobraźmy sobie umieszczone słońce; linią  $AB$  przedstawia wielką oś ellipsy, linia zaś  $ED$  małą; obie osi przecinają się prostopadłe w środku ellipsy, którym jest na figurze punkt  $C$ . W punktach  $P, P', P''$  obranych na obwodzie ellipsy wyobraźmy sobie jedną z planet obiegających naokoło słońca po obwodzie ellipsy; linie  $SP, SP', SP''$  poprowadzone od słońca do planety nazywają się promieniami wodzącymi, czyli odległościami od słońca, a linia  $AC$ , t. j. połowa osi wielkiej, wyobraża średnią odległość planety.



Jeżeli planeta w swoim obiegu znajduje się w punkcie najbliższym słońca, t. j. w  $A$ , wtedy osiąga swojego perihelium, czyli punktu przysłonecznego, a kiedy znowu dojdzie do punktu  $B$ ,

wtedy znajduje się w afelium, czyli w punkcie odslonecznym. Linie  $SC$  i  $FC$ , mające równą długość i wyrażające odległość ognisk od środka ellipsy, nazywają się mimośrodem.

Prawa więc Keplera ściągają się do biegu po ellipsach, które najlepiej odpowiadają kształtowi dróg planetarnych, i usuwają w zupełności niedostateczność, jaka pod tym względem ciążyła na układzie Kopernika, zmuszonego dla wytłumaczenia biegu planet wprowadzać najrozliczniesze sposoby, niezgodne z prawdą i wywołujące zamęt w całej nauce o ruchu planet.— Mówiliśmy wyżej, że Kopernikowi nie chodziło o poprawę teorii planet, którą przyjął od Ptolemeusza, tylko o wykazanie, że zasada o ruchu ziemi, przyjęta za podstawę jego układu, le-



piej tłumaczy zjawiska dostrzegane w biegu planet, aniżeli zasada Ptolemeusza, uważającego ziemię za niewzruszoną.

Zastanawiając się nad prawami przez Keplera odkrytymi, dostrzeżemy, że planety odbywając swój bieg po ellipsach, czynią to z nierówną chyżością na różnych punktach swej drogi. Postępując od punktu przysłonecznego do odsłonecznego zwalniają swój bieg, a potem znowu takowy przyspieszają w miarę zbliżania się do słońca. Największą chyżość mają zatem planety w punkcie przysłonecznym, najmniejszą zaś w odsłonecznym.— Pierwsza i druga nierówność biegu planet przyjęta w układzie Ptolemeusza i Kopernika znajduje zupełne wytłumaczenie w prawach Keplera, które nietylko określają kształt dróg planetarnych, ale zarazem wykazują, że niejednostajny bieg planet, odbywający się po ellipsach, a nie po okręgach kół, jest rzeczywistym.

W miarę udoskonalenia nauki o biegu ciał niebieskich dawała się uczuwać potrzeba ulepszenia środków pomocniczych, dozwalających te biegi jak najdokładniej uważać i z nowymi teoryjami porównywać; daleko było jeszcze astronomii do ugruntowania swoich zasad na wszechstronnych dowodach, znaczny jeszcze przeciąg czasu oddzielał ją od rozwiązania niejednego trudnego zadania; ale skoro raz wprowadzona przez Kopernika na nowe tory, przez Keplera dalej rozwinięta znalazła się na drodze zapewniającej jej dalszy postęp, nie mogła się już zatrzymać, lecz przyspieszonym biegiem zmierzała do odgadnięcia ukrytych jeszcze przed człowiekiem tajemnic wielkiej księgi odwiecznej mądrości. Opatrzność nie odmówiła krzątającemu się pilnie człowiekowi swojej skutecznej pomocy, i dozwoliła mu znaleźć środek, za pomocą którego mógł lepiej wpatrywać się w tajemnice zjawisk niebieskich. Tym środkiem było wynalezienie lunety w r. 1608 przez holendra Hansa Lippershey'a, o którym jednak mało kto jeszcze słyszał. Dopiero w r. 1609 dowiedział się Galileusz (ur. w Pizie r. 1564, um. 1642) za swym pobytom w Wenecyi, że jakiś holandczyk darował księciu Nassauskiemu Maurycemu jakieś narzędzie, za pomocą którego można odległe



przedmioty tak widzieć, jakby były tuż przed oczami. Galileusz z początku nie bardzo dawał wiarę takiej wiadomości, opowiada bowiem w swoim „Kuryerze gwiazdowym” (Sidereus nuntius), wydanym w r. 1610, że dopiero po odebraniu potwierdzenia wiadomości z Paryża, zaczął robić próby nad sporządzeniem lunety. Jakoż udało mu się znaleźć takie połączenie szkieł, na jakim polegała luneta holenderska, i Galileusz pierwszy wprowadził lunetę do astronomicznych spostrzeżeń, a oprócz tego starał się udoskonalić ją z wszelką możliwą dokładnością. Na rozgłos o wielkim wynalazku śpieszono zewsząd z zamówieniami do Galileusza; każdy pragnął posiadać narzędzie mające nieocenione zalety i obiecujące zbadanie tajemnic nieba. Sam Galileusz z posiadania takiego skarbu był do najwyższego stopnia zadowolony, niedługo potem udał się do Wenecyi, chcąc swoje cudowne narzędzie pokazać doży i senatowi, oraz wytłumaczyć jego budowę i sposób użycia. Było to wprawdzie bardzo jeszcze niedokładne narzędzie w porównaniu z dzisiejszemi lunetami, ale w każdym razie zaciekawiało wszystkich swoją nowością. Galileusz musiał kilka tygodni zabawić w Wenecyi, gdyż każdy pragnął oglądać nowe dziwo własnymi oczami. Pierwsza luneta Galileusza powiększała 60 razy przedmioty, druga miała znaczniejsze powiększenie i dostała się doży weneckiemu.

Pomimo niedokładności pierwszej lunety można przecież było za pomocą niej widzieć takie zjawiska na niebie, o których dotąd nikt nie miał wyobrażenia. Te pierwsze spostrzeżenia swoje ogłosił Galileusz w pomienionym wyżej „Kuryerze gwiazdowym.“ W nim jest mowa o księżycu, którego powierzchnia za pomocą lunety uważana wydaje się bez wątpienia górzystą. Droga mleczna i gwiazdy mgliste rozpadają się w lunecie na pojedyncze drobne gwiazdy. Planety wydają się powiększonymi, gwiazdy zaś stałe przedstawiają się tylko jako świetne punkty. W pasie Oriona, w którym dają się gołym okiem widzieć tylko większe gwiazdy, których jest siedm, naliczył Galileusz przy pomocy lunety aż 80 gwiazd; w Plejadach zaś, gdzie przedtem widziano tylko sześć, albo siedm gwiazd, naliczył ich Galileusz 36.



Jeszcze większe zdziwienie wywołały spostrzeżenia Jowisza, przy którym Galileusz odkrył cztery księżyce, nazwane przez niego gwiazdami medycejskimi. W r. 1612 ogłosił Galileusz, że mu się udało obliczyć drogi i czas obiegu księżyców Jowiszowych, i podał myśl użycia zakryć (zaćmień) tychże księżyców przez Jowisza do znalezienia długości geograficznej zamiast używania w tym celu daleko rzadszych zaćmień księżycy ziemskiego. W końcu zaś swojego „Kuryera“ podaje wiadomość Galileusz o innym odkryciu, które jednak zamierzał jeszcze sprawdzić, a przytem zachować sobie pierwszeństwo odkrycia; wiadomość o niem podał więc tylko w kształcie zagadki następującej:

SMAJSMRMJLMPEOETALEVNJPNENVGTTAVJRAS.

Te głoski, nad odgadnięciem myśli których dosyć sobie namalano głowy, zestawione w porządku zamykały słowa: „Altissimum planetam tergeminum observavi,“ t. j. najodleglejszą planetę (Saturna) widziałem potrojona. Tak się wydał Saturn ze swoim pierścieniem Galileuszowi, uzbrojonemu w lunetę własnego wynalazku.

Wynalazek lunety rozszerzył widnokrąg astronomicznych spostrzeżeń i słusznie należy się Galileuszowi największa w tym względzie zasługa. Kepler także zajmował się wiele optyką, ale nie doszedł na tem polu tak daleko, jak Galileusz. Jak tamten tak i ten byli zwolennikami układu Kopernika, a Galileusz z powodu rozprawy wydanej w Florencji r. 1632, o układzie Ptolemeusza i Kopernika ściągnął na siebie wiele zarzutów, tak iż w r. 1633 musiał w Rzymie wyprzeć się zasad przez siebie głoszonych.

Z rozlicznych prac niez mordowanego Galileusza przyczyniły się najbardziej do postępu astronomii jego spostrzeżenia, które oprócz przytoczonych powyżej, obejmowały także niemal pierwsze wskazówki dotyczące powierzchni słońca. Rzecz wprawdzie niezupełnie rozstrzygnięta, komu należy się pierwszeństwo odkrycia plam na słońcu, a z niemi i obrotu słońca naokoło swojej osi, Galileuszowi, czy Fabriciuszowi, lub Scheinerowi, ale



to pewna, że Galileusz pierwszy dostrzegł na słońcu jasne miejsca, jakby żyłki, nazwane pochodniami. Oprócz tych spostrzeżeń zrobił Galileusz jeszcze niejedno, nader wielkiego w nauce znaczenia, a między innymi dostrzegł, że planeta Wenus podlega takim odmianom światła, jak księżyc, t. j. że odbywa pewnego rodzaju lunacye. To odkrycie przyczyniło się w wysokim stopniu do potwierdzenia układu Kopernika, i było wymowną odpowiedzią na zarzuty przeciwników, utrzymujących, że przecież Wenus i Merkury nie podlegają takim odmianom światła, jak księżyc, co koniecznie musiałyby nastąpić, gdyby układ Kopernika był prawdziwy; te planety powinnyby być sześć razy większemi, gdy są najbliżej ziemi, aniżeli wtedy, kiedy od niej najbardziej się oddalą. Na takie zarzuty zupełnie słuszne nie mógł ani Kopernik, ani jego zwolennicy dać zadawalniającej odpowiedzi; dopiero odkrycie Galileusza położyło pod tym względem koniec podobnym zarzutom. Według niektórych, a głównie według historyka nauk matematycznych Libri, miał Galileusz wynaleźć także mikroskop. Galileusz w r. 1612 posłał królowi polskiemu narzędzie swojego wynalazku, a pomieniony Libri mniema, że to był mikroskop, powszechnie już pod ów czas we Włoszech znany; tenże historyk utrzymuje, że mikroskop został udoskonalony przez Galileusza dopiero w r. 1624. Wynalazek mikroskopu przypisują także Jansenowi 1590 r.

Galileusz jako profesor w Pizie, gdzie przez dwa lata, od r. 1589—1591, wykładał matematykę, zajmował się wielu doświadczeniami fizycznymi, a głównie dotyczącymi wolnego spadania ciał na powierzchni ziemi, do czego mu dobrą sposobność nasuwała znana pochyła wieża w Pizie. Według mniemania powszechnie pod ów czas przyjętego, miały ciała tem prędzej spadać, im cięższe były; mało kto był przeciwnikiem tego twierdzenia; Galileusz obalił je atoli swojemi doświadczeniami, lubo w oczach widzów był nieraz na śmiech wystawiony, z powodu zaciekłości, z jaką starał się obalić filozoficzne zasady Arystotelesa. Prawo spadania ciał wykryte przez Galileusza jest następujące: *drogi przebieżone przez ciała wolno spadające mają się do siebie w sto-*



*sumku kwadratów z czasu na przebieżenie tych dróg potrzebnego.* Ogłoszenie tego prawa nastąpiło nie zaraz po odkryciu jego, ale wraz z innymi pracami ściągającymi się do fizyki, dopiero w późniejszych pismach Galileusza.

Nietylko w środkowej i południowej Europie ożywił się badawczy duch, zmierzający do postępu nauki w ogólności, a astronomii w szczególności; na północy również znaleźli się ludzie, którzy godnie mogą stanąć w rzędzie największych astronomów ówczesnych. W Gdańsku wystąpił Jan Heweliusz, urodzony r. 1611 d. 28 stycznia w temże mieście, i tamże zmarły w dzień swoich urodzin r. 1687. W r. 1641 zbudował sobie Heweliusz własne obserwatorium, zaopatrzył je w narzędzia odpowiednie i sporządził własną ręką teleskopy, za pomocą których uważał tarczę księżyca z wszelkimi szczegółami. Spostrzeżenia te ogłosił w r. 1647 pod tytułem „Selenographia” t. j. opisanie księżyca, jego plam, odmian światła i innych szczegółów, dostrzeżonych na tarczy księżyca. W 18 lat potem wydał „Prodromus cometicus,” t. j. opis komety, w r. 1664 widzianej; wraz z dodatkiem o ruchu komet, ich tworzeniu się i różnych zjawiskach dostrzeganych na kometach. W 3 lata później głosił znowu Heweliusz swoją kometografią (Cometographia), w której się mieści historia wszystkich komet od najdawniejszych czasów, oraz opis ich natury. W r. 1673 wydał pierwszą część swojej „Niebieskiej Machiny” (Machina coelestis), a w 6 lat później drugą część tejże, która jednak w czasie pożaru powstałego w mieszkaniu Heweliusza w r. 1679 d. 16 września; prawie całkiem spłonęła wraz z narzędziami astronomicznymi; egzemplarze uratowane z tej drugiej części pomienionej pracy Heweliusza są wielką rzadkością. W r. 1690 już po śmierci Heweliusza wyszedł na widok publiczny „Firmament Sobieskiego” (Firmamentum Sobiescianum seu Uranographia), w którym się mieści 1888 gwiazd; z tych 603 przez Heweliusza pierwszy raz uważanych. Oprócz tych prac wyszły jeszcze inne; jak „Annus climactericus” w r. 1685, „Prodromus astronomiae et novae tabulae solares” r. 1690 także po śmierci autora.



W ogólności mówiąc spostrzeżenia astronomiczne znajdowały coraz więcej zwolenników i wykrywały coraz więcej tajemnic nieba. W ślad za temi spostrzeżeniami postępował rozwój wszelkich ulepszeń i ułatwień tak pod względem narzędzi, jak sposobów wykonywania coraz dokładniejszych prac astronomicznych. W r. 1655 wynalazł Huyghens (ur. około 1620, um. 1695) zegar wahadłowy, który do dziś dnia stanowi najniezbędniejsze narzędzie we wszystkich astronomicznych zajęciach. W r. 1675 obliczył Olaus Römer (ur. 1644, um. 1716) chyżość światła ze spostrzeżeń zaćmienia księżyców jowiszowych. We wszystkich kierunkach można było dostrzedz prawdziwy zapał i niezłomowaną wytrwałość, która prowadziła do coraz lepszej znajomości zjawisk niebieskich. Za rozwojem spostrzegawczej astronomii podążała także teoria, która miała rozwiązać dalsze zagadnienie, a mianowicie wykryć prawa tej przyczyny, która dotąd była w ukryciu, a od której zależy ruch ciał niebieskich. Zbadanie przyczyny ruchu planet i ich księżyców wymagało koniecznego rozwiązania, bo każdy już wiedział, jak ten ruch się odbywa, ale jeszcze nikt nie miał dokładnego wyobrażenia o tem, dla czego tak a nie inaczej odbywać się musi.

Na to pytanie dał odpowiedź Izaak Newton (ur. 1642, um. 1727); uczeń a potem profesor uniwersytetu w Cambridge w Anglii, gdzie do r. 1695 wykładał matematykę. Badawczy Newton znał dokładnie prace już dokonane na polu astronomii i matematyki, wiedział także o wykrytych poprzednio prawach, według których działa siła ciężkości ziemskiej, ale zapewne jeszcze nie domyślał się, że on właśnie był powołany do wykrycia tajemnicy, która utrzymuje zgodę i prawidłowość ruchu ciał niebieskich. Podanie niesie, że wykrycie tego najogólniejszego prawa w przyrodzie zawdzięczał Newton przypadkowi, a mianowicie, że kiedy w r. 1666 wybuchła w Cambridge zaraza, Newton przeniósł się do Woolsthorpe, a przechodząc się po swoim ogrodzie widział, jak jabłko z drzewa spadło na ziemię; miało to pobudzić umysł Newtona do zastanowienia się nad tem, dla czego jabłko w ogólności spada i dla czego właśnie zawsze



w kierunku pionowym? Ziemia musi mieć jakąś właściwą sobie siłę;—według jakichże praw jednak działa ta siła? czy ona rozciąga swój wpływ aż do księżyca i zmusza go obracać się około ziemi? Do takich pytań miało dać powód owo spadające na ziemię jabłko. Czy podanie powyższe opiera się na prawdzie, dochodzić nie będziemy; dosyć na tem, że Newton wziął się do badań i rachunku, a skutek takowych był, jak to zaraz zobaczymy, nadzwyczajnej doniosłości w nauce.

Przyczynę, która zmusza ciała do pionowego spadania na powierzchnię ziemi, nazwał Newton atrakcją czyli *przyciąganiem*, i takowe przypisał samej ziemi. Badając działanie tej siły, znalazł, że w odległości promienia ziemskiego, czyli na powierzchni ziemi, jest przyciąganie tak wielkie, iż pod wpływem jego ciało spadające może w pierwszej sekundzie przebiec przeszło 15 stóp, a nadto, że wpływ taki objawia się wszędzie na powierzchni ziemi jednakowo. Mniemał również Newton, opierając się częścią na zdaniu Huyghensa, częścią na prawach Keplera, że przyciąganie ziemi wywiera także swój wpływ w wielkiej odległości, ale że ze wzrostem teje odległości od ziemi musi słabnąć; bo gdy toż przyciąganie wywiera wpływ dookoła na wszystkie punkty, wtedy w miarę wzrastającej odległości od ziemi rozdziela się na coraz większe powierzchnie kuliste; a że znowu takie powierzchnie mają się do siebie w stosunku kwadratów ze swoich promieni, t. j. odległości od środka ziemi, przeto pomienione *przyciąganie musi się zmniejszać w stosunku kwadratu z odległości*.

To prawo zastosował Newton do księżyca, ale w pierwszych swoich badaniach pod tym względem nie otrzymał zadawalniającego wypadku, co głównie pochodziło z niedokładnej znajomości promienia ziemi, i odległości księżyca w tymże promieniu wyrażonej. Dopiero po 16-tu latach od pierwszej próby, t. j. w r. 1682, kiedy otrzymał wypadki dokładniejszych wymiarów ziemi przez Picarda francuza, wykonane, wziął się znowu Newton do rachunku, wprowadzając poprawioną wielkość promienia ziemskiego, i znalazł, że atrakcyja ziemiska wywołująca spadanie



ciał jest tą samą siłą, która zmusza księżyc do krążenia naokoło ziemi, działając na niego w stosunku odwrotnym kwadratu z odległości. Taka siła, objawiająca się w wzajemnem działaniu ciał na siebie, musi wywierać wpływ swój na każdą cząstkę materji, z której się ciało składa, i jest tem większą, im znaczniejsza massa ciała. Prawo zatem całe wyraża się w sposób następujący: *Siła przyciągania wzrasta w stosunku prostym z masy a odwrotnym kwadratu z odległości.* Prawdziwość atoli tego prawa udowodnił dopiero Newton na księżycu, ale czy takowe może się stosować ogólnie do wszystkich planet, należało jeszcze udowodnić za pomocą rachunku. Tu jednak zaczęła się wielka praca, która unieśmiertelniła Newtona, i która po czterech latach głębokich badań, wykazała, że prawo powyższe jest zupełnie ogólne, i stosuje się zarówno do planet i ich księżyców, jak do komet; w późniejszych czasach zastosowano toż prawo także do gwiazd stałych podwójnych. Dzieło, w którym Newton złożył owoc swoich badań i ogłosił w r. 1686, nosi tytuł: „*Matematyczne zasady filozofii natury*” (*Principia philosophiae naturalis mathematica*). Z tego prawa można naodwrot, jak to uczynił Newton, wyprowadzić kształt dróg, jakie opisują ciała w układ słoneczny wchodzące i dowieść, że każde ciało niebieskie krążące na około słońca, musi koniecznie odbywać swój bieg po elipsie, albo paraboli, lub hiperboli, w ognisku których znajduje się słońce. Ruch po elipsach odbywają planety i ich księżyce, komety zaś, które tylko wtedy stają się widzialnemi, kiedy się zbliżą do słońca, mają drogi albo eliptyczne, albo paraboliczne, lub też hiperboliczne.

Pod wpływem wzajemnego działania ciał na siebie, zachodzą w rzeczywistości niektóre zmiany, albo zboczenia w biegu ciał niebieskich, znane pod nazwą *przeszkód ruchu*; takowe stanowią najtrudniejszą część astronomii teoretycznej i rachunkowej, jednak w niczem nie naruszają ogólnego prawa Newtona, owszem nawet służą takowemu za potwierdzenie. Newton sam starał się wyznaczyć te przeszkody, a oprócz tego pokazał, jak przy pomocy praw przyciągania można znaleźć masę i gęstość



planet, oraz chyżość spadania ciał na ich powierzchni; a nadto rachunkowym sposobem wyznaczył spłaszczenie ziemi przy biegunach.

W ogólności biorąc Newton nietylko poznał i dowiódł, dla czego ziemia i inne planety odbywają swój bieg na około słońca, i dla czego właśnie według pewnych praw się poruszają, ale nadto położył najgruntowniejsze podwaliny dzisiejszej astronomii teoretycznej. Od tego czasu praca zmierzała do wykończenia i udoskonalenia pojedynczych części wspaniałej świątyni nauki, oraz potwierdzała coraz dobitniej, prawdziwość ogólnego prawa Newtona i godnych jego poprzedników.

Zastanawiając się nad twórcami nowoczesnej astronomii, jakimi byli: Kopernik, Kepler i Newton, trudno byłoby powiedzieć, który z nich więcej przyczynił się do postępu nauki; zasługi ich są nieocenione, prawdziwe i wzajem się wspierające. Z uwagi jednak, że Kopernik pierwszy obalił zasady Ptolemeusza, wprowadził pierwszą astronomią na nowe tory i dał popęd późniejszym w tym względzie badaniom, możemy bez przesady powiedzieć, że jemu należy się także pierwszeństwo zasługi w nauce.

Na podstawie tak wielkich odkryć mogła astronomia swobodnie się rozwijać we wszystkich kierunkach; praca w istocie nie ustrwała, ale prawie z każdym rokiem wydawała nowe owoce. Ulepszenie narzędzi, coraz dokładniejsze spostrzeżenia ciał niebieskich, tudzież prace teoryteczne, pociągały za sobą rozwój nie tylko samej astronomii, ale wraz z nią wszystkich nauk, z którymi w bliższym lub dalszym zostawała lub zostaje związku.

Ale skoro astronomia dosięgła takiego stopnia rozwoju, skoro wykryła prawa kierujące biegiem ciał niebieskich, cóż jej jeszcze zostało do roboty? Do czegoż jeszcze zmierza? Czy praca jej nie jest tylko powtórzeniem tego, co już wykonanem zostało? Tak mógłby kto zapytać i słusznie.

Na to możnaby jednak w ogólności odpowiedzieć, że pomimo wielkich odkryć, pomimo wiekowych usiłowań, księga odwiecznej mądrości jeszcze jest niezbadana. Ludzkość nauczyła



się zaledwie pierwsze jej głoski odgadywać, pierwsze stawiać kroki na drodze do jej zbadania, ale daleko jeszcze człowiekowi do poznania tych tajemnic, jakie dotąd przed jego wzrokiem są ukryte. Nie wolno jednak nam wątpić o możliwości dojścia do pożądanego celu, ale winniśmy być o tem jak najgłębiej przekonani, że cel ten tylko za pomocą pracy i wytrwałości osiągniętym być może. W szczególności zaś jakież zagadnienie, jakie pytanie winna rozwiązać nauka?

Poprzednio mówiliśmy o ruchu i jego przyczynie; poznaliśmy atoli dopiero jedną z tych sił, od których ruch ciał niebieskich zależy; a mianowicie siłę ogólnego przyciągania, której prawo działania wykrył Newton. Widzieliśmy także mówiąc o prawach Keplera, że kształt dróg ciał niebieskich jest ekliptyczny, który, jak wymaga prawo Newtona, może także być parabolicznym, lub hiperbolicznym, jak to wykazują zresztą drogi komet. Ale każdy z tych kształtów drogi ciał niebieskich jest linią krzywą, czyli innemi słowy ciała niebieskie nie podlegają działaniu jednej tylko siły, która musiałaby wywołać ruch po linii prostej, ale koniecznie z siłą przyciągania przez Newtona wykrytą, musi działać druga jeszcze siła; inaczej ciało nie opisywałoby drogi krzywego kształtu.

Dla objaśnienia podobnego działania dwóch sił przytoczymy przykład, na który prawie codziennie patrzymy; a mianowicie ruch wahadła pionowo ustawionego. Na ciężarek do laski przytwierdzony działa tu najprzód siła przyciągania ziemskiego, zwana w ogólności ciężkością; jeżeli tylko ta jedna działa siła, wtedy ciężarek wraz z laską ustawi się pionowo, i w tym kierunku postępowałby, gdyby odczepiony mógł swobodnie spadać. Skoro atoli siłą ręki odwiedziemy ciężarek wahadła z pionowego kierunku, a potem go puścimy, ciężarek ten odbywa ruch po linii krzywej. Ta siła ręki jest zatem nieodzowną, ażeby łącznie z siłą ciężkości ziemskiej wywołała ruch wahadłowy ciała. Tę siłę ręki chwilowo działającą nazywamy siłą uderzenia, albo rzutu; podobnej też szukać należy w naturze, gdyż tylko za jej udziałem ciała pod wpływem ciągle działającej siły przyciąga-



nia mogą opisywać drogi, przez Keplera wykryte, a przez Newtona uzasadnione.

Z powyższych uwag nie trudno dostrzedz, że astronomia musi także zmierzać do odgadnięcia owej siły rzutu, która chwilowo działając przyczyniła się do wywołania takiego ruchu, jakiemu ciała niebieskie w układ słoneczny wchodzące ulegają. Zkąd powstała taka siła rzutu? Gdzie ta ręka która ją wywołała?

W tem pytaniu jest tyle tajemnic ukrytych, że sam zamiar odpowiedzi na nie, może wydać się dla człowieka czystem niepodobieństwem. Może się kto zdziwić, słysząc podobne zdanie, wszak rozum człowieka zdolny jest wszystko zbadać i odgadnąć, powie jeden. Ależ nie potrzeba łamać sobie głowy nad odgadnięciem niedostępnych dla rozumu ludzkiego rzeczy, odpowie drugi; Bóg tak chciał i tak uczynił; on stworzył wszystko, jak mu się podobało, a człowiek z pokorą winien tylko podziwiać wielkie dzieło Stwórcy, którego odgadnąć nie potrafi. I zaiste nie można dziwić się podobnym twierdzeniom; dowodzą one tylko, że sprawa o którą chodzi, nie jest do odgadnienia łatwą, ale przeciwnie wymaga największego napięcia sił człowieka, jeżeli kiedy ma on poznać dalsze tajniki przyrody. Dotychczas nie zanedbywano pierwszych prób mogących do celu doprowadzić; a lubo te próby dalekie są jeszcze od prawdy, wszelako raz zrobione, mogą kiedyś po wielu usiłowaniach osiągnąć cel zamierzony. Historya umysłowego rozwoju człowieka wykazuje wszędzie, że zabiegi w celu poznania prawdy były zwykle uwieńczone pożądanym skutkiem; zapewne też i w pomienionym wypadku podobnie się kiedyś stanie. Rozumie się samo przez się, że nie wystarczy tutaj pierwsza lepsza mrzonka, puszczone na chybił trafił, jak tego mamy wszędzie pełno przykładów na ludziach, którym się zdaje, że wyobraźnia ich, — z której zresztą sami nie moglibyśmy sobie zdać sprawy, — winna być zasadą do szukania prawdy; w tem trudnem zadaniu potrzeba wprzód dokładnie poznać drogi, które mają prowadzić do celu. Nie ma nic łatwiej-



szego, jak tworzyć i pisać teorye na niczem nie oparte, unosić się wyobraźnią bez znajomości przedmiotu i wyprowadzać wnioski, które nauce nie przynoszą żadnej korzyści i świadczą tylko o cierpliwości papieru.

Pragnąc w dalszym ciągu mówić o tych pierwszych próbach zmierzających do odgadnienia ukrytych jeszcze przyczyn ruchu; powiemy tylko o najważniejszych i z danymi prawdami najzgodniejszych. Pod tym względem wypada więc zacząć od układu słonecznego, gdyż w nim najprzód należy odgadnąć tę siłę rzutu o której wyżej była mowa. Tutaj nie trudno dostrzedz, że próba odgadnienia tej siły łączy się ściśle z pytaniem, dotyczącem sposobu powstania układu słonecznego i przybrania tego kształtu, w jakim go obecnie widzimy.

W tym kierunku badań ma wielką zasługę Laplace, (urod. 1749, um. 1827), który w dziele „Exposition du système du monde,” ogłoszonym w r. 1796, podał ważne wskazówki zmierzające do wykrycia nieznaney nam jeszcze drugiej przyczyny ruchu planet, która działając jako siła rzutu przyczyniła się do nadania ich drogom tego kształtu, jaki obecnie opisują.

Z góry atoli robimy tu zastrzeżenie, że sposób w jaki Laplace tłumaczy powstanie układu słonecznego, jakkolwiek jest próbą nader zajmującą i od innych gruntowniejszą na tem polu, nie stanowi niezbitęj prawdy, ale tylko jest przypuszczeniem (hipotezą), w którym jeszcze nie mało mieści się wątpliwości.

Zanim podamy główny zarys hipotezy Laplace'a, musimy nieco powiedzieć o tych ciałach niebieskich, które w ogólności nazywamy gwiazdami mglistymi, albo mgławicami (nebulozami). Takowe rozsiane są po wszystkich przestworach nieba, okazują rozliczne kształty i wielkość, a przy tem są, jak gwiazdy stałe, nieruchome; światło mają słabe i dają się najczęściej dostrześć dopiero przy pomocy lunet. Z licznych i różnorodnych spostrzeżeń można z wielkiem do prawdy podobieństwem powiedzieć, że te mgławice są ciałami w stanie swojego pierwotnego rozwoju i najprawdopodobniej gazami.



Otoż Laplace mniema, że cały układ słoneczny był kiedyś również tylko jedną wielką masą, pod wpływem nader wysokiej temperatury w stanie rozprężliwym się znajdującą. Wszystkie zatem planety i ich księżyce, tworzyły razem ze słońcem jedną całość, jedną masę bezkształtną, z nadzwyczaj delikatnej materii złożoną, i nie mającą stałego skupionego środka; masa ta musiała zajmować ogromną przestrzeń, większą aniżeli zajmuje obecny układ słoneczny; uważana w tym pierwotnym swoim stanie masa taka przedstawiłaby się także jako mgławica. Ta pierwotna masa odbywała ruch wirowy naokoło swojej osi, a temperatura jej stopniowo malała. Za zmniejszeniem temperatury musiało nastąpić zmniejszenie się objętości tej masy, a oprócz tego powiększenie chyżości wirowego jej ruchu. Za powiększeniem znowu tejże chyżości części masy najdalej od środka się znajdujące podlegały większej dążności oddzielenia się od całości, a to w skutek tak zwanej siły odśrodkowej, która w każdym ruchu wirowym występuje. Ta siła odśrodkowa jest zawsze pod biegunami, czyli przy końcach osi obrotu najmniejsza, a w kierunku płaszczyzny dzielącej oś obrotu na dwie połowy, czyli na równiku, jest ona znowu największa. W miarę dalszego wirowania i ciąglego oziębiania się pierwotnej masy, wzrosła siła odśrodkowa do tego stopnia, iż przewyższyła siłę skupiającą całą masę na około środka, czyli tak zwaną siłę dośrodkową; następstwem tego było oddzielenie się pewnej części tej pierwotnej masy na całym obwodzie jej równika; oddzielona w taki sposób pewna część wirującej masy utworzyła zatem pierścień w okolicy tegoż równika. Ten pierścień będąc już poprzednio z swoją całością w ruchu wirowym, nie przestał odbywać tegoż ruchu nawet po oddzieleniu się; ale oprócz tego tak on jak i reszta masy jeszcze złączonej z sobą i skupiającej się na około środka kuli, musiały się dalej oziębiać i co do objętości swojej zmniejszać; w skutek zaś tego tworzył się coraz większy przedział między pierścieniem oddzielonym a pozostałą masą kuli. W dalszym ciągu nie przestawały części materii tak w pierścieniu jak kulistej massie ulegać skupieniu się coraz większemu, ale skutek



tego skupiania był w obojgu odmienny; bo gdy masa kulista ciągle skupiała się naokoło swojego środka, masa pierścieni tworząca tylko w tym razie mogła w całej jego rozciągłości skupiać się jednostajnie, kiedy wszędzie miała jednaką gęstość; w takim też przypadku mogła ta masa utworzyć trwałe pierścienie. Jeżeli atoli gęstość masy oddzielonego pierścienia była w różnych miejscach nie jednakowa, wtedy w pierścieniu skupianie materji nie odbywało się jednostajnie, lecz w punktach gdzie była większa gęstość rozpoczęło się skupianie najbliższych cząstek materji naokoło tych punktów, tak iż masa pierścienia gromadząc się naokoło nowych środków musiała się znowu podzielić na części, a sam pierścień tracąc poprzednią nieprzerwaną całość, musiał się rozprysnąć na drobniejsze masy, które stopniowo ulegały dalszemu skupianiu, zachowując raz przybraną odrębność od reszty masy. Siła odśrodkowa, która wywołała powstanie pierścienia w ogólności, była także przyczyną obrotu jego samego, lub jego części naokoło środka głównej masy, czyli dała popęd do ruchu po tej drodze, jaką pierścień lub części z niego powstałe opisywać miały w dalszym ciągu swojego istnienia naokoło pierwotnego środka.

W takim stanie rzeczy ta część pierwotnej masy, czyli w naszym przypadku, ta planeta, która najdalej znajduje się od środka, naokoło którego bieg swój odbywa, t. j. od słońca, oddzieliła się najprzód i jest najdawniejszą w układzie słonecznym.

W ciągu dalszego obrotu pozostałej głównej masy, następowało w podobny sposób oddzielanie się pewnej części jej materji, ale gdy już w skutek ciągłego zmniejszania się objętości tej pozostałej masy i chyżość obrotu była większa, musiały też nowotworzące się pierścienie, albo z nich powstałe odrębne całości, nabyć większej chyżości swojego obiegu naokoło głównego środka, czyli musiały one swój bieg kończyć w krótszym czasie, aniżeli dawniejsze pierścienie lub z nich powstałe części.



Według tego planety coraz później tworzące się musiały być mniejsze, względem siebie bliższe, mieć większą gęstość i prędszy bieg naokoło głównego środka.

Największa część pierwotnej masy nie uległa całkowitemu rozdzielaniu się na małe części, ale utworzyła nareszcie kulę, która po ostatecznem skupieniu się masy zatrzymała jednako chyżość wirowego ruchu. Ta część największa pierwotnej masy utworzyła słońce.

Podobnie jak z pierwotnej masy tworzyły się odrębne całości, czyli planety, tak znowu z planet oddzielały się części, jako zawiązki księżyców, które stały się tém odnośnie do planet, czem planety odnośnie do słońca.

Zastanawiając się teraz na przytoczoną hipotezę i porównując ją z obecnym układem słonecznym, znajdziemy że w wielu przypadkach tłumaczy ona zjawiska w nim napotykanne, a mianowicie wyjaśnia, dla czego wszystkie bez względu na planety odbywają swój ruch w jednym kierunku, t. j. od zachodu na wschód; dalej dla czego drogi planet mają w ogólności nader małe nachylenie do płaszczyzny ekliptyki, a oprócz tego dla czego te drogi mają małe mimośrodowości i są zbliżone do okręgu kół. Przytoczone tu trzy wspólne cechy układu słonecznego zdają się mieć także jeden wspólny powód, i być wywołane działaniem jednej siły, na cały układ się rozciągającej.

W dalszym ciągu porównania tej hipotezy z układem słonecznym znajdujemy także, że sposób tworzenia się pojedynczych jego części nie stoi w sprzeczności z tem, co obecnie widzimy. Jakoż napotykamy w układzie słonecznym trzy takie przypadki, w których oddzielona od głównej masy część materii skupiła się w odrębne pojedyncze całości, jak Mars, Wenus i Merkury. W przypadków zaś, w których oddzielona masa ulega znowu dalszemu rozdzielaniu, napotykamy pięć; jako to w Ziemi, Jowiszu, Saturnie, Uranie i Neptunie. Następnie przypadek, w którym oddzielony pierścień rozpadł się na drobne części, widzimy w planetoidach, t. j. małych planetach, których z każdym rokiem coraz większą liczbę odkrywają. W końcu nadmienić



także wypada, że planety bliższe słońca mają w ogólności większą gęstość, są mniejsze i przy biegunach swoich mniej spłaszczone, aniżeli planety od słońca odleglejsze.

Jeżeli się atoli przypatrzymy temu obrazowi także z odwrotnej strony, przekonamy się, że takowy ma wiele niedostateczności. Wyłączając komety i gwiazdy spadające, które nie należą do układu słonecznego i pod hipotezę Laplace'a nie podchodzą, musimy przyznać, że hipoteza nie odpowiada na pytanie, z kąd powstał pierwszy popęd do nadania pierwotnej massie wirowego ruchu; dalej dla czego słońce zatrzymało swoje światło, a planety takowego są pozbawione. Oprócz tego gęstość masy pojedynczych planet nie odpowiada ściśle stosunkowi ich odległości od słońca. Te niedostateczności hipotezy Laplace'a mogą się jeszcze zwiększyć w miarę dalszych spostrzeżeń i nowych badań.

Przed zakończeniem tego krótkiego rysu rozwoju astronomii, wspomniemy także dla uzupełnienia całości, o najnowszych badaniach, zmierzających do bliższego poznania ciał niebieskich, a przedewszystkiem do wykrycia ich fizycznej budowy. W tym kierunku badań droga była i jest nader niedostępna, gdyż jedynym zwiastunem, przynoszącym nam wiadomość od tych odległych światów, jest światło. Z codziennego życia wiadomo, że światło pochodzące od różnych ciał nie jest jednakowe i że odpowiednio badane prowadzi do wykrycia własności samego źródła, od którego ma swój początek. Zanim atoli znaleziono sposób badania światła ciał niebieskich tworzone rozliczne przypuszczenia i stawiano przeróżne domysły tak o naturze tego światła, jak i o ciałach, od których takowe pochodziło, ale ostatecznie domysły takie nie opierały się ani na spostrzeżeniach odpowiednich, ani na innej jakiej podstawie, która mogłaby im nadać jakie takie podobieństwo do prawdy. Dopiero w r. 1859 wskazał Kirchhoff wraz z Bunsenem drogę postępowania, wprowadzając do badań astronomicznych analizę spektralną, t. j. sposób badania światła za pomocą szklanych pryzmatów, w których toż światło rozkłada się na barwy, z jakich się składa, tworząc w ogólności tak zwane widmo światła.



Jakoż badanie widma, wywołanego światłem ciał niebieskich, i porównanie takowego z widmem światła, pochodzącego od ciał na ziemi napotykanym, doprowadziło do wykrycia w ciałach niebieskich wielu pierwiastków ziemskich. Sposób tego rodzaju badań został zastosowany z nader dobrem powodzeniem, i obok ulepszenia samych spektroskopów znajduje dziś coraz więcej zwolenników, zajmujących się spostrzeżeniami dotyczącymi fizycznej budowy ciał niebieskich. Z tych spostrzeżeń największa liczba odnosi się do światła słonecznego i do innych szczegółów dostrzeganych na tarczy słońca, ale w ogólności biorąc, nie można już dziś wyprowadzić z nich takiego wniosku, który oprócz prawdopodobieństwa, że słońce mogło się kiedyś znajdować w takim kształcie, jaki nam gwiazdy mgliste przedstawiają, i że otoczone jest płonącymi gazami, — mógłby nam dać zupełnie dokładne wyobrażenie o budowie słońca i o znaczeniu wszystkich zjawisk dostrzeganych na jego tarczy. Zdania w tym względzie są jeszcze dziś podzielone, i z tego powodu potrzeba dalszych spostrzeżeń, bez których ostateczny sąd o tak ważnej rzeczy jest niemożliwy. W każdym razie analiza spektralna okazała się tak dzielnym środkiem badania światła, że słuszenie można na niej oprzeć tę część astronomii, której przedmiotem jest zbadanie fizycznej budowy ciał niebieskich. Jak w innych zadaniach astronomii, tak też i w nowych spektroskopowych badaniach, wytrwałość i cierpliwa a ciągła praca uwieńczy się pożądanym skutkiem; przedwczesne atoli wywody ostatecznych wypadków nie przyczyniają się do postępu nauki, ale przeciwnie przez fałszywość swoją mogą takowy powstrzymać; przedewszystkiem potrzeba najprzód za pomocą spostrzeżeń zbadać najdrobniejsze szczegóły zjawisk.

Oprócz badań odnoszących się do fizycznej budowy ciał niebieskich mamy jeszcze zrobić wzmiankę o kometach i gwiazdach spadających, które jako niespodziewani goście pokazują się kiedy niekiedy w obszernych krainach układu słonecznego, i zadziwiają częstokroć człowieka już to kształtem swoim, jak komety, już też liczbą i różnaitością dróg swoich, jak gwiazdy spa-



dające. Tego rodzaju zjawiska zwracały od najdawniejszych czasów uwagę człowieka na siebie, ale gdy nie okazywały takiej prawidłowości swojego powrotu, jak planety i inne ciała niebieskie, więc były raczej poczytywane za oznakę jakichś nadzwyczajnych wypadków, aniżeli za przedmiot naukowego badania. Nie można się nawet temu dziwić, bo przecież daleko pilniejszą sprawą było poznanie i odgadnienie tych zjawisk, na które ludzie ciągle patrzyli, aniżeli przypadkowych, które na pozór zdawały się żadnemu nie podlegać prawu. Dopiero po wykryciu praw, kierujących ruchami planet i ich księżyców, po bliższem przypatrzeniu się tym rozlicznym zjawiskom, w jakie całe obfituje niebo, można było z kolei przystąpić do niespodziewanych zjawisk, jak komety i gwiazdy spadające. Pierwszem zadaniem było i tutaj poznanie praw, jakim podlegają ruchy tych ciał; zastosowano więc do nich prawa Keplera i Newtona, po czem pokazało się, że w istocie prawom tym podlegają także komety za swoim wkroczeniem w dziedzinę układu słonecznego. Lecz ze spostrzeżeń i rachunku na nich opartego pokazało się także, że drogi komet położeniem swoim względem ekliptyki są bardzo odmienne od dróg planet; te ostatnie albowiem jak to wyżej wymieniliśmy, mają jednaki kierunek biegu i z niewielu wyjątkami drogi nachylone pod małemi kątami do ekliptyki; przeciwnie komety przedstawiają największą różnorodność pod tym względem i biegi swoje odbywają już to w podobnym kierunku, jak planety, t. j. od zachodu na wschód, już też w przeciwnym, t. j. od wschodu na zachód. Z tych powodów trudno byłoby przypuścić, że komety wraz z planetami mają jednaki początek i należą do układu słonecznego. Dziś też uważają się komety za ciała, które w wędrówce swojej po przestworach nieba dopiero wtedy stają się widzialnymi, kiedy się zbliżą do słońca, podobnie jak gwiazdy spadające wtedy tylko się pokazują, kiedy w biegu swoim dostają się do atmosfery ziemskiej.

Co do natury komet i gwiazd spadających mamy obecnie • prawdopodobniejsze przypuszczenia, aniżeli były dawniej, i według takowych gwiazdy spadające są tylko odmiennem nieco od komet zjawiskiem. Na taką myśl naprowadziła głównie peryo-



dyczność, z jaką powtarza się spadanie gwiazd pomiędzy 11-ym a 14-ym listopada, które co 33 lat blisko w nadzwyczajnej obfitości było przeszło od pół wieku uważane; oraz ta okoliczność, że jedna z komet w tymże przeciągu czasu powraca do słońca i staje się widzialną. Droga tej komety pokazała się nadzwyczaj zbliżoną, i niemal jednaką z drogą, jaką odbywa listopadowy rój gwiazd spadających; z tego wyprowadzono nader prawdopodobny wniosek, że pomieniony rój może być tylko dalszym ciągiem komety, a gdy zaczęto pomiędzy kometami peryodycznymi, czyli powrotnymi, szukać takich, których drogi również były zbliżone do rojów gwiazd spadających w innych miesiącach, przekonano się, że w istocie niektórym z tych komet odpowiadają także inne roje gwiazd spadających. Takie wypadki oparte na spostrzeżeniach i rachunku nasuwały na myśl pytanie, czy komety i gwiazdy spadające nie dadzą się wytłumaczyć na podstawie wzajemnej wspólności obojga? Pierwszą próbę takiego tłumaczenia zrobił Schiaparelli w r. 1866, głosząc nową teorią biegu i prawdopodobnego początku gwiazd spadających. Obszer-na i trafniemi dowodami poparta praca Schiaparelli'ego, wydana we Florencyi w r. 1867 pod tytułem: „*Note e Riflessioni intorno alla Teoria astronomica delle stelle cadenti,*” zjednała sobie powszechne uznanie, i obudziła żywsze zajęcie się tym przedmiotem, który wprawdzie od dawna zwracał na siebie pilną uwagę astronomów, ale nie był z takiego stanowiska badany, jak to zrobił Schiaparelli. Za pojawieniem się nowej teorii wypadało znowu uciec się do środka, który w astronomii okazywał się zawsze skutecznym, a mianowicie należało przekonać się, o ile ta teoria zgadza się z spostrzeżeniami, ostatecznym probierzem wszelkich hipotez i teoryj. Nie obeszło się wprawdzie bez dodatków, objaśnień i nowych pomysłów w tym przedmiocie, ale pomimo to główne zasady teoryi utrzymały się. Nie wchodząc w szczegóły całego przedmiotu, podamy jedynie główną myśl, mogącą dać wyobrażenie o zjawisku, uważanem długo za zagadkowe.



Już poprzednio nadmieniliśmy, że komety są ciałami, do układu słonecznego nie należącymi, które atoli w wędrówce swojej po przestrzeniach nieba dostają się do tego układu, stają się dla ziemi widzialnymi, i muszą podlegać prawom kierującym biegami planet, czyli że chcąc nie chcąc muszą uznać potężną władzę słońca nad sobą; oprócz tego pod wpływem ogólnego przyciągania ciał podlegają także działaniu, jakie mogą na nie wywierać planety. Otóż według dzisiejszego pojmowania rzeczy niektóre z komet pod wpływem działania ciał układu słonecznego, ulegają bądź częściowemu, bądź zupełnemu rozproszeniu się tak, iż jako komety po upływie krótszego lub dłuższego czasu zupełnie istnieć przestają, a natomiast występują jako gwiazdy spadające. Te gwiazdy spadające, z rozproszenia komet powstałe, podlegają takim samym prawom ruchu, jak poprzednio ich całość, z tą jedynie odmianą, że w tym nowym swym stanie prędzej ulegać mogą działaniu większych mass, jakie mają planety, i w większej lub mniejszej części mogą nawet spadać na powierzchnie planet, do których się najbardziej zbliżą. Takie rozproszenie się komet nie odbywa się od jednego razu, ale przeciwnie zwolna i stopniowo oddzielają się od całości pojedyncze części, tworząc na tej drodze, którą poprzednio opisywała kometa, pierścień większej lub mniejszej obszerności; w tymże pierścieniu zamykają się części z rozproszenia komety powstałe i odbywają w dalszym ciągu swój bieg naokoło słońca. Jeżeli ziemia w swym rocznym biegu spotyka się z pierścieniem rozproszonej komety, wtedy staje się świadkiem zjawiska, znanego jako gwiazdy spadające; ku temu potrzeba tylko, aby ciała w układ pierścienia wchodzące dostały się do atmosfery ziemskiej, gdzie wielka chyżość tych ciał i opór powietrza stają się powodem mocnego rozgrzania się ciał pomienionych a potem światła, jakby od rakiet pochodzącego. Gwiazdy spadające są w ogólności ciałami bardzo drobnymi, i najprawdopodobniej mają różną wielkość; w biegu swoim dostając się do atmosfery ziemskiej zanurzają się w niej niejednakowo, niektóre tylko najwyższych warstw jej dotykają; ztąd pochodzi różnorodność ich



blasku, który okazuje się tem większym, im gwiazda jest większą i głębiej zanurza się w warstwy powietrza. Niektóre z gwiazd spadających zbliżają się tak do ziemi, iż całkiem ulegają jej przyciąganiu, a wtedy spadają na jej powierzchnię jako aerolity, przy czem jaśnieją nadzwyczajnym blaskiem, a nakoniec pękają z łoskotem podobnym do strzałów armatnich. Podobne zjawisko mieliśmy w r. 1868 d. 30 stycznia pod Pułtuskim.

Powyższy sposób tłumaczenia rzuca pewne światło na budowę komet, które podług tegoż tłumaczenia byłyby zbiorowiskiem drobnych ciał, skupiających się najbardziej przy jądrze czyli głowie komety, a najbardziej rozluźnionych na jej warkoczu, i w ogólności słabem światłem błyszczących. Te ciała w całość komety wchodzące mogą przed zbliżeniem się do układu słonecznego, kiedy jeszcze krążą w głębiach przestrzeni świata, znajdować się zupełnie w odmiennym stanie, nawet rozprzężliwym, i dopiero stopniowo w dalszej wędrówce swojej ulegają ciągłej przemianie, dopóki nie przybiorą tego kształtu, w jakim się ziemi przedstawiają. Rozumie się, że nie wszystkie widziane komety znajdują się w tych samych warunkach i nie wszystkie ulegają w jednakim stopniu działaniu ciał w układ słoneczny wchodzących, niektóre z nich tylko czasowo goszczą w dziedzinie tegoż układu, potem opuszczają go najczęściej na zawsze, jak wykazują ich drogi; niektóre zaś, a takich jest mniejsza liczba, pod wpływem słońca i planet zmuszone są pozostać w przestrzeniach pomienionego układu jako części jego, obiegając słońce w krótszych, lub dłuższych peryodach, podobnie jak planety. Z tych komet, które już to wskutek mniejszej spójności swoich cząstek, już to pod wpływem większego działania mass w układ słoneczny wchodzących, nie mogą oprzeć się stopniowemu rozproszeniu, powstają roje gwiazd spadających.

Jakoż z spostrzeżeń i badań w tym kierunku dokonanych pokazało się, że drogi komety trzeciej z r. 1862, i pierwszej z r. 1866, schodzą się z drogami, jakie przebiegają roje gwiazd



spadających między 10-tym a 13-tym sierpnia, i między 11-tym a 14-tym listopada. Lecz nietylko te dwie komety mają odpowiednie sobie roje gwiazd spadających, gdyż podobnych komet jest znaczna stosunkowo liczba, podobnie, jak znaczna liczba rójów gwiazd spadających, w różnych miesiącach roku. Nie dawno bo wieczorem 27 listopada 1872 r. byliśmy także i my świadkami nader obfitego roju gwiazd spadających; zjawisko to prawie każdy widział, dla tego bliżej go tutaj nie opisujemy; natomiast podamy prawdopodobną przyczynę tegoż zjawiska; w tym celu sięgniemy do dawniejszych spostrzeżeń. Jakoż od r. 1798 są spostrzeżenia, świadczące o wielkiej liczbie gwiazd spadających około końca listopada, lub początku grudnia, a miejsce z którego takowe zdawały się wybiegać nie wiele różni się od tego, w którym i tegoroczny rój wylatywał, jak to poniżej zobaczymy. Szukając pomiędzy kometami peryodycznymi takiej, do której najprawdopodobniej mógłby należeć rój gwiazd spadających d. 27 listopada, można w istocie znaleźć w spisie komet, przechodzących przez punkty przecięcia się ich dróg z ekliptyką w różnych porach roku, że na dzień 28 listopada przypada tamże kometa Bieli; spis pomieniony podał jeszcze w r. 1868 professor Weiss w Wiedniu. Jeżeli za pomocą niewielkiego rachunku znajdziemy położenie wierzchołka (zenitu) Warszawy względem ekliptyki, w d. 27 listopada 1872 r. o godzinie 10-ej wieczorem, pokaże się że długość pomienionego punktu uważana od równonocy wiosennej wynosi  $52\frac{1}{2}^{\circ}$ . Z pierwiastków znowu drogi, jaką przebiega kometa Bieli, znajdziemy, że węzeł spadający tejże drogi, t. j. ten punkt przecięcia się jej z ekliptyką, od którego kometa przechodzi z północnej strony na południową, oddalony jest od punktu równonocnego na  $64^{\circ}$ , a więc zenit Warszawy w podanej wyżej chwili był w długości tylko blisko o  $11^{\circ}$  oddalony od węzła komety. Bacząc jeszcze na to, że punkt, z którego zdają się wypadać gwiazdy spadające w dniach blizkich 27 listopada, jest tylko o  $9^{\circ}$  na południe odsunięty od wierzchołka Warszawy, bez trudności możemy sobie wytłumaczyć dla czego w Warszawie wszystkie gwiazdy spada-



jące wybiegały w większej lub mniejszej odległości od tego wierzchołka, a potem posuwały się ku poziomowi w kierunkach kół, przez ten wierzchołek poprowadzonych; mieszkańcy zatem Warszawy mieli zjawisko prawie nad swojemi głowami i mogli prawdopodobnie najwięcej widzieć gwiazd spadających. Punkt wylotu (radyacyi) gwiazd spadających d. 27 listopada leży w pobliżu gromady Perseusza, którą nieco wyprzedza i od niej nie wiele jest na południe posunięty; gromada ta jest bardzo pomiędzy gwiazdami znaczna, i dla tego w przybliżeniu można się według niej oryentować; ściśle bowiem biorąc, punkt pomieniony leży pomiędzy drobnymi gwiazdami Andromedy bezpośrednio wyprzedzającej Perseusza.

Przytoczywszy powyższe okoliczności musimy jeszcze powiedzieć kilka słów o samej komecie Bieli, która w istocie jest w swoim rodzaju osobliwym zjawiskiem. Była ona odkryta jeszcze w r. 1772 d. 8 marca przez Montagne'a w Limoges; powtórnie znowu dostrzeżona jako nowa kometa przez Pons'a d. 10 listopada r. 1805, lecz dopiero trzeci raz odkryta w Jozefstadt w Czechach przez Bielę d. 27 lutego r. 1826 i niezależnie od tego przez Gambarta d. 9 marca, dała się poznać jako kometa peryodyczna, kończąca swój obieg naokoło słońca w ciągu  $6\frac{3}{4}$  lat. Od tego czasu zwracała za każdym powrotem uwagę astronomów na siebie, i długo była widziana tylko jako jedna kometa; dopiero w r. 1848 pokazała osobliwe zjawisko, a mianowicie mglista jej masa była już rozdzielona na dwie osobne komety, na około słońca blisko siebie krążące. W roku 1865 pomimo usilnych poszukiwań już komety nie widziano, i wnosząc z całego jej poprzedniego zachowania się, wyprowadzono wniosek, że zniknięcie jej przypisać należy tylko jej zupełnemu rozproszeniu się, do czego wciągu poprzednich lat taką skłonność okazywała. Kometa w mowie będąca, powinna była pokazać się znowu w r. 1872, ale dotąd o tem znikąd nie słychać. Gdyby nawet jeszcze nie zupełnie się rozproszyła, z trudnością już mogłaby być dostrzeżona, gdyż od czasu swoje-



go rozdzielania ciągle okazywała się coraz słabszą i mniejszą. Gdzież więc mogła się podziać? Na to znajdziemy odpowiedź w szeregu spostrzeżeń gwiazd spadających w ostatnich dniach listopada i pierwszych grudnia, o których powyżej powiedzieliśmy. Otóż w przeciągu lat 40, t. j. od r. 1798 do 1838, w których to dwóch ostatnich latach uważano również wielką liczbę gwiazd spadających na początku grudnia, mieści się, jak to już dawniej zauważył D'Arrest z Kopenhagi, prawie sześć obiegów komety Bieli na około słońca, zaś od r. 1838 do 1872 pięć takichże obiegów. Kometa zatem i gwiazdy spadające kończą w jednakim czasie swój bieg na około słońca, a drogi ich są odnośnie do ekliptyki te same. Cóż jest tego powodem? Ślepy traf, czy też rozproszenie się komety Bieli w gwiazdy spadające? Jak na ślepy traf, jest to zbyt wielka prawidłowość, której on zwykle się nie trzyma; przypisywać też tylko ślepemu trafowi takie zjawisko, znaczyłoby to samo, co oczekiwać, ażeby ten sam los 11 razy wygrywał na loteryi, na której co  $6\frac{3}{4}$  lat odbywa się ciągnięcie. Z tego powodu daleko większe ma prawdopodobieństwo przypuszczenie, że gwiazdy spadające w końcu listopada, lub początku grudnia są tylko częściami rozproszonej komety Bieli, i za takie możemy też uważać to zjawisko, na które patrzyliśmy z podziwem d. 27 listopada roku 1872. Prawdopodobieństwo takiego przypuszczenia jeszcze się bardziej powiększy, gdy zważymy, że i na innych kometach wykazano ich wspólność z gwiazdami spadającami.

Zadługo cokolwiek mówiliśmy o tym przedmiocie w krótkim zarysie rozwoju astronomii, ale głównie uczyniliśmy to z tego powodu, że w naszych pismach nie znaleźliśmy jeszcze o nim wiadomości, podanej w związku z całym przebiegiem pojedynczych zjawisk.

Na zakończenie dodamy, że w skreślonym w krótkości obrazie rozwoju astronomii nie było naszym zamiarem pisanie historii tej nauki, ale tylko zestawienie głównych jej zwrotów, jakie przechodziła stopniowo od chwili ogłoszenia ksiąg: „O obro-



tach ciał niebieskich," tudzież o skierowanie uwagi na to, w jak stosunkowo krótkim czasie potem zwróciła się astronomia do rozwiązania trudnych i wielkich swoich zadań; a czego jeszcze nie dokonała do tej chwili, tego dokona w dalszym swoim rozwoju.



88324



...nie ...  
 ...nie ...  
 ...nie ...  
 ...nie ...  
 ...nie ...

