

23422/18



ASTRONOMIA  
MIKOŁAJA KOPERNIKA

*Maria Wronska*  
NICOLAI COPERNICI TORINENSIS  
DE REVOLUTIONIBUS ORBI-  
um caelestium, Libri VII.

Habes in hoc opere iam recens nato, & edito,  
studiose lector, Motus stellarum, tam fixarum,  
quàm erraticarum, cum ex uteribus, tum etiam  
ex recentibus obseruationibus relicturos: & no-  
uis insuper ac admirabilibus hypothefibus or-  
natos. Habes etiam Tabulas expeditissimas, ex  
quibus eodem ad quoduis tempus quàm facilli-  
me calculare poteris. Igitur eme, lege, frue.

*Acquisitio v. h. c. 1812.*

Norimbergæ apud Ioh. Petreium,  
Anno M. D. XLIII.



*Gottlieb*

*bibliotheca y. m. a. p. d. n. c. 1812*

Prezentowana praca zapoznaje czytelnika z treścią podstawowego dzieła Mikołaja Kopernika *O obrotach*. Autorka przytacza obszernie wyjątki z tekstu poszczególnych ksiąg, zwłaszcza zaś z księgi pierwszej, w której Kopernik zawarł cały wykład swojej teorii w sposób zrozumiały i przystępny.

Lektura ta pozwala nam wniknąć w tajniki astronomii i pełniej zrozumieć znaczenie teorii Kopernika dla dalszego rozwoju nauk astronomicznych i przyrodniczych.

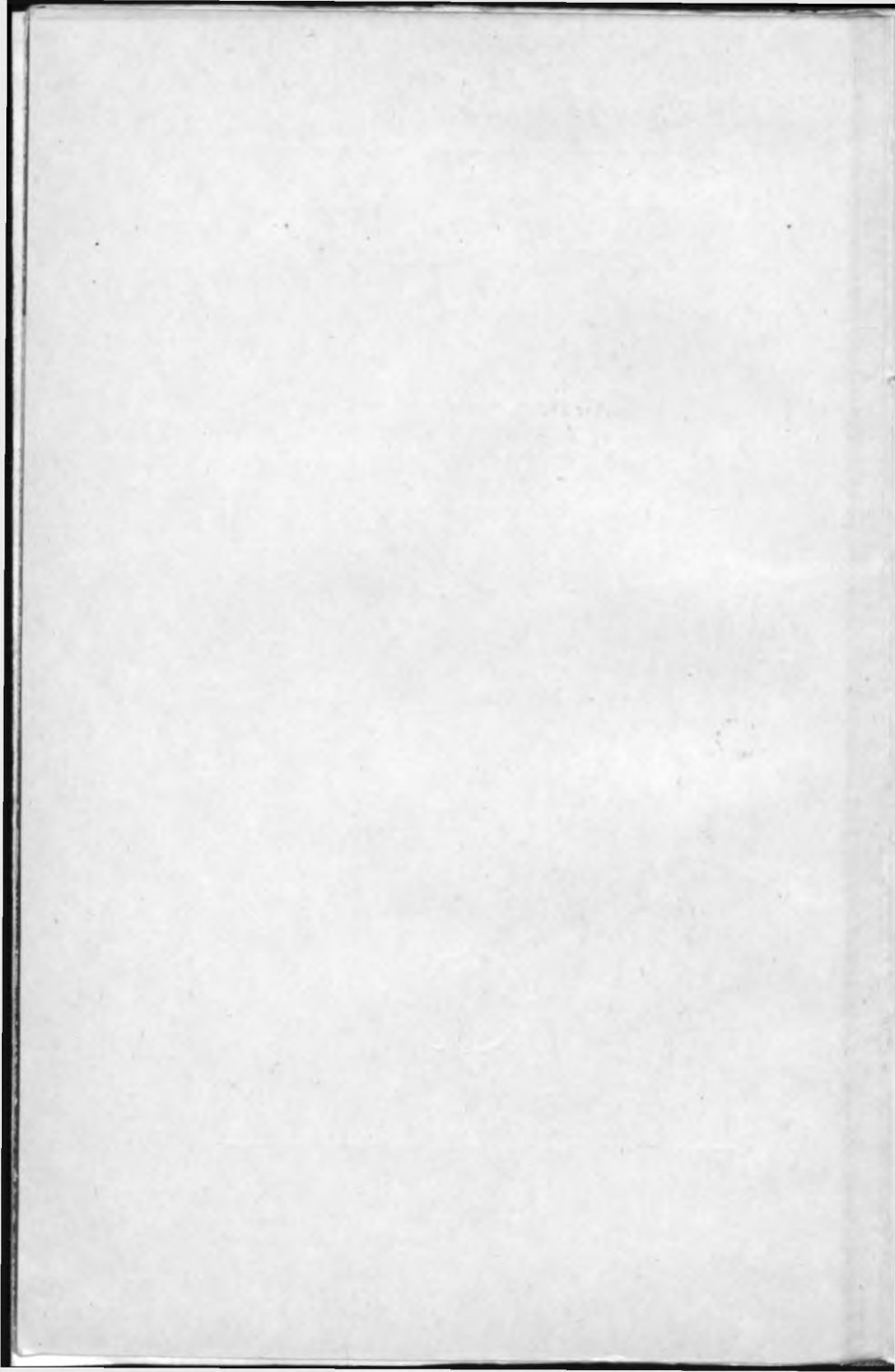
Biblioteka  
Główna  
UMK Toruń

023422/18

CECYLIA IWANISZEWSKA

ASTRONOMIA  
MIKOŁAJA  
KOPERNIKA





ASTRONOMIA  
MIKOŁAJA  
KOPERNIKA

ASTRONOMIA  
MIKOŁAJA  
KOPERNIKA



WYDAWCA  
LITWA

1911



WYDAWCA  
LITWA

of

TOWARZYSTWO NAUKOWE W TORUNIU

PRACE POPULARNONAUKOWE NR 18



BIBLIOTECZKA  
KOPERNIKAŃSKA

Nr 8

T O R U Ń 1971

023422

nie obrin  
zachowac plisze i obradys

CECYLIA IWANISZEWSKA

ASTRONOMIA  
MIKOŁAJA  
KOPERNIKA

18



T O R U Ń 1 9 7 1

Redaktor Naczelny Wydawnictw TNT  
ARTUR HUTNIKIEWICZ

\*

Komisja Wydawnictw Popularnonaukowych

Przewodniczący:  
ANDRZEJ TOMCZAK

Członkowie  
JANUSZ GILAS, FRANCISZEK PEPEŁOWSKI, WANDA ZABŁOCKA

\*

Redaktor naukowy  
WILHELMINA IWANOWSKA

\*

Projekt obwoluty  
oraz opracowanie graficzne  
ZYGERYD GARDZIELEWSKI

\*

Na obwlocie:  
Strona tytułowa pierwszego wydania  
dzieła Mikołaja Kopernika



WYDANO Z ZASIEKU  
WOJEWÓDZKIEJ RADY NARODOWEJ  
W BYDGOSZCZY

1018554

Printed in Poland

E. 3214/2



„Spośród licznych i różnorodnych sztuk i nauk, budzących w nas zamiłowanie i będących dla umyśłów ludzkich pokarmem, tym — według mego zdania — przede wszystkim poświęcać się należy i te z największym uprawiać zapalem, które obracają się w kręgu rzeczy najpiękniejszych i najbardziej godnych poznania. Takimi zaś są nauki, które zajmują się cudownymi obrotami we wszechświecie i biegami gwiazd, ich rozmiarami i odległościami, ich wschodem i zachodem oraz przyczynami wszystkich innych zjawisk na niebie, a w końcu wyjaśniają cały układ świata...”

Mikołaj Kopernik, *O obrotach,*  
Wstęp do księgi pierwszej



## NIECO WIADOMOŚCI Z ASTRONOMII

Celem tej pracy jest zapoznanie czytelnika z wykładem astronomii Mikołaja Kopernika, zawartym w jego dziele *De Revolutionibus – O obrotach*. Aby jednak dalsze rozważania były bardziej zrozumiałe, należy krótko omówić ruchy wykonywane przez Ziemię, wspomnieć o dawnych pomiarach astronomicznych i ich przydatności do życia codziennego, wreszcie przedstawić zasady systemu geocentrycznego Ptolemeusza.

### RZECZYWISTE RUCHY ZIEMI

Od najdawniejszych czasów człowiek obserwował niebo i starał się zrozumieć zjawiska na nim zachodzące, a następnie tworzył swoją koncepcję budowy wszechświata. Przeważnie każda z istniejących cywilizacji posiadała własną teorię kosmologiczną, mniej lub bardziej zgodną z obserwacjami. W Europie do czasów Kopernika (a nawet i później) przeważało przekonanie o prawdziwości ptolemejskiego systemu geocentrycznego. W systemie tym ruchy planet i Słońca odbywały się wokół Ziemi (po grecku *gea*), natomiast w systemie Kopernika ruchy planet odbywały się wokół Słońca (po grecku *helios*), stąd też system ten nazwano heliocentrycznym.

Teorie układów geocentrycznego i heliocentrycznego były związane z interpretacją szeregu zjawisk zaobserwowanych na niebie. Niektóre z tych zjawisk związane były z ruchem Ziemi, jako miejsca znajdowania się człowieka-obszwaratora. Należy zatem zastanowić się, jakie ruchy są w rzeczywistości przez Ziemię wykonywane.

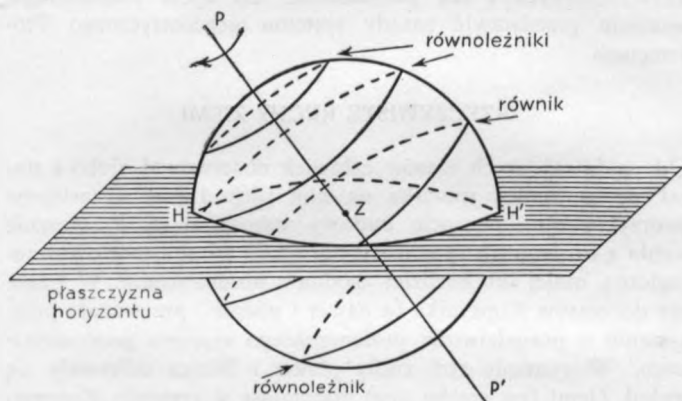
Trzy główne ruchy, które wprowadził do swego systemu Kopernik, to: ruch obrotowy, ruch obiegowy i ruch precesyjny. Omówienie tych ruchów według księgi pierwszej *Obrotów* \*

\* Wyjaśnienie tytułu zob. s. 23 n.

podane jest dalej, tu ograniczono się jedynie do bardzo ogólnego ich przedstawienia.

## 1. Ruch obrotowy

Jest to ruch Ziemi wokół osi biegunowej z zachodu przez południe na wschód w ciągu jednej doby. Następstwem tego obrotu jest obserwowany na Ziemi pozorny ruch sklepienia niebieskiego w kierunku przeciwnym, a więc ze wschodu przez południe na zachód, zjawisko pojawiania się (wschodu) i znikania (zachodu) ciał niebieskich przy horyzoncie, a także zjawisko dnia i nocy.



1. Ruch obrotowy Ziemi i pozorny ruch sklepienia niebieskiego  
Z - Ziemia, przedstawiona jako punkt; HH' - horyzont miejsca obserwacji; PP' - oś biegunowa Ziemi

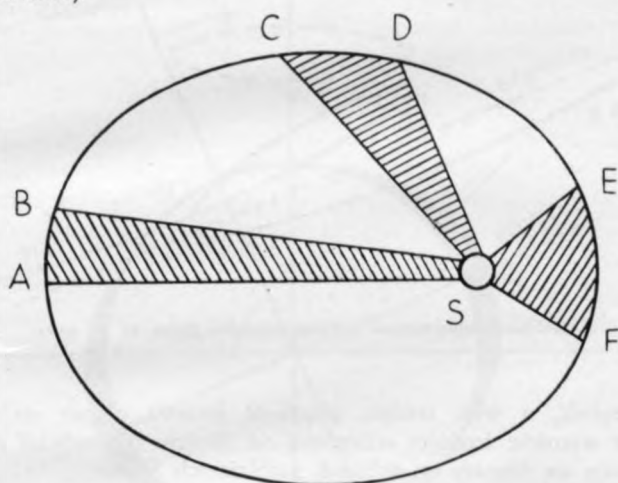
Pozorny ruch dobowy wszystkich ciał niebieskich odbywa się wokół osi biegunowej, wzdłuż kół prostopadłych do niej (równoleżników), a równoległych do płaszczyzny równika. Wymienione koła, płaszczyzny i oś powstają z przedłużenia ziemskich kół, płaszczyzn i osi (stanowiących podstawę tworzenia siatki współrzędnych geograficznych na kuli ziemskiej) na sklepienie nieba.

8 Na zaobserwowany z Ziemi obraz pozornego ruchu nieba ma wpływ również związane z szerokością geograficzną miejsca

obserwacji nachylenie płaszczyzny horyzontu obserwatora do płaszczyzny równika.

## 2. Ruch obiegowy

Jest to ruch Ziemi w kierunku zachodnim w ciągu jednego roku po orbicie eliptycznej, w której ognisku znajduje się Słońce (pierwsze prawo Keplera). Zgodnie z drugim prawem Keplera ruch odbywający się po elipsie jest niejednostajny, przy czym Ziemia porusza się szybciej w tej części swej orbity, która jest bliżej Słońca, a wolniej w części bardziej od Słońca oddalonej.

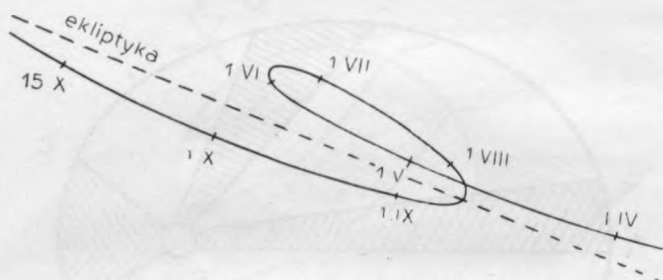


2. Drugie prawo Keplera, pokazane na przesadnie spłaszczonej elipsie  
S - Słońce w ognisku elipsy; AB, CD, EF - drogi, przebywane przez planetę w równych odstępach czasu; pola zakreskowane - równe pola zakreślone przez odcinek łączący Słońce z planetą w równych odstępach czasu

Następstwem tego ruchu Ziemi jest pozorny, niejednostajny ruch Słońca w płaszczyźnie, zwanej płaszczyzną ekliptyki, w kierunku wschodnim. Obserwuje się go jako przesunięcie Słońca o około jeden stopień dziennie na tle nieba w pasie gwiazdozbiorów zodiaku (zwierzyńca). Jest tych gwiazdozbiorów 12, tyle, ile miesięcy w roku. Słońce co miesiąc znajduje

się na niebie na tle innego gwiazdozbioru (znaku). Oto ich nazwy (zaczynając od wiosennych): Baran, Byk, Bliźnięta, Rak, Lew, Panna, Waga, Niedźwiadek, Strzelec, Koziorożec, Wodnik, Ryby.

Inne planety również krążą wokół Słońca po orbitach eliptycznych w następującej kolejności: Merkury, Wenus, Ziemia, Mars, Jowisz, Saturn, Uran, Neptun, Pluton. Trzy ostatnie odkryto dopiero w XVIII, XIX i XX w., a więc były one Kopernikowi nie znane. Planety krążą zgodnie z trzecim prawem Keplera, a zatem kwadraty okresów obiegu po orbitach są proporcjonalne do trzecich potęg ich średnich odległości od Słońca. Oznacza to, że okres obiegu rośnie szybciej niż średnia



3. Kolejne, zaobserwowane z Ziemi położenia Marsa na tle nieba

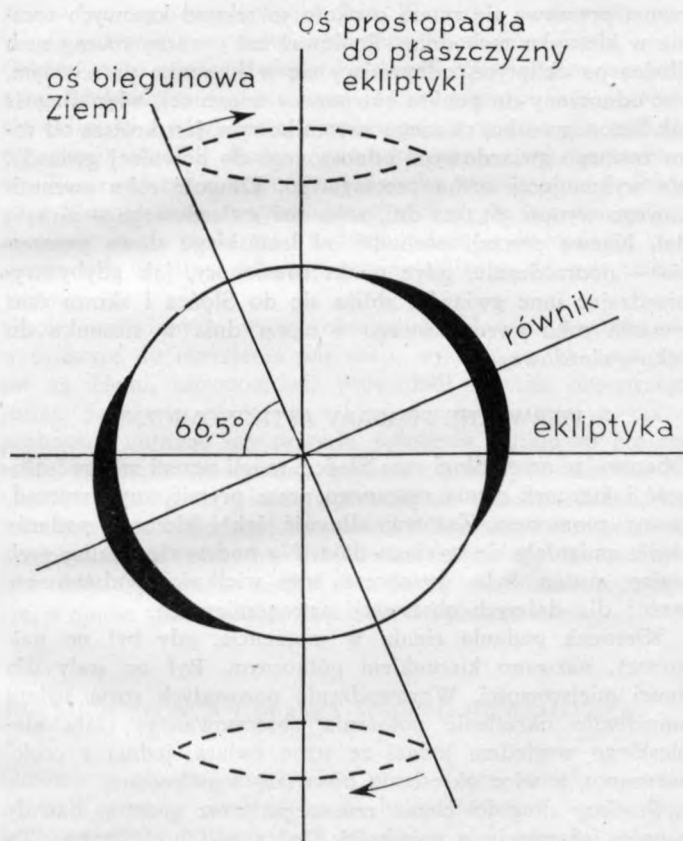
odległość, a więc średnia prędkość liniowa planet maleje przy wzroście średniej odległości od Słońca. Najszybciej poruszają się planety na orbitach najbliższych Słońca.

Obserwator, znajdujący się na poruszającej się Ziemi, widzi planety również poruszające się wokół Słońca, ale z innymi prędkościami. Wydaje mu się przeto, że planety poruszają się niejednostajnie, że poruszają się raz w kierunku zgodnym z ruchem Ziemi, raz w kierunku przeciwnym i stąd pozorna droga planety na tle nieba może przybierać dla obserwatora ziemskiego postać pętli.

Wspomniane wyżej trzy prawa dotyczące ruchu planet wokół Słońca zostały przez astronoma niemieckiego Keplera wyprowadzone w latach 1609-1619, a więc kilkadziesiąt lat po śmierci Kopernika.

### 3. Ruch precesyjny

Jest to ruch osi biegunowej Ziemi po powierzchni stożkowej, nachylonej pod kątem  $66,5$  stopnia do płaszczyzny ekliptyki, odbywający się w ciągu  $26$  tysięcy lat. Ruch ten wywołany jest nachyleniem osi obrotu Ziemi do płaszczyzny ekliptyki, na której działają siły przyciągające Słońca i Księżyca, jak również spłaszczeniem Ziemi.



4. Ruch precesyjny, wykonywany przez oś biegunową Ziemi, przedstawionej jako bryła silnie spłaszczona

Wskutek zmiany położenia kierunku osi biegunowej Ziemi w przestrzeni zmienia się również położenie płaszczyzny równikowej, czyli zmieniają się położenia punktów przecięcia tej płaszczyzny z płaszczyzną ekliptyki, zwane punktami równonocy wiosennej i jesiennej. Nazwa pochodzi stąd, że gdy Słońce w swym pozornym ruchu po ekliptyce znajdzie się w jednym z tych dwóch punktów, to na Ziemi obserwuje się wtedy równą długość dnia i nocy, a następnie początek wiosny lub jesieni na półkuli północnej. Punkt równonocy wiosennej przesuwa się zatem o około 50 sekund kątowych rocznie w kierunku zachodnim. Ponieważ zaś pozorny roczny ruch Słońca po ekliptyce, odbywający się w kierunku przeciwnym, jest odnoszony do punktu równonocy wiosennej, więc długość tak liczonego roku, zwanego zwrotnikowym, jest krótsza od roku zwanego gwiazdowym, odnoszonego do dowolnej gwiazdy, nie wykonującej ruchu precesyjnego. Długość roku zwrotnikowego wynosi 365,2422 dni, roku zaś gwiazdowego – 365,2563 dni. Nazwa precesji pochodzi od łacińskiego słowa *praecessio* – poprzedzanie, gdyż punkt równonocy, jak gdyby wyprzedzając inne gwiazdy, zbliża się do Słońca i skraca czas trwania roku zwrotnikowego o 0,0141 dnia w stosunku do roku gwiazdowego.

## PIERWOTNE POMIARY ASTRONOMICZNE

Obserwując przez długi czas Słońce, mogli uczeni mierzyć długość i kierunek cienia rzucanego przez prymitywny przyrząd, zwany gnomonem. Zarówno długość, jak i kierunek padania cienia zmieniały się w ciągu dnia. Na podstawie analizy tych zmian można było wyznaczać trzy wielkości podstawowe, ważne dla dalszych obserwacji astronomicznych.

1. Kierunek padania cienia w momencie, gdy był on najkrótszy, nazwano kierunkiem północnym. Był on stały dla danej miejscowości. Wprowadzenie pozostałych stron świata umożliwiło określenie położenia obserwowanego ciała niebieskiego względem jednej ze stron świata, jednej z części horyzontu, a więc określenie pierwszej współrzędnej.

2. Pomiar długości cienia rzucanego przez gnomon dawały z kolei informacje o wysokości Słońca nad horyzontem. Ta wysokość to druga współrzędna określająca położenie ciała niebieskiego.



3. Moment, w którym cień gnomona był najkrótszy, a więc Słońce było najwyżej, nazywano momentem południa danej miejscowości. Odstęp czasu między dwoma kolejnymi południami w tej samej miejscowości dał z kolei podstawową jednostkę czasu – dobę słoneczną.

Mając ustalony sposób określenia położenia ciała niebieskiego na sklepieniu nieba oraz jednostkę czasu, można było zaobserwować zmiany w położeniu Słońca z dnia na dzień, zmiany w położeniu wschodów i zachodów Słońca na horyzoncie, zmiany czasu trwania dnia. Wszystkie te zjawiska wynikały oczywiście z omówionych powyżej ruchów Ziemi.

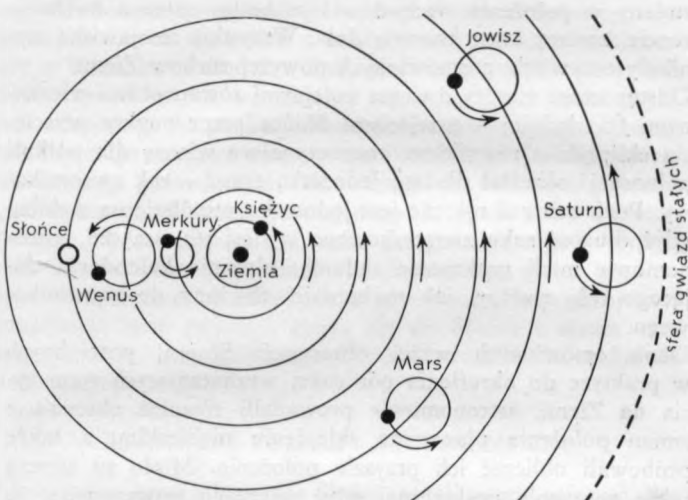
Odstęp czasu między dwiema kolejnymi równonocami wiosennymi (dokładniej – przejściami Słońca przez punkty przecięcia ekliptyki z równikiem, rozpoczynające wiosnę dla półkuli północnej) określał dłuższą jednostkę czasu – rok zwrotnikowy. Ponieważ zaś rok nie jest jednostką współmierną z dobą, gdyż długość roku zwrotnikowego wynosi 365,2422 dni, astronomowie mieli praktyczne zadanie: ułożenie kalendarza dającego rok cywilny, jak najbardziej zbliżony do zwrotnikowego.

Obok omówionych wyżej obserwacji Słońca, potrzebnych w praktyce do określenia pór roku, wyznaczających rytm życia na Ziemi, astronomowie prowadzili również obserwacje zmian położenia planet na sklepieniu niebieskim, a także próbowali obliczać ich przyszłe położenia. Miało to zresztą także znaczenie praktyczne, gdyż wierzono powszechnie, że określone położenia planet wpływają na życie na Ziemi, na los człowieka. Układanie tak zwanych horoskopów to właśnie przepowiadanie przyszłej działalności człowieka na podstawie układu planet na niebie w ważnych momentach jego życia, a nauka tym się zajmująca zwana była astrologią.

## RUCH SŁOŃCA I PLANET WEDŁUG PTOLEMEUSZA

Omówione powyżej rzeczywiste ruchy Ziemi zostały opisane przez Kopernika w jego teorii heliocentrycznej, natomiast zaobserwowany pozorny ruch sklepienia niebieskiego, a wraz z nim planet wokół Ziemi, stał się podstawą koncepcji układu geocentrycznego.

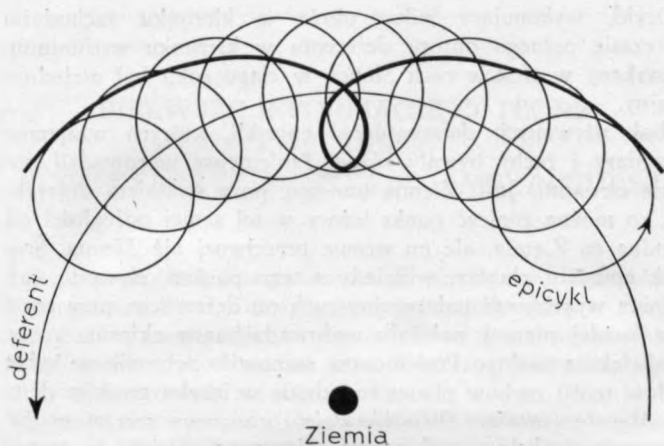
Ponieważ od dawna uważano koła za najdoskonalsze figury geometryczne, przeto ruch Słońca i planet w systemie geocentrycznym, a więc wokół Ziemi, musiał się odbywać po orbitach kołowych, zgodnie z następującym porządkiem: Księżyc, Merkury, Wenus, Słońce, Mars, Jowisz, Saturn i sfera gwiazd stałych. Jednakże prosty ruch po orbitach kołowych nie tłumaczył obserwowanych zmian w położeniach planet – wprowadzono więc



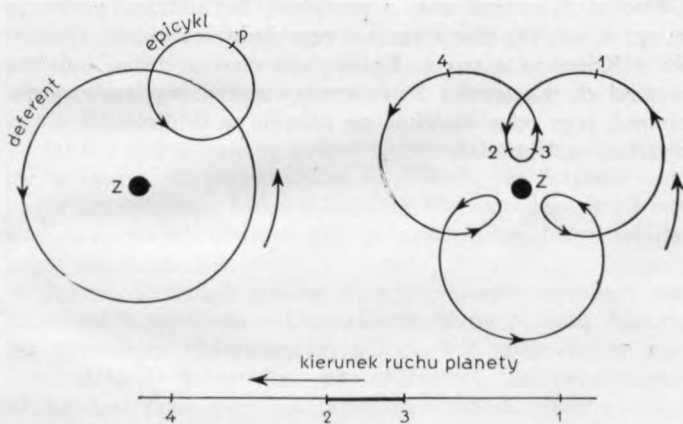
5. Schemat geocentrycznego układu wszechświata według Ptolemeusza, z pominięciem epicykli drugiego rzędu

system kół pomocniczych (w omówionym niżej systemie Ptolemeusza było łącznie 41 kół). Po kole głównym otaczającym Ziemię, zwanym deferentem, posuwał się środek koła zwanego epicyklem, po którym z kolei poruszała się dana planeta. Wprowadzono również jeszcze epicykle drugiego rzędu, a także ekscentryki – koła, których środki leżały poza Ziemią.

Klaudiusz Ptolemeusz, żyjący w II w. n. e. astronom aleksandryjski, wprowadził do teorii kół Hipparcha szereg ulepszeń. Przy dokładnych obserwacjach Słońca okazało się, że w różnych porach roku porusza się ono z różną prędkością (zgodnie z drugim prawem Keplera). Wprowadzono dla Słońca mały



6. Powstawanie pętli w systemie epicykl-deferent według Ptolemeusza



7. Zmiany kierunku ruchu planety *P* obserwowane z Ziemi *Z* w systemie epicykl-deferent według Ptolemeusza

1, 2, 3, 4 – kolejne położenia planety, obserwowane z Ziemi leżącej w płaszczyźnie orbity planety; 1-2 – ruch planety w lewo; 2-3 – ruch planety w prawo, pozorne cofanie się; 3-4 – ponowny ruch planety w lewo

epicykl, wykonujący jeden obrót w kierunku zachodnim w czasie pełnego obrotu deferentu w kierunku wschodnim. Uzyskany w efekcie ruch Słońca w ciągu roku był niejednostajny.

Obok używanych deferentów i epicykli, których wzajemne rozmiary i ruchy bywały różne, Ptolemeusz wprowadził pojęcie ekwantu. Jeśli Ziemię umieścić poza środkiem deferentu, to można znaleźć punkt leżący w tej samej odległości od środka co Ziemia, ale po stronie przeciwnej niż Ziemia. Środek epicyklu planety, widziany z tego punktu, ekwantu, powinien wykonywać jednostajny ruch po deferencie, przy czym dla każdej planety należało wprowadzić inny ekwant.

Największą zasługę Ptolemeusza stanowiło zebranie w jedną całość teorii ruchów planet i wydanie w języku greckim dzieła *Megale syntaksis* (*Wielkie dzieło*), znanego szerzej w tłumaczeniu arabskim pod nazwą *Almagestu*. Dzieło to stanowiło syntezę ówczesnej wiedzy astronomicznej, podstawowy podręcznik astronomii dla wielu pokoleń.

W jaki sposób mógł Kopernik zapoznać się z *Almagestem*? Dzieło to wyszło drukiem w języku greckim dopiero w 1538 r., a więc wtedy, gdy Kopernik kończył pracę nad księgami *Obrotów*. Korzystał więc z przekładu łacińskiego, wydanego w 1515 r. według tłumaczenia z przekładu arabskiego Gerharda z Kremony z 1175 r. Egzemplarz tego wydania, należący niegdyś do Kopernika i zawierający szereg poprawek poczynionych jego ręką, znajduje się obecnie w Bibliotece Uniwersyteckiej w Uppsali.

---

PIERWSZE INFORMACJE O TEORII  
KOPERNIKA:  
KOMENTARZYK I OPOWIADANIE PIERWSZE

Jak pisze profesor Karol Górski, Kopernik mógł zetknąć się z astronomią już w Toruniu, gdzie jako mały chłopiec słyszał zapewne o zmarłym kilka lat wcześniej kierowniku szkoły parafialnej przy kościele Św. Jana, Konradzie Gesselonie, który żywo interesował się astronomią.

W czasie swych studiów w Akademii Krakowskiej w latach 1491–1495 uczęszczał zapewne Kopernik na wykłady astronomiczne. Jak wynika z zachowanych spisów, w okresie tym prowadzone były w Akademii Krakowskiej następujące wykłady: Geometria Euklidesowa, Teoria planetarna, skomentowana przez Wojciecha z Brudzewa (astronom ten nie prowadził już wówczas sam wykładów z astronomii), Tablice zaćmień, Kalendarz Regiomontana, Astrologia, Traktat Ptolemeusza. Studenci uczyli się wtedy głównie z wykładów, gdyż podręczniki były rzadkością. Wiadomo jednak, że Kopernik miał w Krakowie własne egzemplarze *Elementów* Euklidesa, *Tablic* Regiomontana i *Tablic króla Alfonsa*.

Te tablice astronomiczne zabrał Kopernik ze sobą, wyjeżdżając w 1496 r. na dalsze studia do Włoch. Na życzenie wuja i zarazem opiekuna, biskupa Łukasza Watzenrodego, miał tam studiować prawo, równocześnie jednak pogłębiał swe wiadomości astronomiczne.

W Bolonii Kopernik zetknął się z profesorem astrologii uniwersytetu bolońskiego – Dominikiem Marią Novarą. Novara był zapalonym obserwatorem Słońca, być może on to właśnie zachęcił Kopernika do obserwacji astronomicznych. W każdym razie pierwsza udokumentowana, opisana obserwacja Kopernika pochodziła z 9 III 1497 r. i dotyczyła zakrycia przez Księżyc jednej z jaśniejszych gwiazd.

Po powrocie z Włoch w 1503 r. Kopernik spędził parę lat u boku biskupa Watzenrodego jako jego sekretarz, a wreszcie w 1510 r. osiadł na swej kanońii we Fromborku.



Należy przypuszczać, że ideę o konieczności wprowadzenia nowego systemu budowy wszechświata powziął Kopernik już w czasie swych studiów uniwersyteckich w Krakowie i we Włoszech. Można jednak określić w przybliżeniu okres, w którym przystąpił on do tworzenia szczegółowej teorii heliocentrycznej. Otóż w napisanej w 1542 r. przedmowie do pierwszego wydania *Obrotów* napisał, że zachęcano go, „aby to dzieło, które głęboko schowane przeleżało w ukryciu nie tylko dziewięć lat, ale już nawet czwarte dziesięciolecie, wydał i pozwoił mu wyjść na światło dzienne...” Kopernik powołuje się tu na znaną radę Horacego, zalecającego przetrzymywanie i poprawianie utworu przez dziewięć lat. Ze wspomnianych „czterech dziesięcioleci”, a więc okresu 28 do 36 lat przed datą listu, czyli rokiem 1542, można wnioskować, że Kopernik zaczął pisać swe dzieło pomiędzy 1507 a 1515 r.

Pragnąc zapoznać najbliższych przyjaciół z zarysem swej teorii, napisał Kopernik (przed 1515 r.) kilkustronicową rozprawę w formie listu, którego kopie rozesłano zapewne astronomom. Oryginał tej pracy nie zachował się, znaleziono jedynie kopie, pierwszą z nich w 1878 r. w bibliotece cesarskiej w Wiedniu. Od pierwszych słów tej rozprawy: „Nicolai Copernici de hypothesisibus motuum caelestium a se constitutis commentariolus”, co oznacza „Mikołaja Kopernika komentarzyk o utworzonych przez niego hipotezach ruchów niebieskich”, nazywano ją *Commentariolus* – *Komentarzyk*.

W pracy tej w formie opisowej, bez dowodów matematycznych, Kopernik wyłożył zasady swej teorii heliocentrycznej w kilku punktach, a mianowicie:

1. Nie ma jednego punktu centralnego dla wszystkich ciał niebieskich oraz ich dróg.
2. Środek Ziemi nie stanowi środka świata, jest tylko środkiem ciężkości i środkiem drogi Księżyca.
3. Wszystkie ciała niebieskie obracają się dokoła Słońca jako swego punktu centralnego, dlatego Słońce znajduje się w pobliżu środka świata.
4. Stosunek odległości Ziemi od Słońca do wysokości firmamentu (sklepienia niebieskiego) jest o tyle mniejszy od stosunku promienia Ziemi do odległości Ziemi od Słońca, że odległość Ziemi od Słońca jest znikoma w porównaniu z wysokością firmamentu. Oznacza to, że zmiana położenia obserwatora, wynikająca z rocznego ruchu Ziemi wokół Słońca,

# Nicolai Copernici

de Hypothesibus motuum caelestium

à se compositibus

commentariolus

altitudinem orbium caelestium. Quibus nostrorum  
causa maxime de causis posuisse videtur, ut apparenti  
in sideribus motu sub regularitate saluarentur.  
Valde enim absurdum iudicatur caeleste corpus in  
absolutis & hinc inde non semper aequè moveri.  
Fuerit autem posse aduocari, ut et compositione  
atque concordia in rationem regularitatis, sine summo  
ad aliam partem moveri quippiam uideretur.  
Id quidem alijus & Eutocius per concentricas  
orbium deducere laborantes non potuerunt.  
Et hinc omni modo sidera se tota rationem  
ad solem eorum que circa reuolutiones sidera  
uidentur, uerumtamen quid sit circa motu solem  
hinc in sublimi modo de eandem nobis uidentur,  
sua concentricam minime sustinet. Itaque per  
sententia ista est per eccentricas & epicyclos  
id est, in qua uerum maxima pars sapientium  
conuenit, affirmari que de Ptolemaeo et plerisque  
alijs passim de his prolata fuerunt, quam ad sui  
motum responderent, non paruum diuisi uidebant  
habere

a wywołująca pozorne przesuwanie się gwiazd, tak zwane przesunięcie paralaktyczne, jest zbyt mała wobec odległości tego sklepienia, a więc gwiazd, od obserwatora, aby takie przesunięcie można było zaobserwować.

5. Wszystkie ruchy obserwowane na firmamencie wynikają z ruchu samej Ziemi. Ona to bowiem wraz z najbliższymi żywiołami (woda i powietrze) wykonuje obrót w ciągu 24 godzin wokół niezmiennych w stosunku do nieba biegunów.

6. Wszystko, co wydaje się być ruchem Słońca pochodzi nie od jego ruchu, ale od ruchu Ziemi i jej sfery, wraz z którą obraca się ona wokół Słońca, tak samo jak każda inna planeta. Wynika stąd, że Ziemia wykonuje jednocześnie kilka ruchów.

7. Zarówno ruch prosty, jak i wsteczny, dostrzegany u planet, nie jest ich własnym ruchem, lecz złudzeniem, wynikającym z własnego ruchu Ziemi. Sam ruch Ziemi jest wystarczający do wytłumaczenia obserwowanych na niebie różnorodności.

Kopernik przyjmował dla ciał niebieskich jednostajny ruch kołowy. Odrzucał ekscentryki i ekwanty Ptolemeusza, a wprowadzał orbity kołowe. Planeta poruszała się zatem po niewielkim kole, którego środek obiegał obwód innego koła, a dopiero środek tego ostatniego poruszał się po orbicie kołowej wokół Słońca. Przy pomocy takiego systemu kół można było wytłumaczyć obserwowane położenia planet, z wyjątkiem Merkurego, dla którego należało wprowadzić system bardziej skomplikowany. Dodatkowy ruch kołowy był jeszcze potrzebny, aby wytłumaczyć oddalenia planet od płaszczyzny ekliptyki (w rzeczywistości bowiem orbity planet nie leżą dokładnie w tej płaszczyźnie).

Kopernik wprowadził tu do swej teorii zasadę względności ruchu (punkty 5, 6, 7, ), co omówił bardziej szczegółowo w głównym swym dziele, *Obrotach*. Bardzo ważne jest również stwierdzenie, że właściwym okresem obiegu Ziemi wokół Słońca jest rok gwiazdowy, a nie zwrotnikowy. Te i inne uwagi podane były w *Komentarzyku* bez bardziej szczegółowego uzasadnienia. Dopiero w księgach *Obrotów* zaopatrzył Kopernik swą naukę w solidną podstawę teoretyczną.

*Komentarzyk*, krążący początkowo w odpisach wśród przyjaciół, stał się prawdopodobnie z biegiem lat coraz bardziej znany w środowiskach naukowych Europy. Matematyk wittenberski, Jerzy Joachim von Lauchen, zwany od ojczystego



AD CLARISSIMUM VIRVM  
D. IOANNEM SCHONE  
RVM, DE LIBRIS REVOLVTIO  
nū eruditissimi viri, & Mathema  
tici excellentissimi, & euerendū  
D. Doctoris Nicolai Cos  
pernici Torunnæ, Cæ  
nonici Varmens  
sis, per quendam  
Iuuenem, Ma  
thematicæ  
studio  
sūm  
NARRATIO  
PRIMA.

ALCINOVS.

Ἐὶ δὲ ἔτι θύρα ἴσται τῶ γράφειν ἀλλοτρεφείη

kraju – Recji (Austria) Retykiem, postanowił osobiście poznać autora nowej teorii i przybył w 1539 r. do Fromborka. Przebywał tam dwa lata, poznawał zasady teorii heliocentrycznej i namawiał Kopernika do wydania pracy. Pewne zarysy teorii Kopernika opublikował Retyk w Gdańsku w 1540 r. w formie listu do astronoma Jana Schonera. Tytuł tej pracy brzmiał: *Ad clarissimum virum D[ominum] Joannem Schonerum de libris revolutionum eruditissimi viri et Mathematici excellentissimi, Reverendi D[omini] Doctoris Nicolai Copernici Torunnaei, Canonici Varmiensis, per quendam Iuvenem, Mathematicae studiosum Narratio Prima*, co oznacza: „Do sławnego męża Pana Jana Schonera o księgach obrotów bardzo uczonego męża i znakomitego matematyka, Wielebnego Pana Doktora Mikołaja Kopernika, Toruńczyka, Kanonika Warmińskiego, przez pewnego młodzieńca zamilowanego w matematyce Opowiadanie pierwsze”. W skrócie nazywano tę pracę *Narratio prima – Opowiadanie pierwsze*. *Opowiadanie* Retyka stanowi zatem pierwszą drukowaną naukową informację o teorii Kopernika, zawierającą streszczenie sześciu ksiąg *Obrotów*. Pracę Retyka opublikowano również w 1541 r. w Bazylei.

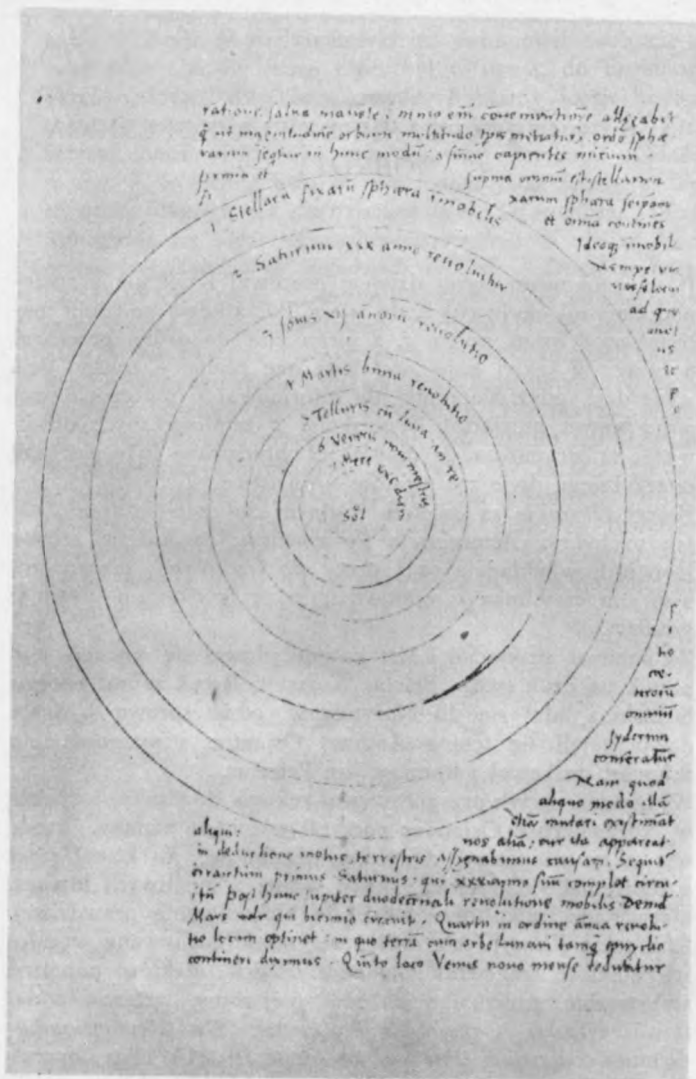
## PIERWSZE WYDANIE DZIEŁA KOPERNIKIA OBROTÓW

Nad epokowym swym dziełem pracował Kopernik prawdopodobnie od około 1515 r. do 1533 r. Początkowo podzielił materiał na 8 ksiąg, potem 7, a ostatecznie do druku przekazał 6 ksiąg. W jakiej kolejności były one pisane – trudno dziś stwierdzić, gdyż Kopernik nie informował o postępach swej pracy nawet przyjaciół. Wnosząc z zamieszczanych obserwacji, sądzić można, że do 1525 r. opracowane były pierwsze cztery księgi, dwie zaś ostatnie – po 1530 r.

Księgi *Obrotów* są dziełem trudnym do czytania (podobnie jak to było z *Almagestem* Ptolemeusza, na którym zresztą Kopernik w układzie swej pracy się wzorował), przeznaczonym dla czytelnika o odpowiednim przygotowaniu matematycznym.

Za namową przyjaciół i Retyka zdecydował się wreszcie Kopernik na druk swego dzieła. W 1541 r. Retyk zabrał rękopis łaciński i udał się do Norymbergi, gdzie sprawą wydania dzieła zajęli się teolog Andrzej Osjander i astronom Jan Schoner, drukował natomiast Jan Petreius.

W zasadzie Retyk przygotowywał rękopis do druku, jednakże w Norymberdze Osjander poczynił w tekście zmiany. Przede wszystkim zaopatrzył dzieło w przedmowę, w której pisał o teorii heliocentrycznej jako o jednej z możliwych hipotez, ułatwiającej tylko obliczenia, ale niekoniecznie prawdziwej. Sam tekst Kopernika również nie został zachowany w całości, niektóre fragmenty Osjander opuścił, niektóre poprawił stylistycznie, zmieniając ich sens pierwotny, wreszcie podał tytuł: *Nicolai Copernici, Torinensis, De Revolutionibus Orbium coelestium libri sex*, co oznacza: „Mikołaja Kopernika, Toruńczyka, O obrotach sfer niebieskich ksiąg sześć”. Nie wiadomo, jaki tytuł chciał swej pracy dać sam Kopernik. W liście dedykacyjnym do papieża Pawła III, przesłanym przez Kopernika do Norymbergi w 1542 r. i zamieszczonym



10. Układ wszechświata według rękopisu Kopernika

w I wydaniu dzieła w 1543 r., używa Kopernik zwrotu „księgi o obrotach sfer wszechświata”. Jednakże w autografie w zakończeniu księgi V napisane jest ręką Kopernika: „Koniec piątej księgi obrotów”. Taki sam tytuł wymieniał również Retyk w *Opowiadaniu pierwszym*. A zatem należy przypuszczać, że autentyczny tytuł brzmiał: „Nicolai Copernici Revolutionum libri VI”, co oznacza: „Mikołaja Kopernika 6 ksiąg Obrotów”.

Obecnie tytuł *Obrotów* byłby może niezrozumiały, dlatego proponowano niekiedy podawanie tytułu nieautentycznego „O obrotach sfer niebieskich”, gdyż słowo *orbis* należy rozumieć jako sfera. Cały wszechświat kopernikowski składał się z takich sfer heliocentrycznych, wchodzących jedna w drugą. Na każdej sferze znajdowała się orbita jednej planety. Sfery nie musiały być realne, mogły być używane tylko jako pomoc w rozważaniu problemów kinematycznych. W każdym razie tytuł wydania Jana Baranowskiego z 1854 r. (pierwszego wydania w języku polskim) *O obrotach ciał niebieskich*, bardzo często cytowany, zupełnie nie oddaje myśli Kopernika. Rękopis *Obrotów*, z licznymi zmianami i poprawkami naniezionymi przez samego Kopernika, znajduje się obecnie w Bibliotece Jagiellońskiej w Krakowie, przekazany w 1953 r. przez Bibliotekę Państwową i Uniwersytecką w Pradze, dokąd po licznych zmianach właścicieli trafił.

Mikołaj Kopernik zmarł we Fromborku 24 V 1543 r. Czy istotnie przed śmiercią widział swe dzieło wydrukowane, jak to chce tradycja, nie wiadomo. Natomiast pewne jest, że Retyk przesłał egzemplarze dzieła przyjaciółom Kopernika (skreślając dodane przez wydawców słowa „orbium coelestium” na karcie tytułowej), gdyż zachował się list Tidemana Giesego z 26 VII 1543 r. z podziękowaniem za przesyłkę.

## TREŚĆ OBROTÓW

### PRZEDMOWA KOPERNIKA — „LIST DEDYKACYJNY”

Za przedmowę do *Obrotów* można uważać „List dedykacyjny” do papieża Pawła III, napisany przez Kopernika w 1542 r. W liście tym omówił autor genezę powstania dzieła, powody opóźnienia publikacji, pierwotne źródła naukowe, a wreszcie istotę swej teorii. Rękopis tego listu zaginął, znany jest tylko z I wydania norymberskiego *Obrotów*. Adresat listu, papież Paweł III (Aleksander Farnese), zasiadający na stolicy apostołskiej w latach 1534–1549, znany był z wszechstronnego wykształcenia i zainteresowania, jakie wykazywał dla spraw sztuki, literatury i nauki. Kopernik zalicza go do „uczonych matematyków”, wspomnianych w dedykacji, przy czym przez ten termin rozumiał on ogół uczonych, w tym także astronomów.

Już z pierwszych słów „Listu” wynika, że Kopernik przewidywał rewolucję umysłową, jaką jego teoria może wywołać. Piśsze bowiem:

„Dostatecznie jasno, Ojczy Święty, zdaję sobie sprawę z tego, że znajdują się ludzie, którzy gdy tylko posłyszają, iż w tych moich księgach o obrotach sfer wszechświata przypisuję jakiś ruch kuli ziemskiej, zaraz podniosą krzyk, że należy mnie wraz z takim przekonaniem potępić. Nie jestem bowiem do tego stopnia zakochany we własnym dziele, żebym nie zważał na to, co o nim będą sądzić inni...”

Jednakże, według Kopernika, uczoney nie powinien zawierać ustalonym opiniom, lecz zawsze dążyć do poznania prawdy, bo „myśli uczonego są niezależne od sądu ogółu, ponieważ dążeniem uczonego, o ile tylko rozumowi pozwala na to Bóg, jest szukanie we wszystkim prawdy...”

Dalej następuje wyjaśnienie, dlaczego praca publikowana jest z takim opóźnieniem. Autor powołując się tu na pitagorejską zasadę nieudostępniania szerszemu ogółowi wyników pracy i wspominając poświęcony tej sprawie grecki list Lizysa (znanemu z tłumaczenia łacińskiego z 1503 r.), pisze:

„...Rozmyślając nad tym, jak niedorzecznym opowiadaniem wydałoby się ludziom, gdybym wystąpił z twierdzeniem, że Ziemia się porusza, wręcz przeciwnym ich zapatrywaniu utwierdzonemu wyrokami wielu wieków, że Ziemia jest nieruchoma i leży w środku świata jako jej punkt centralny – długo się wahałem, czy wydać te księgi, które napisałem dla udowodnienia ruchu Ziemi, czy też może pójść raczej za przykładem pitagorejczyków i niektórych innych myślicieli, którzy mieli zwyczaj przekazywać tajemnice swej nauki nie piśmiennie, lecz ustnie, jak o tym świadczy list Lizysa do Hipparcha. A robili to, moim zdaniem, nie przez jakąś zazdrość, by nie udzielić swych nauk innym, jak to niektórzy przypuszczają, lecz dlatego, żeby tych najpiękniejszych rzeczy, będących owocem długich i mozolnych badań wielkich ludzi, nie narażać na poniżenie i wzgardę ze strony takich, którzy albo żałują nakładu uczciwej pracy na wszelką naukę nie przynoszącą im zysków, albo jeżeli nawet za namową i przykładem innych nabiorą ochoty do szlachetnej nauki filozofii, tępy mają umysł i płaczą się między prawdziwymi uczonymi jak trutnie między pszczołami. Kiedy więc to właśnie dokładnie w sobie rozważałem, lęk przed szyderstwem, którego musiałem się obawiać z powodu trudnej do zrozumienia nowości mojej teorii, skłonił mnie niemal zupełnie do tego, żeby powziętych co do niniejszego dzieła zamiarów całkowicie zaniechać”.

Dalej stwierdza Kopernik, że do opublikowania pracy namówili go przyjaciele: Mikołaj Schonberg, który w 1536 r. pisał do niego z zachętą wydania dzieła lub przekazania przynajmniej kopii rękopisu do Rzymu, oraz Tideman Giese, najserdeczniejszy przyjaciel Kopernika, przez jakiś czas także kanonik we Fromborku, który bardzo nakłaniał astronoma do wydania *Obrotów* drukiem.

O motywach, które go skłoniły do poszukiwania nowej teorii budowy wszechświata, opowiada Kopernik w formie następującej:

„...do powzięcia myśli o innej zasadzie obliczania ruchów sfer świata nie skłoniło mnie nic innego, jak tylko spostrzeżenie, że matematycy w swych badaniach są sami z sobą w sprzeczności. Przede wszystkim bowiem co do ruchu Słońca i Księżyca mają tyle wątpliwości, że nie potrafią nawet oznaczyć i obliczyć stałej wielkości roku zwrotnikowego. Następnie przy ustalaniu ruchów zarówno tych dwu, jak i pozostałych

pięciu planet nie posługują się tymi samymi założeniami i przesłankami ani też tymi samymi dowodami w objaśnianiu dostrzeganych obrotów i ruchów [...]. Nie zdołali też odkryć albo z nich wyprowadzić rzeczy najważniejszej, mianowicie układu wszechświata i ustalonego porządku jego części, lecz [...] w toku swych wywodów, czyli w tak zwanej metodzie, albo opuścili coś koniecznego, albo też przyjęli coś obcego, co zgoła do rzeczy nie należy. A byłoby się im to z pewnością nie przydarzyło, gdyby się trzymali pewnych zasad zdecydowanie. Bo gdyby przyjęte przez nich założenia nie były zwodnicze, ponad wszelką wątpliwość musiałyby się sprawdzać również wszystkie wypływające z nich wnioski...”.

Jak widać z powyższego, Kopernik rozumiał konieczność stosowania w badaniach naukowych logicznego, ścisłego rozumowania. O tym zaś, jak gruntownie przygotowywał się do napisania swej pracy, jak studiował dostępną literaturę przedmiotu, świadczą następujące słowa:

„...zadalem sobie ten trud, żeby na nowo przeczytać wszystkie dostępne mi dzieła filozofów, celem zbadania, czy przypadkiem któryś z nich nie wyraził kiedyś co do ruchów wszechświata zdania odmiennego od założeń przyjmowanych przez wykładawców nauk matematycznych”.

Istotnie, wzmianki o uczonych, stwierdzających możliwość ruchu Ziemi, znalazł w pismach Cycerona i Plutarcha.

„Stąd zatem nabrawszy podniety, zacząłem i ja rozmyślać o ruchu Ziemi. A chociaż taka myśl robiła wrażenie niedorzeczności, jednak – ponieważ wiedziałem, że już innym przede mną przyznawano swobodę wymyślania dowolnych kół dla objaśniania zjawisk gwiazdnych – doszedłem do wniosku, że i ja bez przeszkód mam prawo próbować, czy przez przyjęcie jakiegoś ruchu Ziemi nie dałoby się wynaleźć pewniejszych niż tamte sposobów na objaśnienie obrotów sfer niebieskich...”. Omówiwszy w ten sposób genezę swej teorii, podaje dalej Kopernik jej istotę oraz plan całego dzieła:

„Otóż w ten sposób ja, przyjąwszy ruchy, które poniżej w tym dziele przypisuję Ziemi, po wielu długoletnich obserwacjach przekonałem się wreszcie, że jeżeli ruchy pozostałych planet odniesie się do krążenia Ziemi i ujmie w liczby w stosunku do obiegu każdej oddzielnej planety, to stąd nie tylko dadzą się wywieść ich zjawiska, lecz że nadto porządek i rozmiary, odnoszące się do wszystkich planet i ich sfer, a także



samo niebo tak ściśle się ze sobą powiążą, że w żadnej jego części niczego przestawić się nie da bez zamieszania w pozostałych częściach i w całym wszechświecie.

A zatem i w układzie tego dzieła taką przyjąłem kolejność, że w pierwszej księdze opisuję położenia wszystkich sfer wraz z ruchami Ziemi, które jej przypisuję, tak że ta księga zawiera jak gdyby ogólny system wszechświata. W pozostałych zaś księgach zestawiam z kolei ruchy innych planet i wszystkich sfer z ruchem Ziemi, tak że stąd można zrozumieć, jak dalece ruchy i zjawiska pozostałych planet i ich sfer da się wyjaśnić, jeżeli się je odniesie do ruchów Ziemi. I nie wątpię, że utalentowani i uczeni matematycy zgodzą się zupełnie ze mną, pod warunkiem, że dopełnią tego, czego przede wszystkim wymaga ta nauka, to jest zechcą nie powierzchownie, ale do głębi poznać i przemyśleć to wszystko, co ja na dowód moich twierdzeń w tym dziele podaję”.

Przewidywał dalej Kopernik krytykę swej pracy i spieszył zapewnić, że z nauki jego można będzie wyciągnąć pewne wnioski praktyczne, związane z projektowaną reformą kalendarza. Wprowadzony przez Juliusza Cezara i używany jeszcze w czasach Kopernika rok juliański (długość 365,2500 dni) okazał się zbyt odbiegający od długości roku zwrotnikowego, tak że w tym okresie moment równonocy wiosennej przypadał już 11 zamiast 21 marca. Zainicjowano dyskusję nad reformą istniejącego kalendarza. Z propozycją wzięcia udziału w tej dyskusji spotkał się również Kopernik.

Na apel przewodniczącego komisji reformy kalendarza V soboru laterańskiego (1512–1517) – uczonego flamandzkiego Pawła z Middelburga, biskupa w Fossombrone – do uczonych całego świata o wypowiedzi w związku z projektowaną reformą, napłynęła do Rzymu liczna korespondencja. Znalazła się tam również odpowiedź Kopernika; niestety nie zachowała się do dziś.

Dopiero jednak w 1582 r., a więc po śmierci Kopernika, papież Grzegorz XIII wprowadził nowy rok, zwany gregoriańskim, mający 365,2425 dni, co dawało lepszą zgodność z długością roku zwrotnikowego.

Nawiązując do dyskusji nad reformą kalendarza, Kopernik pisał:

„Być może, że znajdą się tacy, co lubiąc bredzić i mimo zupełnej nieznamomości nauk matematycznych, roszcząc sobie 29

przecież prawo do wypowiedzania o nich sądu, na podstawie jakiegoś miejsca w Piśmie św., tłumaczonego źle i wykrętnie, odpowiednio do ich zamierzeń, ośmielią się potępiać i prześladować tę moją teorię. O tych jednak zupełnie nie dbam, do tego stopnia, że sąd ich mam nawet w pogardzie jako lekkomyślny [...]. Nie powinno więc dziwić ludzi nauki, jeżeli tacy jacyś i mnie będą wyśmiewać.

Dzieła matematyczne pisane są dla matematyków, którzy – o ile się nie mylę – dostrzegą, że te moje trudy przyniosą pewną korzyść [...]. Bo nie tak dawno, za Leona X, gdy na soborze laterańskim roztrząsano zagadnienia poprawy kalendarza kościelnego, pozostawiono je bez rozstrzygnięcia jedynie z tego powodu, że nie rozporządzano jeszcze dostatecznie dokładnymi pomiarami lat i miesięcy ani też ruchów Słońca i Księżyca. Od tego czasu, zachęcony przez znakomitego męża, ks. Pawła, biskupa Fossombrone, który wówczas tą sprawą kierował, zacząłem wyteżać umysł, by te rzeczy dokładniej zbadać. Czego zaś w tej materii zdołałem dokazać, to pozostawiam przede wszystkim ocenie Twojej Świątobliwości, jak i wszystkich innych uczonych matematyków”.

## KSIĘGA PIERWSZA

Każda księga jest przez autora podzielona na szereg krótkich rozdziałów, opatrzonych tytułami; w księdze pierwszej jest ich 14. Jak już sam Kopernik zaznaczył w przedmowie, księga ta poświęcona jest ogólnemu wykładowi nowej teorii, z powołaniem się na wywody bardziej filozoficzne niż matematyczne. Przyjmowano tu za przykładem starożytnych, że kula jest kształtem najbardziej idealnym, że idealnym ruchem jest jednostajny ruch po kole. Wykład astronomii kopernikowskiej zawarty w tej księdze jest jasny i zrozumiały, nie wymaga specjalnego przygotowania matematycznego, i dlatego zamieszczono jego obszerne fragmenty.

### WSTĘP

30 W części tej omawia autor miejsce astronomii wśród innych nauk, jej zastosowanie praktyczne, niezgodności w dotychczas

uzyskiwanych wynikach badań astronomicznych, porównuje swoje wyniki badań z dawnymi. Zwraca przy tym uwagę na to, że jeśli obserwacje astronomiczne są wykonywane przez dłuższy czas, to tym większa jest ich wartość, a także odwrotnie, jeśli proponowana teoria astronomiczna jest błędna, to niezgodność jej z obserwacjami ujawni się wyraźniej po dłuższym okresie. Te zdania są aktualne i dziś.

„Spośród licznych i różnorodnych sztuk i nauk, budzących w nas zamięłowanie i będących dla umysłów ludzkich pokarmem, tym – według mego zdania – przede wszystkim poświęcać się należy i te z największym uprawiać zapałem, które obracają się w kręgu rzeczy najpiękniejszych i najbardziej godnych poznania. Takimi zaś są nauki, które zajmują się cudownymi obrotami we wszechświecie i biegami gwiazd, ich rozmiarami i odległościami, ich wschodem i zachodem oraz przyczynami wszystkich innych zjawisk na niebie, a w końcu wyjaśniają cały układ świata.

A cóż piękniejszego nad niebo, które przecież ogarnia wszystko, co piękne? Świadczą o tym już same nazwy, takie jak »caelum« i »mundus«, z których ta oznacza czystość i ozdobę, tamta – dzieło rzeźbiarza. I wielu filozofów właśnie dla tej nadzwyczajnej piękności nieba wprost je nazwało widzialnym bóstwem. A zatem, jeżeli godność nauk mamy oceniać według ich przedmiotu, to bez porównania najprzedniejsza z nich będzie ta, którą jedni nazywają astronomią, inni astrologią, a wielu dawniejszych szczytem matematyki. I nic dziwnego, skoro ta właśnie nauka, będąca głową sztuk wyzwolonych i najbardziej godna człowieka szlachetnie myślącego, opiera się na wszystkich niemal działach matematyki: arytmetyka, geometria, optyka, geodezja, mechanika i jakie one tam jeszcze być mogą – wszystkie się na nią składają.

A skoro zadaniem wszystkich nauk szlachetnych jest odciągać człowieka od zła i kierować jego umysł ku większej doskonałości, to ta nauka, oprócz niepojętej rozkoszy umysłu, sprawić to może w pełniejszej mierze niż inne [...]. Ile zaś pożytku i ozdoby przynieść może ta nauka sprawie publicznej – by pominąć milczeniem niezliczone korzyści prywatnych ludzi – bardzo trafnie zauważył Platon, który w VII księdze *Praw* wypowiada zdanie, że z tego przede wszystkim powodu należy do niej dążyć, aby czas, rozłożony z jej pomocą według dni na miesiące i lata, utrzymywał społeczeństwo w ży-

wej czujności również co do uroczystych świąt i składania ofiar; a jeżeli ktoś – mówi on – będzie twierdził, że człowiekowi mającemu przyswoić sobie którąkolwiek z nauk szlachetnych ta nauka jest niepotrzebna, to taki pogląd będzie największą głupotą. A także sądzi, że daleko do tego, by któkolwiek mógł zostać doskonałym i zasługiwać na tę nazwę, jeżeli nie posiędzie koniecznej wiedzy o Słońcu, Księżycu i wszystkich innych planetach.

Ale ta raczej boska niż ludzka nauka, zagłębiająca się w rzeczy najwznioślejsze, nie jest pozbawiona trudności, zwłaszcza iż ludzie, którzy zabierali się do jej uprawiania, po największej części nie zgadzali się między sobą co do jej podstawowych założeń, zwanych po grecku hipotezami, i dlatego też nie na tych samych się opierali zasadach. Dalsza trudność leży w tym, że biegu planet i obrotu gwiazd oznaczyć dokładnymi liczbami i doprowadzić do stanu wiedzy doskonałej nie można było inaczej, jak tylko z upływem czasu i po uprzednim dokonaniu licznych obserwacji, przez które przekazywano ją – że się tak wyrażę – z rąk do rąk następnym pokoleniom. Bo chociaż Klaudiusz Ptolemeusz z Aleksandrii, znacznie przewyższający wszystkich innych zarówno godną podziwu bystrością swoją, jak i pracowitością, doprowadził całą tę naukę na podstawie przeszło czterechsetletnich obserwacji do wykończonej niemal całości, tak że się zdawało, iż nie pozostaje już nic takiego, czego by on nie dotknął, mimo to widzimy, że bardzo wiele rzeczy nie zgadza się z tym, co powinno wynikać z jego nauki, a także odkryto niektóre inne ruchy, które jemu były jeszcze nie znane.

Dlatego to i Plutarch w tym miejscu, w którym pisze o długości słonecznego roku zwrotnikowego, powiada: »Do dziś dnia ruch gwiazd przekracza wiedzę matematyków«. Bo żeby dla przykładu wziąć ten właśnie rok, sądzę, że wiadomą jest rzeczą, jak różnorodne co do niego były zawsze zdania, do tego stopnia, że wielu całkiem zwątpiło, by można było dokładnie go obliczyć.

Żeby się jednak nie wydawało, jakobym pod osłoną tej trudności chciał ukryć własną nieudolność, spróbuję [...] szerzej te rzeczy zbadać, zwłaszcza że o tyle więcej mam materiału, na którym mogę się oprzeć w tym wykładzie, o ile dłuższy przeciąg czasu dzieli mnie od poprzedników i twórców tej nauki, z których odkryciami będę mógł porównywać i moje,

świeżo poczynione odkrycia. Zresztą wyznaję otwarcie, że wiele rzeczy podam tu inaczej aniżeli moi poprzednicy, jakkolwiek na podstawie ich dorobku, jako że oni pierwsi utworowali drogę do badań nad tymi zagadnieniami”.

Pierwsze trzy rozdziały księgi pierwszej dotyczą kształtu wszechświata i kształtu Ziemi. Charakterystyczny to fakt, że Kopernik umieścił rozdział o kulistości wszechświata na początku dzieła. Profesor Aleksander Birkenmajer tłumaczy to tym, że Kopernik wzorował się tu na dobrze mu znanym *Almageście*.

Rozdział I  
„ŚWIAT JEST KULISTY”

Kopernik podziela tu dawno istniejący pogląd o kulistości wszechświata. Wynikająca stąd natomiast skończoność wszechświata nie jest wyraźnie przez Kopernika przyjmowana, gdyż w rozdziale VIII tej samej księgi pisze:

„...pytanie, czy świat jest skończony, czy nieskończony, zostawmy raczej filozofom przyrody...” (to jest fizykom).

W *Obrotach* sprawa nieskończoności wszechświata nie odgrywała zasadniczej roli, bo przy rozważaniach obejmujących kinematykę układu słonecznego wystarczyło, że gwiazdy są tak od Ziemi odległe, że leżą poza układem słonecznym i są nieruchome, a rozmieszczenie ich w przestrzeni nie jest dla ruchów w układzie słonecznym istotne.

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

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

Jeżeli skądkolwiek posuwamy się ku północy, biegun ów dziennego obrotu wznosi się z wolna do góry, podczas gdy drugi, naprzeciwległy, o tyle samo opada w dół. Widać mianowicie, że wtedy coraz więcej gwiazd po północnej stronie nie zachodzi, natomiast na południu niektóre przestają się ukazywać. Stąd gwiazda Kanopus, dobrze widoczna w Egipcie, w Italii jest niewidoczna [...]. Równocześnie także same nachylenia biegunów pozostają wszędzie w tym samym stosunku do przemierzanych na Ziemi przestrzeni, a to nie zachodzi w żadnej innej figurze poza kulistą, stąd wynika wyraźnie, że Ziemia tak samo zamknięta jest biegunami i dlatego jest kulista. Dodajmy jeszcze, że wieczorne zaćmienia Słońca i Księżyca nie są widzialne dla mieszkańców Wschodu, ani też ranne dla mieszkańców Zachodu; pośrednie zaś tamci oglądają później, ci znowu wcześniej.

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

Powyższe dowody kulistości Ziemi były typowe dla źródeł klasycznych, Kopernik podał je za Pliniuszem i Ptolemeuszem. Dziś także można cytować te dowody kulistości Ziemi, dodając jeszcze znany w starożytności dowód z kształtu cienia Ziemi, ukazującego się przy zaćmieniach Księżyca na jego

tarczy, czy też kształtu Ziemi zaobserwowanego na zdjęciach, wykonanych ze sztucznych satelitów. Ziemię uważa się w pewnym przybliżeniu za kulistą, w rzeczywistości jest ona nieco spłaszczona przy biegunach, podobna do elipsoidy obrotowej, choć i od tej bryły trochę się różni. Mówi się, że Ziemia posiada kształt geoidy, ale w wielu rozważaniach można dziś przyjmować, że w pierwszym przybliżeniu Ziemia jest kulą.

### Rozdział III

#### „JAK ZIEMIA WRAZ Z WODĄ TWORZY JEDNĄ KULĘ”

W rozdziale tym słowo „ziemia” nie oznacza kuli ziemskiej, lecz jeden z czterech tak zwanych elementów czy żywiołów przyrody. Były to: ziemia, woda, powietrze i ogień.

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

Dalej następuje polemika z twierdzeniami innych uczonych, że elementu wody jest 10 razy więcej niż elementu ziemi. Kopernik udowodnił, że nawet gdyby ziemi było tylko 7 razy mniej niż wody, to ze względu na różnice w objętości całkowitej tych dwóch elementów albo cały element ziemi musiałby być zanurzony w wodzie, albo też środek kuli ziemskiej zajmowałby element wody. Zarówno jeden, jak i drugi wniosek nie był możliwy do przyjęcia, a zatem wody nie może być 10 razy więcej niż ziemi. Stwierdza również Kopernik, że środek ciężkości Ziemi i środek geometryczny Ziemi jako bryły pokrywają się ze sobą. Wnioskuje zatem dalej:

„Ostatecznie więc na podstawie tego wszystkiego uważam za rzecz oczywistą, że tak ziemia, jak i woda dążą do jednego i tego samego środka ciężkości, nieróżnego od środka objętości Ziemi, która ponieważ jest cięższa, wodą wypełnia się w swych rozpadlinach. I dlatego niewielka jest ilość wód w porównaniu z ilością lądu, jakkolwiek na samej powierzchni widać może więcej wody. Taki w każdym razie kształt musi

mieć Ziemia wraz z oblewającymi ją wodami, jaki pokazuje jej własny cień; a ten przysłania Księżyc odcinkami regularnego koła. Ziemia nie jest więc płaska [...], nie ma też kształtu bębna, [...] lecz ma kształt regularnej kuli”.

W następnych rozdziałach księgi pierwszej, czwartym i piątym, mowa jest o ruchach: o ruchu po kole i o ruchu Ziemi.

#### Rozdział IV

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

Podano tu najczęściej tradycyjnych argumentów przemawiających za ruchami jednostajnymi po kołach, których kombinacja powinna tłumaczyć zaobserwowane zjawiska. Jednakże Kopernik zapowiada już konieczność wprowadzenia ruchu Ziemi, a zatem zerwania z tradycją, chociaż jeszcze do tradycji nawiązuje, twierdząc, że dla Ziemi jako kuli ruch kolisty jest naturalny.

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

Następnie dostrzegamy inne obroty, jak gdyby sprzeciwiające się tamtemu, to jest odbywające się od zachodu ku wschodowi, mianowicie Słońca, Księżycy i pięciu planet. W ten sposób Słońce odmierza nam rok, Księżyc miesiące, najpowszechniej także znane okresy czasu. W ten też sposób każda z pozostałych pięciu planet odbywa swój obieg.

Zachodzą tu jednak wielorakie różnice. Przede wszystkim nie obracają się one dokoła tych samych biegunów, co pierwszy ów ruch, gdyż biegną po pochyłości zodiaku, a następnie nie



wyduje się, żeby w tym swoim obiegu posuwały się naprzód jednostajnie; bo u Słońca i Księżycy obserwujemy raz bieg powolny, to znów szybszy, a u pozostałych pięciu planet widzimy, że niekiedy cofają się nawet, robiąc to tu, to tam przystanki. I podczas gdy Słońce posuwa się stale po swej drodze, i to w prostym kierunku, one w wieloraki sposób błakają się, zbaczając już to na południe, już to na północ, i stąd otrzymały nazwę planet, to jest gwiazd błędzących. Poza tym raz zbliżają się bardziej do Ziemi, i wtedy mówimy, że przechodzą przez perigeum, to znowu oddalają się od niej, i mówimy, że przechodzą przez apogeum.

Niemniej przeto musi się przyznać, że te ruchy odbywają się po kołach albo są złożone z większej ilości kół, mianowicie dlatego, że w tego rodzaju nieregularnościach zachowują określoną prawidłowość i stałe okresy powrotu, co nie miałyby miejsca, gdyby nie były koliste. Jedynie bowiem koło ma tę właściwość, że może na nowo przywracać przebyty stan rzeczy, jak na przykład Słońce złożonym ruchem kół przywraca nam nierówność dni i nocy oraz cztery pory roku, w czym upatrujemy większą ilość ruchów, ponieważ jest niemożliwą rzeczą, żeby jednolite ciało niebieskie poruszało się po jednej orbicie ruchem niejednostajnym. Musiałoby to bowiem zachodzić albo na skutek niestałości przyczyny poruszającej [...] albo z powodu zmienności krążącego ciała. Ponieważ jednak przed jednym, jak i przed drugim wzdryga się rozum – i istotnie nie byłoby rzeczą godziwą przypuszczać coś takiego u tych tworów, których ustrój cechuje się najlepszym porządkiem – musimy się zgodzić na to, że jednostajne ich ruchy przedstawiają się nam jako niejednostajne bądź z powodu różnego położenia biegunów owych kół, bądź też dlatego, że Ziemia nie leży w środku kół, po których tamte ciała krążą, a nam, obserwującym z Ziemi przebiegi tych planet, wydają się one przypadkowo, to jest z powodu niejednakowych odległości większe wówczas, gdy są bliższe niż wówczas, gdy są dalsze – zgodnie z tym, co udowodniono w *Optyce* [mowa tu jest o *Optyce* Euklidesa – przyp. CI]. W ten sposób ruchy wykonywane w równych czasach po równych sobie łukach koła będą się wydawać – z powodu różnej odległości od oka – nierówne.

Dlatego sądzę, że musimy przede wszystkim zbadać dokładnie, jakie jest położenie Ziemi względem nieba, byśmy – 37

chcąc śledzić to, co najwyższe – nie pozostawali nieświadomi rzeczy nam najbliższych i wskutek tego samego błędu nie przypisywali ciałom niebieskim czegoś takiego, co jest właściwością Ziemi”.

#### Rozdział V

### „CZY ZIEMI PRZYSLUGUJE RUCH PO KOLE I GDZIE JEST JEJ MIEJSCE?”

W rozdziale tym Kopernik szczególnie podkreśla względność ruchów widzianych z poruszającej się w rzeczywistości Ziemi. O tym, że obserwowany ruch zależy od spoczynku czy ruchu samego obserwatora, wspominał już Euklides w swej *Optyce*, a także inni optycy starożytni. Jednakże Kopernik był pierwszym astronomem, który tę zasadę zastosował do sytuacji w układzie planetarnym.

„Wykazaliśmy już, że Ziemia także posiada kształt kuli. Sądzę, że trzeba się zastanowić, czy z jej kształtu wynika również jej ruch, oraz jakie miejsce zajmuje ona we wszechświecie, bez czego nie można odnaleźć niezawodnego wytłumaczenia zjawisk niebieskich. Otóż choć co do tego, że Ziemia spoczywa bez ruchu w środku świata, panuje wśród autorów po największej części zgoda, tak że przeciwne twierdzenie jest według nich rzeczą nie do pomyślenia, a nawet wręcz godną pośmiewiska, to kiedy jednak zastanowimy się nad tym uważniej, okaże się, że to zagadnienie nie jest jeszcze przesądzone, dlatego bynajmniej nie należy go lekceważyć. Wszelka bowiem zmiana co do miejsca, jaką dostrzegamy, powstaje albo na skutek ruchu obserwowanego przedmiotu, albo na skutek ruchu obserwatora, albo też na skutek niejednakowej zmiany jednego i drugiego z nich; bo gdy chodzi o ruch przedmiotów poruszających się jednakowo w tym samym kierunku, tutaj więc przedmiotu obserwowanego i obserwatora, to jest on niedostrzegalny. Ziemia zaś jest tym czymś, skąd ów bieg jest obserwowany i na której odtwarza się on w naszym oku. Jeżeli więc Ziemi przypisze się jakiś ruch, to uwidoczni się on również we wszystkim, co znajduje się poza nią, ale w kierunku przeciwnym, mianowicie jako coś, co ją mija. A tak właśnie ma się rzecz przede wszystkim z codziennym obrotem. Ten bowiem robi wrażenie, jakby porywał za sobą cały świat oprócz jednej Ziemi i tego, co ją otacza. Jeżeli jednak

zgodzimy się na to, że niebo nic z tego ruchu nie posiada, że natomiast Ziemia obraca się z zachodu na wschód, to po głębszej rozwadze dojdziemy do wniosku, że tak właśnie ma się rzecz z pozornym wschodem i zachodem Słońca, Księżycy i gwiazd. [...]

Przyjęcie tego faktu nasuwa z kolei inną, bynajmniej nie mniejszą wątpliwość, mianowicie co do miejsca Ziemi, jakkolwiek panuje prawie powszechnie przyjęte przekonanie, że jest ona środkiem wszechświata. Bo jeśli ktoś założy, że Ziemia nie zajmuje środka, czyli centralnego punktu we wszechświecie, a równocześnie przyzna, że oddalenie jej od niego nie jest aż tak wielkie, by je można porównywać z wielkością sfery gwiazd stałych, że natomiast jest wyraźne i znaczne w stosunku do sfer Słońca i innych planet, i jeśli będzie sądził, że ruch tychże dlatego wydaje się niejednostajny, ponieważ nimi niejako steruje inny środek, a nie środek Ziemi – ten zapewne wcale niebezrozumne będzie mógł dać wytłumaczenie nieregularności ruchu takiego, jakim on się przedstawia naszym oczom.

Bo fakt, że te same planety oglądamy to z mniejszej, to z większej odległości od Ziemi, z konieczności dowodzi, że środek Ziemi nie jest środkiem ich kręgów. Tym mniej dowiedziona jest rzeczą, czy to Ziemia przybliżyła się do nich i od nich oddala, czy też one do Ziemi i od Ziemi. I nie będziemy się tak bardzo dziwić, jeżeli ktoś oprócz już wspomnianego codziennego obrotu wyobrażał sobie jakiś inny ruch Ziemi. Jakoż pitagorejczyk Filolaos twierdził podobno, że Ziemia się obraca, a ponadto, że wędruje w przestworzach na skutek kilku ruchów jako jedna z planet...”.

A zatem według Kopernika planeta poruszająca się w rzeczywistości jednostajnie, widziana z Ziemi, też będącej w ruchu, będzie się poruszać pozornie niejednostajnie. Nie wspomina tu jednak Kopernik o możliwości wytłumaczenia tym ruchem obserwowanych wstecznych ruchów planet, o czym obszernie pisze dopiero w następnych księgach.

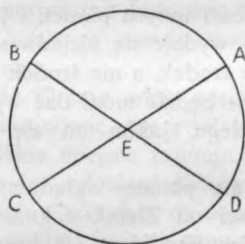
#### Rozdział VI

#### „OGROM NIEBA W STOSUNKU DO WIELKOŚCI ZIEMI”

Kopernik stwierdza tu wyraźnie, że znikomo małe są rozmiary Ziemi w stosunku do rozmiarów sklepienia niebieskiego. 39

Dziś także, przy rozważaniach z dziedziny tak zwanej\* astronomii sferycznej, to jest nauki zajmującej się teorią położeń i pozornych przesunieć ciał niebieskich na sklepieniu nieba, wyobraża się sklepienie niebieskie jako sferę. Jest ona przecięta przez płaszczyzny horyzontu i ekliptyki (zodiaku) wzdłuż tak zwanych kół wielkich (to jest przechodzących przez środek kuli). Na kuli ziemskiej, na której wprowadzona jest siatka współrzędnych geograficznych, kołami wielkimi są równik i wszystkie południki. Kopernik przytoczył w tym rozdziale bardzo prosty dowód geometryczny znikomo małych rozmiarów Ziemi:

„Otóż istotnie to, że Ziemia, choć jest tak olbrzymią kulą,



11. Położenie Ziemi *E* w centrum koła *ABCD*, będącego horyzontem (rysunek Kopernika do rozdziału VI księgi I)

nie wytrzymaże żadnego porównania z ogromem nieba, można poznać na tej podstawie, że koła graniczące – tak bowiem tłumaczą grecki termin «horyzonty» – dzielą całą sferę niebieską na połowy, co by nie mogło mieć miejsca, gdyby wielkość Ziemi lub jej odległość od środka wszechświata była czymś znacznym w porównaniu z niebem. Koło bowiem, które przecina kulę na połowy, przechodzi przez środek tejże kuli i jest największym z kół, jakie na niej mogą być opisane. Niech mianowicie koło *ABCD* [rys. 11] będzie horyzontem, a punkt *E* niech będzie Ziemią, z której patrzymy, i równocześnie środkiem horyzontu, gdzie się rozgraniczają zjawiska widoczne od niewidocznych. Spójrzmy teraz przez ustawiony w punkcie *E* przeziernik na początek Raka wschodzący w punkcie *C*, a zobaczymy, że w tej samej chwili zachodzi w punkcie *A* początek Koziorożca. Skoro więc punkty *A*, *E* i *C* leżą na linii prostej, przechodzącej przez przeziernik,

jasną jest rzeczą, że ta linia jest średnicą zodiaku, a to dla tego, że na sześciu znakach zwierzyńcowych, jakie wtedy są widoczne, kończy się półkole, a jego środek E jest równocześnie środkiem horyzontu. I znowu, gdy obrót tak się zmieni, że początek Koziorożca będzie wschodził w punkcie B, zobaczymy, że wtedy początek Raka zachodzi w punkcie D, a linia BED będzie linią prostą, i to średnicą zodiaku. A stwierdziliśmy już, że i prosta AEC jest średnicą tego samego koła. Wobec tego jest rzeczą oczywistą, że w punkcie ich wspólnego przecięcia leży jego środek.

W ten więc sposób koło horyzontu dzieli zodiak, będący największym kołem kuli niebieskiej, zawsze na dwie równe części. A przecież na kuli, jeżeli jakieś koło połowi którekolwiek z jej największych kół, to i to połowiące koło jest największym kołem. Jest więc i horyzont jednym z największych kół, a jego środek jest na pozór identyczny ze środkiem zodiaku, choć przecież z konieczności inna musi być linia, wyprowadzona z powierzchni Ziemi, a inna wyprowadzona z jej środka; lecz z powodu niezmiernej ich długości w stosunku do Ziemi stają się one podobne do równoległych, które znowu na skutek niezmiernej odległości ich zakończeń wydają się nam jedną linią [...].

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

...sens rozumowania, zakładającego, że Ziemia jest częścią kuli niebieskiej i nie różni się od niej co do istoty i ruchu, prowadzi do tego, że jako najbliższa środka porusza się mało. Będzie więc poruszać się i ona, skoro stanowi bryłę, a nie punkt środkowy, i będzie opisywać łuki, odpowiadające opisywanym w tym samym czasie łukom koła niebieskiego, choć mniejsze. Lecz fałszywość tego jaśniejsza jest niż Słońce: w takim bowiem razie musiałoby w jednym miejscu przy-

padać stale południe, w innym znowu stale północ, tak że nie miałyby miejsca ani codzienne wschody, ani zachody, skoro jeden i nieodłączny ruch miałyby całość i jej część.

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

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

Następne rozdziały księgi pierwszej, siódmy, ósmy i dziewiąty, poświęcone są teorii ruchów kopernikowskich. Według kopernikowskiej fizyki każda materia ziemiska i niebieska ze swej natury skupia się w kulę, a naturalną właściwością kuli jest obrót.

#### Rozdział VII

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

42 W rozdziale tym Kopernik przytacza argumenty cytowane przez starożytnych uczonych jako dowód centralnego położe-

nia i nieruchomości Ziemi. Można je ująć w następujące punkty:

1. Wszystkie ciała spadające na Ziemię „kierują się ku jej najgłębszemu środkowi”, tam zaś zatrzymują się bez ruchu. A „więc Ziemia spoczywać musi w środku [wszystkich ciał] i [...] sama na skutek swego ciężaru pozostanie na zawsze nieruchoma”.

2. Według Arystotelesa ruchy można podzielić na proste (w górę i w dół) oraz koliste. Elementy ziemi i wody, jako ciężkie, będą dążyć w dół, zaś elementy lekkie, powietrze i ogień, w górę. A więc tym czterem elementom należy „przyznać ruch prosty, a ciałom niebieskim ruch kolisty dokoła środka”.

3. Według Ptolemeusza – gdyby istniał rzeczywiście ruch obrotowy Ziemi – to musiałby on być niezwykle szybki, tak aby pełen obrót dokonywał się w ciągu 24 godzin. Ponieważ zaś „to, co zostaje wprawione w gwałtowny ruch wirujący, zupełnie niezdolne jest do skupienia się”, ulega rozproszeniu, więc i Ziemia dawno „by się rozproszyła i wypadła poza granice samego nieba”. Również wszystkie przedmioty luźne, istniejące na Ziemi, ulegałyby wstrząsom, a ciała spadające w prostym kierunku odchyłyby się w bok.

Na wszystkie powyższe argumenty odpowiedział Kopernik w rozdziale następnym.

#### Rozdział VIII „ODPARCIE PRZYTOCZONYCH DOWODÓW I ICH NIEWYSTARCZALNOŚĆ”

W rozdziale tym Kopernik powołuje się na ruchy naturalne, to jest działające zgodnie z naturą, i przeciwne im, podobnie jak to czynili ówcześni uczeni, nie znający przecież praw dynamiki.

„Z tych to i tym podobnych przyczyn twierdzą, że Ziemia leży w środku wszechświata nieruchoma i że co do tego nie ma żadnych wątpliwości. Jednakże gdyby ktoś sądził, że Ziemia się obraca, ten na pewno powie, że jest to ruch naturalny, a nie wymuszony. Co zaś jest zgodne z naturą, wywołuje skutki przeciwne tym, które pochodzą z przemocy. Wszystko bowiem, co doznaje stałej czy nagłej siły z zewnątrz, musi się rozpaść i długo ostać się nie może; co zaś odbywa się

z natury, pozostaje w dobrym stanie i zachowuje swój najlepszy układ. Bezpodstawne są zatem obawy Ptolemeusza, że Ziemia i wszystkie ziemskie przedmioty mogłyby się rozsypać w obrotcie wywołanym przez działanie natury, które jest zupełnie różne od siły sztucznej czy też takiej, którą można osiągnąć ludzkim przemysłem.

Czemuż jednak nie ma się tych samych przypuszczeń raczej w odniesieniu do wszechświata, którego ruch musi być przecież tyle razy szybszy, ile razy niebo jest większe do Ziemi? [...]

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

«My odbijamy od portu, a ląd się cofa i miasta?»

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

Cóż w takim razie mielibyśmy do powiedzenia o chmurach i wszystkich innych ciałach, które w jakikolwiek sposób utrzymują się w powietrzu albo opadają i znowu wznoszą się w górę? Czyż nie jedynie to, że ów ruch odbywa nie sama tylko Ziemia wraz ze złączonym z nią żywiołem wód, ale także niemalą część powietrza i wszystko, cokolwiek posiada podobne jak ono pokrewieństwo z Ziemią? Albo więc bliska Ziemi warstwa powietrza, zmieszana z materią ziemską lub wodną, idzie za tą samą naturą co Ziemia, albo też ruch powietrza jest nabyty, pochodzi zaś od Ziemi przez to, że powietrze przylega do niej przy jej wiecznym obrocie, a przy



braku oporu ze swej strony [...]. A zatem spokojne będzie się wydawało powietrze najbliższe Ziemi i wszystko, co się w nim unosi, o ile pod wpływem wiatru albo na skutek jakiegoś innego bodźca nie będzie się poruszać – jak to bywa – to w tę, to w tamtą stronę. Czymże bowiem innym jest wiatr w powietrzu, jeśli nie tym, czym prądy w morzu?

Kiedy zaś chodzi o ciała spadające w dół i wznoszące się w górę, musimy przyznać, że w stosunku do wszechświata ruch ich jest podwójny, a mianowicie stale złożony z ruchu prostolinijnego i kolistego. [...]

...wydawałoby się czymś dosyć niedorzecznym przypisywać ruch raczej temu, co ogarnia i udziela miejsca, niż temu, co jest ogarnięte i umiejscowione, czym właśnie jest Ziemia. I wreszcie, skoro jest rzeczą oczywistą, że planety raz się znajdują bliżej Ziemi, raz znowu dalej, wyniknie stąd również, że jedno i to samo ciało porusza się zarówno dokoła środka (którym rzekomo jest środek Ziemi), jak też od środka i ku środkowi. Musi się więc ruch dokoła środka brać ogólniej i zadowolić tym, że każdy poszczególny ruch będzie się trzymał swojego własnego środka. Widzimy zatem, że na podstawie tego wszystkiego prawdopodobniejszy dla Ziemi jest ruch niż stan spoczynku, zwłaszcza w obrocie dziennym, jako że ten najbardziej Ziemi odpowiada”.

#### Rozdział IX

#### „CZY ZIEMI MOŻNA PRZYPISAĆ WIĘKSZĄ IŁOŚĆ RUCHÓW I O ŚRODKU WSZECHŚWIATA”

Bardzo ważne jest stwierdzenie Kopernika w tym rozdziale, że z obserwacji planet wynika niecentralne położenie Ziemi we wszechświecie, tej Ziemi, którą przecież należy traktować jako jedną z planet. Odróżniając środek wszechświata od środka ciężkości na Ziemi, przeciwstawiał się Kopernik poglądom głoszonym w arystotelesowskiej fizyce, w której ruchy kołowe i proste odnoszone były do środka wszechświata. W związku z tym z doświadczeń prowadzonych na Ziemi wynikać musiało, że jej środek ciężkości jest zarazem środkiem wszechświata.

„Skoro zatem nic nie stoi na przeszkodzie, by przyjąć ruchomość Ziemi, sądzę, że teraz trzeba się zastanowić, czy przystoi jej również wielość ruchów, tak by ją można było uwa-

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

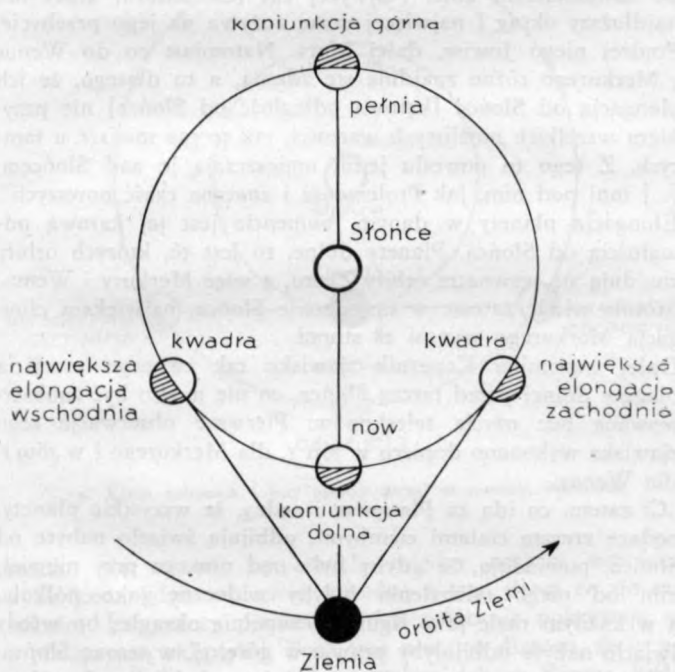
Jeśli więc i Ziemia wykonywała inne ruchy, np. względem jakiegoś środka, musiałyby to być właśnie te ruchy, które w podobny sposób ujawniają się na zewnątrz w wielu zjawiskach, z których wnioskujemy o rocznym obiegu. Bo jeżeli ten obieg zmienimy ze słonecznego na ziemski i przyznamy nieruchomość Słońcu,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

Rozdział X  
„PORZĄDEK SFER NIEBIESKICH”

W omówionych wyżej rozdziałach księgi pierwszej rozważał Kopernik kształt Ziemi i wszechświata, miejsce Ziemi we wszechświecie, uzasadniał ruch Ziemi i uwzględnił zasadę względności ruchu, a wreszcie w zakończeniu rozdziału dziewiątego stwierdzał, że zaobserwowane zjawiska mogą być

dobrze wytłumaczone, jeśli w środku wszechświata umieścić Słońce. Ten temat jest dalej rozwinięty w rozdziale dziesiątym, poświęconym porządkowi, czyli kolejności sfer niebieskich. Sfery to właśnie miejsca znajdowania się orbit kolejnych planet, jak o tym była mowa w związku z wyjaśnianiem tytułu dzieła Kopernika.

Jednym z istotnych elementów światopoglądu Kopernika było przekonanie o harmonii wszechświata, o jego symetrii, przy czym te terminy uważał za równoważne. Podkreślał to ciągle, że badając budowę wszechświata, starożytni uczeni „nie zdołali też odkryć albo [...] wyprowadzić rzeczy najważniejszej, mianowicie układu wszechświata i ustalonego porządku jego części”, natomiast w proponowanym przez siebie układzie „odnaleźliśmy [...] zadziwiający związek między ruchem



12. Różne położenia i fazy planety dolnej w systemie Kopernika

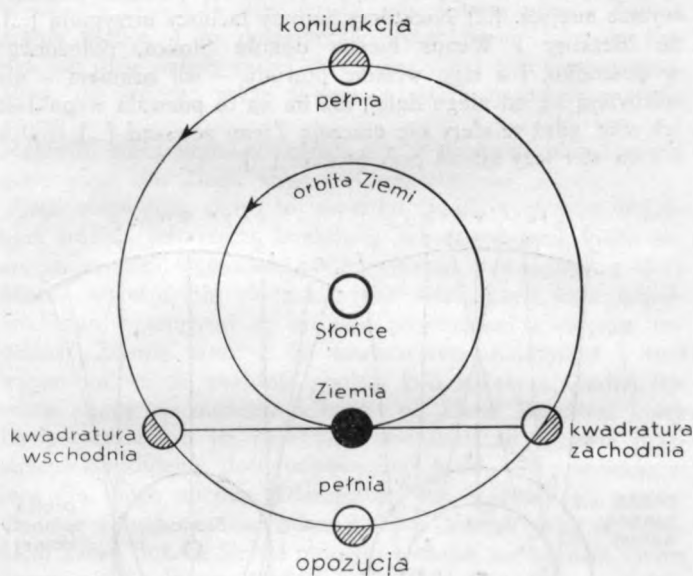
a wielkością sfer, jakiego w inny sposób odkryć nie można". To przekonanie o ładzie wszechświata nie jest zresztą rzeczą nową, istniało już w całej filozofii pitagorejskiej i platońskiej, natomiast Kopernik uważał, że porządek ten odkrył. Piszze więc:

„Najwyżej ze wszystkich rzeczy widzialnych znajduje się sfera gwiazd stałych; co do tego, jak widzę, nikt nie ma wątpliwości. Kolejność zaś planet chcieli dawni filozofowie ustalić na podstawie długości ich obiegów, przyjmując zasadę, że przy równej szybkości poruszających się przedmiotów te, które są dalej, sprawiają wrażenie, jakby się posuwały wolniej, jak to jest udowodnione w *Optyce* Euklidesa. Sądzę więc, że Księżyc dlatego właśnie w najkrótszym przeciągu czasu przebywa krąg swej drogi, ponieważ jako najbliższy Ziemi krąży po najmniejszym kole. Najwyżej zaś jest Saturn, który ma najdłuższy okrąg i najwięcej czasu zużywa na jego przebycie. Poniżej niego Jowisz, dalej Mars. Natomiast co do Wenus i Merkurego różne znajduje się zdania, a to dlatego, że ich elongacja od Słońca [kątowna odległość od Słońca] nie przybiera wszelkich możliwych wartości, jak to ma miejsce u tamtych. Z tego to powodu jedni umieszczają je nad Słońcem, [...] inni pod nim, jak Ptolemeusz i znaczna część nowszych". Elongacja planety w danym momencie jest jej kątowną odległością od Słońca. Planety dolne, to jest te, których orbity znajdują się wewnątrz orbity Ziemi, a więc Merkury i Wenus, istotnie widać zawsze w sąsiedztwie Słońca, największa elongacja Merkurego wynosi 28 stopni.

Dalej wspomina Kopernik zjawisko tak zwanego przejścia planety dolnej przed tarczą Słońca, co nie mogło być zaobserwowane bez użycia teleskopów. Pierwsze obserwacje tego zjawiska wykonano dopiero w 1631 r. dla Merkurego i w 1639 r. dla Wenus.

„Ci zatem, co idą za Platonem i sądzą, że wszystkie planety, będące zresztą ciałami ciemnymi, odbijają światło nabyte od Słońca, powiadają, że gdyby były pod nim, to przy niewielkim od niego odchyleniu byłyby widoczne jako półkola, a w każdym razie jako figury niezupełnie okrągłe; bo wtedy światło nabyte odbijałyby prawie w górę, tj. w stronę Słońca, jak to widzimy podczas pierwszej lub ostatniej kwadry Księżyca. Twierdzą poza tym, że niekiedy musiałyby one znaleźć się między nami a Słońcem i stanowić przeszkodę dla jego

światła, które musiałyby ulegać zaćmieniom stosownie do ich rozmiarów. A ponieważ tego nigdy nie widzimy, mniemają, że poniżej Słońca w żadnym wypadku one nie schodzą". Następnie podaje Kopernik argumenty przemawiające za tym, że Merkury i Wenus znajdują się „poniżej Słońca”, to jest orbity ich leżą wewnątrz orbity Ziemi. A więc „planety nie są ciemne i podobne w tym do Księżyca, lecz świecą albo własnym światłem, albo też słonecznym, które przenika całe ich ciała; a Słońca nie zasłaniają dlatego, że niezmiernie



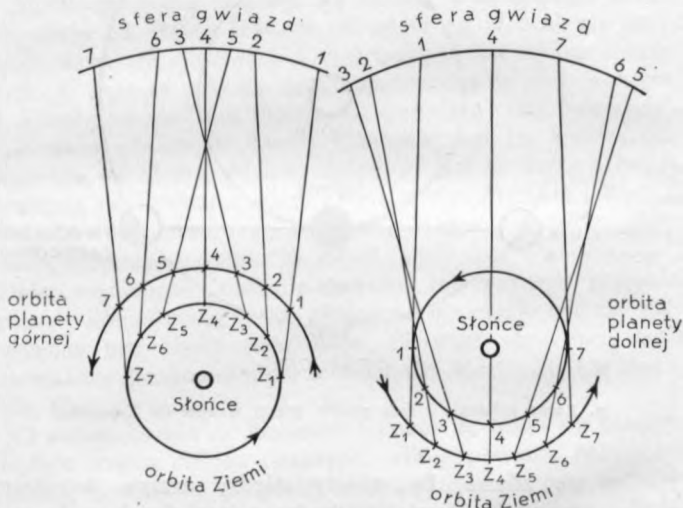
13. Różne położenia i fazy planety górnej w systemie Kopernika

rzadko się zdarza, by stały między naszym wzrokiem a Słońcem, gdyż najczęściej schodzą z jego drogi co do szerokości [to znaczy płaszczyzny ich orbit nie pokrywają się z płaszczyzną ekliptyki]. Poza tym również dlatego, że w porównaniu do Słońca są ciałami małymi, skoro Wenus, będąc nawet większą od Merkurego, może zakryć zaledwie setną część tarczy słonecznej...".

W rzeczywistości stosunek średnicy Wenus do średnicy Słońca wynosi 1 : 110, zaś stosunek średnicy Merkurego do średnicy Słońca wynosi 1 : 270. A więc dane Kopernika były dość dokładne.

Dalej pisze Kopernik o wzajemnych położeniach orbit planetarnych:

„Trzeba więc będzie przyjąć, że albo Ziemia nie jest tym środkiem, do którego należy odnosić porządek planet i ich sfer, albo przynajmniej, że brak uzasadnienia na ich kolejność i że nie jest rzeczą jasną, dlaczego by się raczej Saturnowi niż Jowiszowi czy którejkolwiek innej planecie należało wyższe miejsce. [...] Niektórzy autorzy łacińscy utrzymują [...], że Merkury i Wenus biegną dokoła Słońca, położonego w pośrodku, i z tego właśnie powodu – ich zdaniem – nie odchylają się od niego dalej, niż im na to pozwala wypukłość ich sfer, gdyż te sfery nie otaczają Ziemi zewsząd [...] środek ówych sfer leży gdzieś przy Słońcu. [...]



14. Powstawanie zmian w pozornym kierunku ruchu planety po orbicie w systemie Kopernika

$Z_1, Z_2 \dots Z_7$  – kolejne położenia Ziemi;  $1, 2 \dots 7$  – kolejne położenia planety na orbicie;  $1-2-3$  – zaobserwowany ruch planety na tle sfery gwiazd w lewo.  $3-4-5$  – zaobserwowany ruch planety w prawo, cofanie się;  $5-6-7$  – zaobserwowany ponowny ruch planety w lewo

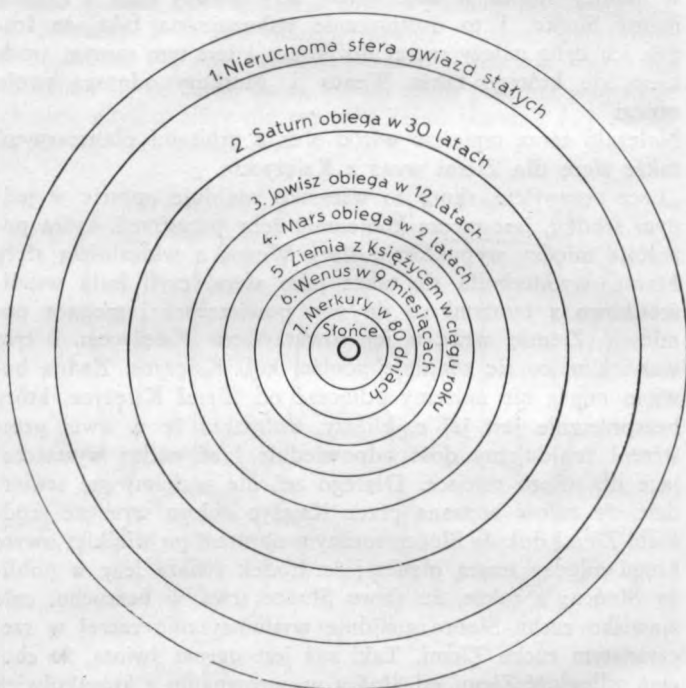
Jeśliby teraz ktoś, biorąc to za punkt wyjścia, odniósł do tegoż środka także Saturna, Jowisza i Marsa, rozumiejąc jednak, że rozpiętość ich sfer jest tak wielka, iż obejmuje i otacza także leżącą w ich obrębie Ziemię wraz z tamtymi dwiema sferami, ten by się wcale nie pomylił. Dowodzą tego tablice ruchów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

Należało teraz umieścić wśród sfer z orbitami planetarnymi także sferę dla Ziemi wraz z Księżycem.

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

ścią natury, która podobnie jak się pilnie ustrzegła tego, by nie stworzyć czegoś zbędnego i nieużytecznego, tak też niejednokrotnie raczej wyposażała jedną rzecz w wielorakie skutki.

Wszystko to, choć jest trudne i prawie nie do wiary, jako że się sprzeciwia powszechnie przyjętym poglądom, w dalszym ciągu jednak uczynimy, z pomocą bożą, jaśniejszym od Słońca, przynajmniej dla tych, co dobrze znają matematykę. Skoro tedy pozostaje w mocy kryterium wyrażone na początku rozdziału – nikt bowiem nie przytoczy odpowiedniejszego od



15. System heliocentryczny według Kopernika

tęgo, żeby wielkość orbit mierzyć długością periodów – porządek sfer, poczynając od góry, układu się w ten sposób:

52 Pierwszą i najwyższą ze wszystkich jest sfera gwiazd stałych, obejmująca samą siebie oraz cały świat i dlatego nieruchoma,



mianowicie jako takie miejsce całości, żeby doń można było odnieść ruch i położenie wszystkich pozostałych sfer niebieskich. Niektórzy sądzą, co prawda, że i ta sfera w jakiś sposób podlega zmienności, ale ja, wyłuszczając ruch Ziemi, inną tego pozornego zjawiska wskażę przyczynę [chodzi tu o ruch precesyjny, omówiony przez Kopernika w następnym rozdziale – przyp. CI].

Z kolei idzie pierwsza z planet, Saturn, który obiegu swego dopełnia w ciągu trzydziestu lat. Za nim Jowisz, dokonujący obiegu w dwunastu latach. Następnie Mars, który odbywa obieg w ciągu dwu lat. Czwarte miejsce w tym szeregu zajmuje sfera o rocznym obiegu, w której, jak powiedzieliśmy, mieści się Ziemia ze sferą Księżyca jakby małym epicyklem. Na piątym miejscu Wenus powraca do pierwotnego położenia co dziewięć miesięcy. Szóste wreszcie miejsce zajmuje Merkury, odbywający obieg w ciągu osiemdziesięciu dni”.

Tak zatem przedstawia się obraz wszechświata kopernikowskiego, obraz, składający się ze sfer – orbit poszczególnych planet. Ta „pierwsza i najwyższa sfera” to widziane pozornie sklepienie nieba wraz ze wszystkimi gwiazdami. W rzeczywistości gwiazdy wykonują również ruchy i znajdują się w różnych odległościach od Ziemi, ale tego Kopernik nie mógł stwierdzić nie mając nowoczesnych instrumentów.

Rzeczywiste okresy obiegów planet, porównane z okresami podanymi przez Kopernika przedstawia tab. 1.

Tabela 1

Planeta	Okres obiegu	
	rzeczywisty	według Kopernika
Saturn	29 lat 167 dni	30 lat
Jowisz	11 lat 315 dni	12 lat
Mars	1 rok 322 dni	2 lata
Ziemia	1 rok	1 rok
Wenus	225 dni	270 dni
Merkury	88 dni	80 dni

Z tabeli wynika, że na ogół okresy obiegu według Kopernika były nieco dłuższe niż w rzeczywistości, choć możliwe jest, że podał tylko orientacyjne, przybliżone wartości w tym rozdziale.

Dalej następuje najbardziej poetyczna, najpiękniejsza część rozdziału dziesiątego. Po omówieniu swych sfer z orbitami planet pisał Kopernik: „IN MEDIO VERO OMNIUM RESIDET SOL”.

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

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

Jeżeli zaś nic podobnego nie dostrzegamy u gwiazd stałych, dowodzi to, że znajdują się niezmiernie wysoko nad nami, co sprawia, że nawet orbita rocznego ruchu albo raczej jej obraz zanika dla naszego wzroku. Jakoż dla każdego widzialnego przedmiotu istnieje taka wielkość odległości, przy któ-

rej nastaniu staje się on niedostrzegalny, jak to się wykazuje w *Optyce* Euklidesa. Bo o tym, że nawet od najwyższej z planet, to jest od Saturna, jest jeszcze ogromnie daleko do sfery gwiazd stałych, przekonują nas ich migocące światła. Tą cechą najbardziej się one odróżniają od planet i ona też – jak być powinno – stanowi największą różnicę pomiędzy ciałami poruszającymi się a nieruchomymi. Tak zaprawdę ogromne jest to boskie arcydzieło Istoty Najlepszej i Największej!”.

Bardzo szczegółowo omówił Kopernik różne położenia poszczególnych planet. Wschód planety górnej, to jest znajdującej się na dalszej od Słońca orbicie niż Ziemia, wystąpić może na początku nocy wówczas, gdy znajdzie się ona w tzw. opozycji, to jest po przeciwnej stronie Ziemi niż Słońce. Jest więc rzeczywiście wtedy na tej części swej orbity, która jest bliższa Ziemi. Poprawne były również uwagi co do zmiany jasności Marsa w różnych jego położeniach na orbicie.

Następnie rozważał Kopernik sferę gwiazd stałych. Pozorne przesuwanie się gwiazd na sferze, będące wynikiem zmiany położenia obserwatora z powodu rocznego ruchu Ziemi dookoła Słońca, czyli tak zwane przesunięcie paralaktyczne, można zaobserwować dokładnymi instrumentami dla gwiazd najbliższych. Najbliżej układu słonecznego znajduje się gwiazda w gwiazdozborze Centaura, zwana Proxima – Najbliższa. Obserwator, znajdujący się na tej gwieździe, widziałby średni promień orbity Ziemi pod kątem  $0,76$  sekundy łuku, co wynika z odległości tej gwiazdy od Słońca, równej  $27$  tysiącom odległości Saturna od Słońca.

#### Rozdział XI

#### „UZASADNIENIE TROJAKIEGO RUCHU ZIEMI”

Kopernik omawia w tym bardzo ważnym rozdziale ruchy wykonywane przez Ziemię: obrotowy – dobowy, obiegowy – roczny oraz tak zwany ruch „nachylenia” – precesyjny. Ruchy te zostały już omówione na początku, w rozdziale o rzeczywistym ruchu Ziemi. Kopernik wprowadza poprawnie dwa pierwsze ruchy, natomiast trzeci ruch definiuje nieco inaczej, niż się to czyni obecnie.

Ruch precesyjny, znany już od czasów Hipparcha, był przypisywany całej sferze niebieskiej, sferze gwiazd stałych. Kopernik oddzielał zjawisko precesji od ruchu sfery gwiazd,

przypisując ten nowy ruch osi ziemskiej. Oś ziemską zachowuje stały kierunek w przestrzeni, natomiast względem linii prostej łączącej Słońce i Ziemię zajmuje w ciągu roku coraz to inne położenie. Nie znając zasad dynamiki, nie mógł Kopernik wyjaśnić tego położenia bezwładnością kuli ziemskiej. Wydawało mu się więc, że wyjaśnić to może tylko trzeci ruch osi ziemskiej, ruch nachylenia, to jest ruch wywołujący zmiany nachylenia osi ziemskiej w stosunku do linii prostej Ziemia-Słońce. Okres tego ruchu nachylenia różnił się nieco od okresu rocznego ruchu obiegowego Ziemi, co wynikało z istnienia precesyjnego przesuwania się punktów równonocy, a więc z różnicy między długością roku gwiazdowego i zwrotnikowego.

Kopernik tak wyklada ruchy Ziemi:

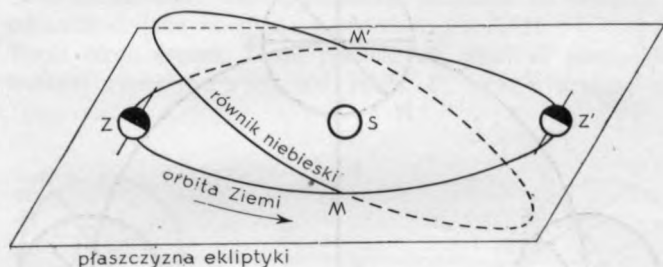
„Skoro zatem ruch Ziemi poświadczają jednoznacznie tak liczne i tak ważne świadectwa ze strony planet, przystąpimy teraz do treściwego wykładu o tymże ruchu, mianowicie, w jakiej mierze obserwowane zjawiska dadzą się wytłumaczyć, gdy założymy jego istnienie. W ogóle trzeba przyjąć, że jest on trojaki.

Pierwszy, który Grecy – jak powiedzieliśmy – nazywają »nychthemeros«, to jest ruchem nocodziennym, jest obrotem swoistym i bezpośrednim dla dnia i nocy, dokonującym się dokoła osi ziemskiej z zachodu na wschód, wobec czego ma się wrażenie, że świat się obraca w przeciwnym kierunku; opisuje on koło równonocne, które niektórzy nazywają kołem równodziennym, idąc w tym za Grekami, u których nosi ono nazwę »isomerinos«.

Drugi jest roczny ruch środka Ziemi, który zakreśla koło zodiaku dokoła Słońca, również z zachodu na wschód, to jest za porządkiem znaków zwieryńca, przebiegając – jak powiedzieliśmy – pomiędzy Wenus i Marsem wraz ze wszystkim, co do Ziemi należy. Ruch ten sprawia, że na pozór właśnie Słońce podobnym ruchem posuwa się po zodiaku: tak np. gdy środek Ziemi przebiega znak Koziorożca, odnosi się wrażenie, jakby Słońce szło przez znak Raka, a oglądane z Wodnika, idzie po znaku Lwa, i tak po kolei, jak o tym była już mowa. Przy tym trzeba sobie wyobrazić, że w stosunku do owego koła, które przebiega pośrodku znaków zodiaku, i w stosunku do jego płaszczyzny koło równikowe i oś ziemską mają nachylenie zmienne. Bo gdyby one były na stałe

utwierdzone i po prostu szły tylko za ruchem środka Ziemi, nie obserwowalibyśmy żadnej nierówności dnia i nocy, lecz zawsze by trwało bądź letnie stanowisko Słońca, bądź zimowe, bądź równonoc, lub też lato czy zima, czy w ogóle jakaś jedna pora roku, ciągle ta sama.

Z kolei zatem idzie ruch nachylenia jako trzeci ruch Ziemi, również o rocznym okresie, lecz przeciwny porządkowi zna-



16. Ruch obiegowy Ziemi Z wokół Słońca S, umieszczonego (dla uproszczenia) w centrum orbity

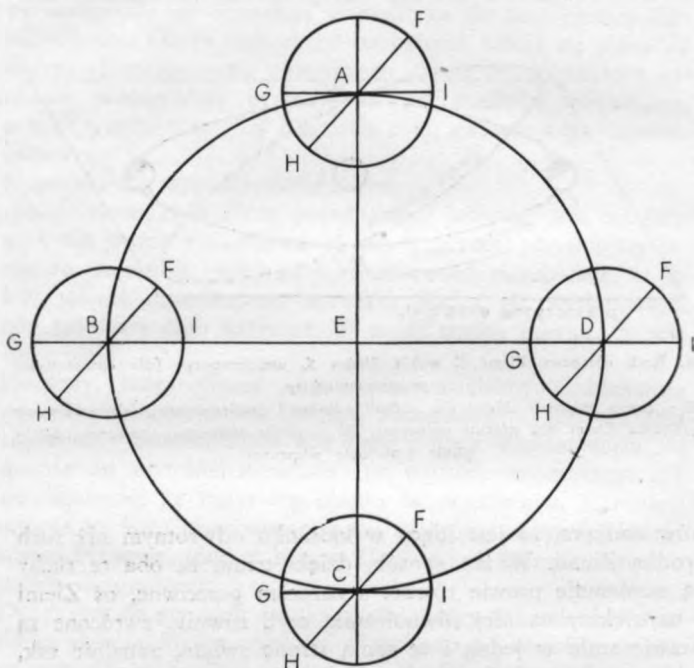
Z - letnie położenie Ziemi dla półkuli północnej (zacięniowanej); Z' - zimowe położenia Ziemi dla półkuli północnej; M - punkt równonocy jesiennie; M' - punkt równonocy wiosennej

ków zodiaku, to jest idący w kierunku odwrotnym niż ruch środka Ziemi. W ten sposób, dzięki temu, że oba te ruchy są wzajemnie prawie równe, a zarazem przeciwne, oś Ziemi i największy na niej równoleżnik, czyli równik, zwrócone są prawie stale w jedną i tę samą stronę świata, zupełnie tak, jakby pozostawały bez ruchu. Słońce tymczasem sprawia wrażenie, jakby się posuwało po pochyłości zodiaku tymże ruchem, jak środek Ziemi, co wygląda nie inaczej, niż jakby ten środek był środkiem świata, zwłaszcza gdy się pamięta, że odległość Słońca od Ziemi na tle sfery gwiazd stałych jest dla naszego wzroku już niedostępna”.

Następnie przeszedł Kopernik do zilustrowania swych wywodów rysunkami. Są to zresztą rysunki bardzo proste, schematyczne, podobne do tych, jakimi i obecnie ilustruje się problemy z astronomii sferycznej.

„Ponieważ jednak są to rzeczy tego rodzaju, że raczej wyma-

gają przedstawienia poglądowego niż słownego, narysujmy koło ABCD [rys. 17], które będzie wyobrażać roczny obieg środka Ziemi na płaszczyźnie zodiaku, a punkt E niech wyobraża Słońce, położone w pobliżu środka tego koła. Koło to podzielę na ćwiartki, kreśląc średnice AEC i BED. Punkt A niech zajmuje początek znaku Raka, B – Wagi, C – Ko-



17. Cztery położenia Ziemi (A, B, C, D) przy rocznym obiegu dokoła Słońca E (rysunek Kopernika do rozdziału XI księgi I)

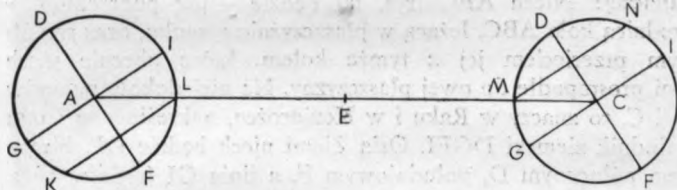
FGHI – płaszczyzna równika, nachylona do płaszczyzny rysunku pod kątem  $23,5^{\circ}$ ; H – punkt równika nad płaszczyzną rysunku; F – punkt równika pod płaszczyzną rysunku

ziorożca, D – Barana. Przyjmijmy zaś środek Ziemi najpierw w punkcie A, dokoła którego nakreślę ziemski równik FGHI, ale w innej płaszczyźnie, z wyjątkiem średnicy GAI, która niech będzie wspólnym przecięciem obu kół, to jest równika i zodiaku. Poprowadźmy także średnicę FAH pod kątami

prostymi do GAI i przyjmijmy, że punkt F jest granicą największej deklinacji południowej, a punkt H północnej.

W tych oczywiście warunkach mieszkańcy Ziemi będą widzieć Słońce – leżące mniej więcej w środku E – w momencie, gdy w znaku Koziorożca dokonuje zimowego przesilenia dnia z nocą, spowodowanego tym, że największa deklinacja północna H jest zwrócona ku Słońcu. Wtedy mianowicie nachylenie równika do linii AE przy obrocie dziennym opisuje zwrotnik zimowy, jako równoleżnik oddalony od równika na rozwartość, jaką obejmuje kąt nachylenia EAH.

Teraz niech środek Ziemi posuwa się dalej za porządkiem znaków zwierzyńcowych, zaś punkt F, będący granicą naj-



18. Dwa położenia Ziemi A i C przy rocznym obiegu dokoła Słońca (rysunek Kopernika do rozdziału XI księgi I)

większej deklinacji, niech z tą samą szybkością odbywa ruch wsteczny, aż obydwie te punkty przebędą ćwiartki kół, co nastąpi w położeniu B. W czasie tego kąt EAI pozostaje zawsze równy kątowi AEB, dzięki równości obrotów, i stale równoległe pozostaną odpowiadające sobie średnice: FAH do FBH oraz GAI do GBI, a także równik do równika.

Wszystko to dla często już wzmiankowanej przyczyny przedstawia się na niezmiernym niebie w identyczny sposób. A więc z punktu B, to jest z początkowego punktu Wagi, punkt E będzie widoczny w znaku Barana, a wspólne przecięcie kół zejdzie się z prostą GBIE, w stosunku do której dzienny obrót nie będzie dopuszczał żadnej deklinacji, lecz wszelka deklinacja będzie po bokach. Słońce zatem będzie widoczne w równonocy wiosennej. Niech teraz środek Ziemi posuwa się jeszcze dalej z zachowaniem przyjętych warunków, a gdy dopełni półkola w punkcie C, będzie się wydawało, że

Słońce wkracza w znak Raka. Ale fakt, że punkt F, wyrażający południową deklinację równika, jest zwrócony ku Słońcu, sprawi wrażenie, że Słońce przeszło na północ i biegnie po letnim zwrotniku, odpowiednio do kąta nachylenia ECF. A ponieważ w trzeciej ćwiartce koła znów punkt F odwraca się od Słońca, wspólne przecięcie GI znów pokryje się z linią ED, wskutek czego będzie się zdawać, że Słońce, oglądane w znaku Wagi, powoduje równonoc jesienną. A następnie punkt H, postępując nadal w ten sam sposób i ustawiając się z wolna w kierunku Słońca, sprawi, że wszystko powróci do stanu początkowego, od którego zaczęliśmy posuwać się na-przód”.

Na następnym rysunku Kopernik umieścił płaszczyznę orbity Ziemi prostopadle do płaszczyzny rysunku.

„Inaczej: Niech AEC [rys. 18] będzie – jak poprzednio – średnicą koła ABC, leżącą w płaszczyźnie rysunku, oraz wspólnym przecięciem jej z tymże kołem, które obecnie niech stoi prostopadle do owej płaszczyzny. Na niej dokoła punktów A i C, to znaczy w Raku i w Koziorożcu, nakreślmy tu i tam południk ziemski DGFI. Osią Ziemi niech będzie DF, biegunem północnym D, południowym F, a linia GI średnicą równika. Kiedy więc biegun F jest zwrócony do Słońca, leżącego w pobliżu punktu E, i zachodzi północne nachylenie równika pod kątem IAE, wtedy obrót Ziemi dokoła osi opisze równoleżnik południowy o średnicy KL, odległy od równika o łuk LI i pozornie stanowiący dla Słońca zwrotnik Koziorożca. Albo – żeby lepiej powiedzieć – na skutek owego obrotu linia AC, wzdłuż której widzimy Słońce, zakreśla powierzchnię stożkową, posiadającą środek Ziemi za wierzchołek, a za podstawę koło równoległe do równika. W podobny sposób dzieje się to wszystko również w przeciwnym punkcie C, lecz w postaci odwróconej. Jasną więc jest rzeczą, jak te dwa ruchy, to jest ruch środka Ziemi i ruch jej nachylenia, wzajemnie sobie zachodzące drogi, zmuszają oś ziemską do pozostawania ciągle w tym samym kierunku i w tym samym położeniu oraz sprawiają, że wszystko robi wrażenie, jakby to były ruchy Słońca.

Mówiliśmy zaś, że roczne okresy ruchu środka Ziemi i ruchu nachylenia są sobie równe w przybliżeniu; bo gdyby to miało miejsce z całą dokładnością, musiałyby punkty równonocy 60 i przesileni oraz całe nachylenie zodiaku zupełnie się nie zmie-



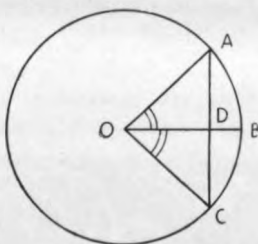


niać w stosunku do sfery gwiazd stałych. Ponieważ jednak różnica okresów jest nieznaczna, ujawniła się dopiero wówczas, gdy z biegiem czasu się skumulowała: mianowicie od czasów Ptolemeusza do naszych narosła prawie do 21 stopni, o którą to wartość dziś już owe punkty wyprzedzają swe położenie ówczesne. Dlatego to niektórzy sądzili, że i sfera gwiazd stałych się porusza, skutkiem czego postanowili przyjąć nad nią dziewiątą sferę. A ponieważ i ta nie wystarczyła, nowsi uczeni dodają teraz jeszcze sferę dziesiątą. Mimo to nie dopięli tego celu, który my mamy nadzieję osiągnąć przez przyjęcie ruchu Ziemi; tym to ruchem jako naczelnym założeniem będziemy się posługiwać przy wyjaśnianiu innych ruchów”.

Na tym kończy się astronomiczna część księgi pierwszej.

Rozdziały XII-XIV  
TRYGONOMETRIA KOPERNIKA

Ostatnie trzy rozdziały księgi pierwszej stanowiły początkowo osobną księgę, jak to wynika z rękopisu. Dopiero w ostatecznej redakcji zostały do pierwszej księgi dołączone. Tę matematyczną część wydał Retyk osobno drukiem, jeszcze przed



20. Wyjaśnienie kopernikowskiego określenia sinusa

opublikowaniem ksiąg *Obrotów*. Tytuł tego dzieła, wydane-  
go u Jana Luffta w Wittenberdze w 1542 r., brzmiał: *De la-  
teribus at angulis triangulorum tum planorum rectilineorum  
tum sphaericorum, libellus eruditissimus et utilissimus cum  
ad plerasque Ptolomaei demonstrationes intelligendas, tum  
vero ad alia multa, scriptus a clarissimo et doctissimo viro  
D[omino] Nicolao Copernico Toronensi*, co oznacza „O bo-  
kach i kątach trójkątów, tak płaskich prostolinijnych jak i ku-

listych, książeczka bardzo pouczająca i użyteczna do zrozumienia wielu dowodów Ptolemeusza, jak również licznych innych, napisana przez znakomitego i uczonego męża Pana Mikołaja Kopernika Toruńczyka". W pracy tej zamieścił Retyk, oprócz rozdziałów Kopernika, także tablice wartości sinusów pięciocyfrowych.

Warto może zwrócić uwagę na to, że Kopernik w swych dowodach nie używał w ogóle terminu sinus dla określenia tej podstawowej funkcji trygonometrycznej. Jak wiadomo, sinusem danego kąta AOB oznaczamy stosunek przyprostokątnej przeciwległej kątowi AOB do przeciwprostokątnej. Na rys. 20 sinusem kąta AOB będzie iloraz  $AD : AO$ . Jeśli jeszcze, jak to się często przyjmuje, koło o środku O będzie mieć promień jednostkowy, a zatem  $AO = BO = 1$ , to wtedy sinusem kąta AOB będzie  $AD : 1$ , czyli  $AD$ . Otóż Kopernik określał sinus danego kąta jako „połowę cięciwy podwojonego danego kąta”. Na rysunku odłożony jest kąt BOC równy kątowi AOB. A zatem kąt AOC równy jest dwóm kątom AOB, zaś odcinek AC jest cięciwą podwojonego kąta AOB. Wobec równości kątów AOB i BOC odcinki AD i CD cięciwy AC są równe, więc sinus kąta AOB będzie połową cięciwy AC.

Rozdziały te zatytułował Kopernik kolejno: „O liniach prostych spletanych łukami”, „O bokach i kątach płaskich w trójkątach”, „O trójkątach sferycznych”. Przy zapisywaniu danych używał Kopernik sześćdziesiątych części stopnia, a więc na przykład 11 minut kątowych to  $11/60$  stopnia, zaś 11 sekund kątowych to  $11/60^2$  stopnia.

## KSIĘGA DRUGA

Księga ta poświęcona jest, jakby to można dziś określić, wykładowi astronomii sferycznej. Początkowo wprowadzane są podstawowe definicje: horyzontu, równika, zwrotnika, południka, ekliptyki. Tak na przykład pisał Kopernik o horyzoncie:

„...potem następuje Poziom, nazwany od łacinników kołem granicznym dlatego, że nam odgranicza połowę świata widzialną od zakrytej, przy którym wszystkie gwiazdy zdają się

wschodzić, które wprzód zachodziły; ma on swój środek na powierzchni Ziemi, a biegun w punkcie naszym wierzchołkowym” (tj. zenicie – przyp. CI).

Dalej wprowadzone zostały współrzędne astronomiczne, tak zwane równikowe (płaszczyzną odniesienia jest tu płaszczyzna równika niebieskiego, będącego przedłużeniem równika ziemskiego), oraz ekliptyczne (płaszczyzną odniesienia jest tu płaszczyzna ekliptyki), wreszcie pokazane były metody przeliczania z jednego układu współrzędnych na drugi.

Nie zdefiniował Kopernik terminu szerokości geograficznej, ale określił ją jako wysokość bieguna nad horyzontem. Wprowadził strefy klimatyczne na Ziemi: podbiegunową, zwrotnikową i pośrednią, stwierdzając różną długość cienia, rzuconego przez takie same przedmioty w różnych punktach kuli ziemskiej, a także różne kierunki padania cienia. Gdy dana miejscowość leżała w pobliżu równika ziemskiego, to znaczy równik niebieski był prostopadły do horyzontu, to obserwowane sklepienie niebieskie stanowiło u Kopernika tak zwaną „sferę prostą”, natomiast dla miejscowości leżących na różnych szerokościach geograficznych – mówiło się o „sferze pochylej”.

Ekliptyka podzielona została na stopnie, zaś równik – na stopnie czasu. Było ich 15 w jednej godzinie, zaś godzina stanowiła jedną dwudziestą czwartą część całej „sfery”, to jest pełnego obrotu o 360 stopni. Taki podział stosuje się również obecnie przy określaniu na przykład długości geograficznej. Uzupełnieniem księgi była tablica wschodów, to jest momentów pojawiania się znaków zodiaku nad horyzontem.

Do najstarszych części rękopisu ksiąg *Obrotów* należał katalog 1025 gwiazd, oparty na katalogu Ptolemeusza. Dla każdej gwiazdy były podane współrzędne ekliptyczne oraz jasność według sześciostopniowej skali Ptolemeusza, stanowiącej podstawę używanej do dziś, tylko znacznie szerszej, skali jasności gwiazdnych. Obserwacje swe wykonywał Kopernik zapewne przy użyciu astrolabium, przyrządu używanego niegdyś przez Ptolemeusza.

Obecnie oznacza się jaśniejsze gwiazdy w danym gwiazdozbiorze literami greckimi, co zostało wprowadzone w XVII w.; niektóre gwiazdy mają także swoje arabskie nazwy. Kopernik musiał określać gwiazdy w sposób opisowy.

64 Tak na przykład w gwiazdozbiorze Małej Niedźwiedzicy

Gwiazdę Polarną (Biegunową) nazywał gwiazdą „na końcu ogona” Niedźwiedzicy, dalszą gwiazdę – „drugą od końca ogona”, jeszcze inną – „południową we wcześniejszym boku czworokąta” (obserwowanego na niebie jako tak zwany „Mały Wóz”).

### KSIĘGA TRZECIA

Księga ta poświęcona jest rocznemu ruchowi Ziemi dookoła Słońca. Blisko połowę tej księgi stanowią rozważania dotyczące precesji. Przy dokładnym bowiem wyznaczaniu długości roku gwiazdowego napotkał Kopernik trudności związane z nieznaną dokładną długością roku zwrotnikowego, dokładnej poprawki, wynikającej z istnienia precesji. Te dwie jednostki czasu definiował Kopernik następująco:

„Rokiem naturalnym, czyli zwyczajnym, zwiemy ten, który nam cztery pory roczne sprowadza; rok zaś gwiazdowy jest ten, którego powrót do pewnej gwiazdy się odnosi. Że długość roku naturalnego, którego także zwrotnikowym zowią, nie jest stateczna, potwierdzają to liczne spostrzeżenia starożytnych [...]. Hipparch dostrzegł [...], iż rok odniesiony do gwiazd stałych dłuższym jest od roku, który się do punktów równonocnych [...] odnosi. Z czego wniósł, iż gwiazdy stałe podlegają pewnemu ruchowi kierunkowemu, tak jednak leniwemu, iż ten nie zaraz postrzec się daje. Jednakże z upływem czasu najwidoczniejszym się już okazał, gdyż teraz widzimy, iż wschód i zachód znaków zwierzyńcowych i gwiazd stałych bardzo się różni od tego, jaki im starożytni naznaczyli”.

Omówiwszy różne dawne próby wytłumaczenia tego zjawiska, pisze Kopernik:

„...punkta równonocne [...] zdają się naprzód postępować nie dlatego, iżby sfera gwiazd stałych [...] poruszać się miała, ale raczej, że równik, będąc nachylony do płaszczyzny ekliptyki, wstecz po niej się ślizga, według ruchu kołyszącego osi ziemskiej [...]. W ten sposób przecięcia się owe równonocne ekliptyki z równikiem, wraz z całą pochyłością ekliptyki, z upływem czasu widzimy naprzód postępujące, a gwiazdy stałe w tyle zostające”.

Kopernik zestawia szereg obserwacji astronomów starożytnych 65

nych, chcąc znaleźć przesunięcie punktów równonocy, wywołane precesją. Ostatecznie z wielu obserwacji jaśniejszych gwiazd, głównie  $\alpha$  Panny (zwanej także „kłosem”),  $\alpha$  Lwa i  $\beta$  Niedźwiadka, uzyskał średnie przesunięcie roczne punktów równonocy, wynoszące 50,23 sekund kątowych, co dobrze zgadza się z przyjmowaną obecnie wartością precesji dla epoki 1500, równą 50,25 sekund kątowych. Podane też zostały tablice do obliczania precesji dla danej epoki.

Rozważając roczny ruch Ziemi dookoła Słońca, zwraca także Kopernik uwagę na jego związek z ruchem obrotowym, z długością doby słonecznej:

„Dzień prawdziwy jedni określają czasem upłynionym między dwoma po sobie idącymi wschodami Słońca, jak Chaldejczycy i izraelska starożytność; inni przedziałem czasu między dwoma zachodami, jak Ateńczycy; inni znowu czasem upłynionym od jednego do następnego południa, jak Egipcjanie. Wiadomo zaś, że w tym przeciągu czasu kula ziemską kończy swój obrót, nadto [wykonuje] część obrotu, jaka w tym czasie przybywa z przyczyny rocznego pozornego biegu Słońca”.

Do rozważań należało zatem wprowadzić dzień prawdziwy, nierówny w ciągu roku wobec niejednostajnego pozornego ruchu Słońca, i dzień średni, równej długości w ciągu całego roku. Obecnie wiadomo, że ruch Ziemi, którego odbiciem jest pozorny ruch Słońca, odbywa się po orbicie eliptycznej, na której, zgodnie z II prawem Keplera, ruch jest niejednostajny. Kopernik musiał jednak wprowadzić epicykl, na którym poruszałyby się Ziemia. Środek tego epicyklu poruszał się w kierunku przeciwnym, ale w tym samym okresie czasu, po defensie. Inne rozwiązanie stanowiło umieszczenie Słońca poza centrum pierwszego koła.

Jak już wspomniano w rozdziale XI książki pierwszej, Kopernik wprowadził tak zwany ruch nachylenia osi ziemskiej dla wytłumaczenia zjawiska precesji. Przy dokładnych rozważaniach można było ruch nachylenia przedstawić przy pomocy kilku ruchów kołowych, a więc należało wprowadzić dodatkowe koła.

Z obserwacji Słońca, wykonanych w 1515 i 1516 r., wyznaczył Kopernik nachylenie ekliptyki do równika, a także obliczył i zamieścił w tej księdze tablice pozornego przesuwania się

Bardzo obszerna księga trzecia jest najważniejszą, obok księgi pierwszej, częścią *Obrotów*. Stanowi bowiem nie tylko matematyczne uzupełnienie księgi pierwszej, ale podaje jako rzeczywistą przyczynę zjawiska precesji – ruch osi ziemskiej. Sama zaś teoria tego ruchu stanowi jedno z największych osiągnięć astronomii kopernikowskiej.

#### KSIĘGA CZWARTA

W księdze tej omawia Kopernik teorię ruchu Księżyca, ponieważ Księżyc stanowił niejako punkt odniesienia przy badaniach ruchów planet:

„...Z początku zaczniemy od biegu Księżyca i to tem konieczniej, że za pomocą niego jako w dzień i w nocy położenia każdej gwiazdy poznać i wytłumaczyć się dają; po wtóre, że ze wszystkich ciał niebieskich Księżyc obroty swoje, lubo także zmienne, około środka Ziemi odbywa i największe z Ziemią ma podobieństwo...”

Już pierwszą swoją obserwacją zakrycia przez Księżyc jasnej gwiazdy z gwiazdozbioru Byka, zwanej Aldebaranem, udowodnił Kopernik, że niesłuszne było mniemanie Ptolemeusza o dwukrotnie większej odległości Księżyca w kwadrach niż w pełni. Ale dla wytłumaczenia obserwowanego ruchu Księżyca trzeba było wprowadzić system kół, co prawda nieco prostszych niż u Ptolemeusza.

Podstawowym zagadnieniem było wyznaczenie dokładnej odległości Księżyca. Dla ciał niebieskich znajdujących się w obrębie układu słonecznego miarą odległości jest kąt, pod jakim z danego ciała widać promień równikowy Ziemi; jest to tak zwana paralaksa równikowa. Aby ją znaleźć, postanowił Kopernik obserwować zaćmienia Księżyca, który wtedy powinien znajdować się dokładnie naprzeciw Słońca na niebie (ma to miejsce przy niektórych zaćmieniach Księżyca). Każde odchylenie od tego położenia wynikałoby z faktu wykonywania obserwacji z powierzchni Ziemi, a nie z jej centrum, a więc byłoby związane z paralaksą równikową Księżyca. Kopernik uzyskał dla Księżyca średnią paralaksę około 1 stopnia, odległość zaś wynosiła od 52 do 68 promieni Ziemi (zależnie od położenia Księżyca w punktach bliższym i dalszym od Ziemi). Zgadza się to dość dobrze ze średnią aktual-

na odległością Księżyca od Ziemi, wynoszącą 384 tysiące km, a zatem około 60 promieni Ziemi.

Mniej dokładnie udało się Kopernikowi wyznaczyć odległość Słońca od Ziemi, przyjmował bowiem największą odległość, równą 1179 promieniom Ziemi, gdy tymczasem w rzeczywistości największa odległość Ziemi od Słońca wynosi 152 miliony km, co daje około 23 tysięcy promieni Ziemi. Kopernikowi Słońce wydawało się więc 20 razy bliższe niż w rzeczywistości.

W dalszym ciągu księgi czwartej podane są obliczenia długości i średnicy cienia ziemskiego, czasu trwania zaćmienia, metody obliczania zaćmień Słońca i Księżyca, dalej szczegółowe tablice położenia Księżyca.

Do obserwacji położenia Księżyca używał Kopernik, za przykładem Ptolemeusza, narzędzia paralaktycznego, inaczej zwanego triquetrum, własnoręcznie wykonanego z drzewa. Szczegółowy opis konstrukcji tego instrumentu zamieszcza w księdze czwartej.

## KSIĘGI PIĄTA I SZÓSTA

W ostatnich dwóch księgach swego dzieła rozważa Kopernik zmiany położenia planet w długości (księga piąta) i szerokości ekliptycznej (księga szósta). Były to dwie współrzędne przestrzenne, określające położenie ciała niebieskiego w stosunku do płaszczyzny ekliptyki. Długość ekliptyczna jest to kątowa odległość od punktu równonocy wiosennej, liczona wzdłuż ekliptyki w kierunku wschodnim, szerokość zaś – to wysokość danego ciała nad (lub poniżej) płaszczyznę ekliptyki. Oto jak brzmi wstęp Kopernika:

„Przystępujemy teraz do biegu pięciu planet, których porządek i wielkość dróg bieg Ziemi dziwną zgodnością i stałą proporcją łączy, co w pierwszej księdze w ogóle wyłożone, gdzie pokazaliśmy, że drogi planet nie przy Ziemi, ale raczej przy Słońcu środek swój mają [...]. Wypada nam teraz zająć się ruchem tychże planet, którym odsuwają się one w szerokości, i pokazać, jakim sposobem i nawet w tych biegach pomieniony ruch Ziemi wywiera swój wpływ...”.

68 Główny cel dwóch ostatnich ksiąg stanowi więc szczegółowe



rozwiązanie teorii ruchu planet, a także uwolnienie się od niejednostajności tych ruchów na ekliptyce.

Kopernik wykazuje, że obserwowany ruch planet daje się wytłumaczyć znacznie prostszą metodą, jeżeli przyjąć układ heliocentryczny, w którym obserwator oglądałby planety z ruchomej Ziemi. Duże epicykle, stosowane przez Ptolemeusza dla planet górnych, stanowiące odbicie ruchu orbitalnego Ziemi, stały się niepotrzebne. To samo dotyczyło planet dolnych, u których z kolei duże epicykle były odbiciem ich rzeczywistego ruchu dokoła Słońca.

Ponieważ jednak wprowadzone w nowym systemie kołowe heliocentryczne orbity planetarne nie tłumaczyły nieregularności obserwowanych w ruchach planet oraz zmiennej ich odległości od Słońca (co jest wynikiem ruchu planet po orbitach eliptycznych, zgodnie z I i II prawem Keplera), musiał Kopernik wprowadzić małe epicykle. W odróżnieniu od systemu geocentrycznego, w którym odległości planet od Ziemi były dowolne, w teorii heliocentrycznej wprowadzono dokładnie określone promienie orbit planetarnych, wyrażone w promieniach orbity Ziemi. W ten sposób Kopernik nie tylko zbudował obraz systemu planetarnego, ale również podał jego proporcje.

Jedną z ważniejszych konsekwencji wprowadzenia systemu heliocentrycznego było uwolnienie się od ogromnie skomplikowanych ruchów planet, skoro obserwowane ruchy wsteczne dawały się wytłumaczyć ruchem Ziemi dokoła Słońca. Jednak należy zwrócić uwagę na to, że środki proponowanych przez Kopernika orbit kołowych nie leżały w jednym punkcie, lecz tylko w sąsiedztwie Słońca. I tak na przykład centrum orbity Jowisza leżało w pobliżu orbity Merkurego, zaś centrum orbity Saturna – na zewnątrz orbity Wenus. Wynikało to z przyjętej zasady jednostajnego ruchu po orbitach kołowych, przy których Słońca nie należało umieszczać centralnie.

Osobną część księgi piątej przeznaczył Kopernik na wytłumaczenie ruchu Merkurego. Dla tej planety, leżącej najbliżej Słońca, trzeba było wprowadzić epicykl, którego środek poruszał się po ruchomej orbicie, sama zaś planeta poruszała się ruchem prostoliniowym po średnicy epicyklu. Taki sam efekt można było uzyskać, stosując dwa jednakowe ruchy kołowe w kierunkach przeciwnych.

Na podstawie porównania swoich obserwacji z obserwacjami 69

Ptolemeusza wnioskował Kopernik o ruchu linii apsyd orbity Merkurego. Linia apsyd jest to linia łącząca punkt najbliższy Słońca na orbicie planety, tak zwane perihelium, z punktem najdalszym – aphelium. Podobny ruch znalazł Kopernik również u innych planet. Przesuwanie się linii apsyd, a więc zmiana położenia perihelium danej planety jest wywołana działaniem przyciągającym innych planet, zakłócających ruch danej planety dokoła Słońca.

Szczególną trudność w opracowywaniu teorii ruchów planet stanowiło nachylenie ich orbit względem orbity Ziemi, to jest płaszczyzny ekliptyki. Nachylenia te wynoszą od 1 do 7 stopni, jedynie dla Plutona, nie znanego Kopernikowi – 17 stopni. Kopernik wyznaczył z obserwacji planet te nachylenia, powodujące zmiany odległości planet od płaszczyzny ekliptyki, a więc zmiany szerokości ekliptycznej planet. Chcąc w takim razie dostosować teorię do obserwacji, musiał przyjąć oscylacje płaszczyzny orbity planety, której położenie zmieniało się w stosunku do linii węzłów, to jest linii przecięcia się orbity planety z ekliptyką.

Księga szósta jest ostatnią częścią dzieła, mającą charakter uzupełniający. Po napisaniu początkowych ksiąg Kopernik przystąpił do ponownych obserwacji dla sprawdzenia swej teorii. Być może dlatego tak długo zwlekał z publikacją ksiąg *Obrotów*, ażeby zamieścić w nich wyniki z obszerniejszego materiału obserwacyjnego.

Bardzo obszernym, własnym materiałem obserwacyjnym dotyczącym planet dysponował dopiero w kilkadziesiąt lat później najwybitniejszy astronom drugiej połowy XVI w., uczonej duński Tycho de Brahe, który prowadził ciągłe obserwacje planet, osiągając znaczną dokładność przy wyznaczaniu ich położień.

---

## ZNACZENIE DZIEŁA KOPERNIKA DLA DALSZEGO ROZWOJU ASTRONOMII

Przez całe życie poszukiwał Kopernik prawdy o wszechświecie, przy czym badania astronomiczne były ściśle powiązane z innymi rozważaniami naukowymi. Połączył bowiem zjawiska astronomiczne występujące na niebie ze zjawiskami ziemskimi, stwierdzając jako pierwszy, że Ziemia jest jedną z planet, a zatem ziemskie prawa fizyczne muszą obowiązywać również poza nią.

Ogromnie ważne było wprowadzenie pojęcia względności ruchu do teorii budowy wszechświata. Zasadę taką omawiał co prawda już Euklides w swej *Optyce*, ale Kopernik jako pierwszy zastosował ją do obserwowanych ruchów ciał niebieskich. W układzie planetarnym Kopernika Księżyc znalazł się już nie jako planeta, lecz jako towarzysz Ziemi, jako jej satelita. Należy również zwrócić uwagę na to, że księgi *Obrotów* różniły się od dawniejszych prac astronomicznych zupełnym brakiem spekulacji nie popartych faktami. Kopernik potrafił doskonale powiązać swą teorię z obserwacjami, przy czym nawiązywał we własnych obserwacjach do dawniejszych, wykonywanych nawet w starożytności, aby móc wyliczyć na przykład nowe tablice położeń ciał niebieskich. W wielu wypadkach dowody ilustrował prostymi rysunkami, często też dla wygody czytelnika czy późniejszego użytkownika podawał tablice pomocniczych wielkości. Wynikało to z ogromnej staranności w przygotowaniu pracy, dbałości o wykończenie wszystkich szczegółów.

Księgi *Obrotów*, choć duże objętościowo, pisane były w sposób bardzo lakoniczny, pokrewny dziełom starożytności i średniowiecza. Również wszechświat Kopernika mimo przejścia z systemu geocentrycznego na heliocentryczny był jeszcze bardzo tradycyjny. Słońce nie było jeszcze gwiazdą, jedynie centrum wszechświata, wszechświat zaś był wyraźnie ograniczony pozostającą bez ruchu sferą gwiazd, wreszcie ruch pla-

net po orbitach kołowych nie mógł się obyć bez epicykli. Okazało się też, że wiele wniosków wynikających z treści dzieła zostało wyprowadzonych później, przez następców Kopernika, w miarę uzyskiwania bardziej dokładnych obserwacji.

Żyjący na przełomie XVI i XVII w. matematyk i astronom włoski Galileusz pierwszy obserwacyjnie potwierdził słuszność kopernikowskiej teorii. Skonstruowaną przez siebie pierwszą lunetą z dwoma soczewkami, dającą powiększenie trzydziestokrotne, odkrył w 1609 r. cztery księżycy Jowisza. Stwierdził, że księżycy te krążą wokół tej planety, podobnie jak planety wokół Słońca w systemie Kopernika. Galileusz zaobserwował również fazy Wenus, dające się wytłumaczyć tylko ruchem planety wokół Słońca, w myśl teorii Kopernika.

Liczne obserwacje planet, wykonywane przez wspomnianego wyżej Tychona de Brahe, posłużyły z kolci Janowi Keplerowi do sformułowania i sprawdzenia w latach 1609-1619 praw dotyczących ruchu planet (por. rozdział o ruchu obiegowym Ziemi). Te trzy prawa unowocześniły system Kopernika, choć nie dawały jeszcze odpowiedzi na pytanie, dlaczego Słońca oddziałuje na Ziemię oraz inne planety.

Trzy podstawowe zasady dynamiki, określające zachowanie się ciał pod wpływem sił i wzajemne oddziaływanie ciał, a przede wszystkim prawo ciężenia powszechnego sformułował dopiero w 1687 r. fizyk i astronom angielski Izaak Newton. W tym ostatnim prawie stwierdzał on, że przyciąganie wzajemne dwóch ciał rośnie wraz z iloczynem ich mas, a maleje z kwadratem ich odległości. Znając zatem przyciąganie ziemskie, mógł Newton sprawdzić rachunkowo ruch Księżyca, poruszającego się wokół Ziemi po orbicie eliptycznej, zgodnej z prawami Keplera.

Zagadnienie dwóch przyciągających się zgodnie z prawami Newtona ciał: Słońca i planety, zostało uzupełnione wprowadzeniem do rozważań zakłócającego działania innych planet. Te rozważania opierały się na stwierdzonym już przez Kopernika fakcie obserwacyjnym: ruchu linii apsyd planetarnych.

Wraz z wprowadzeniem teleskopów optycznych próbowano mierzyć paralaksy gwiazd. W latach 1726-1728 astronom angielski James Bradley zaobserwował zmiany położenia gwiazdy  $\gamma$  Smoka, nie dające się wytłumaczyć przesunięciem paralaktycznym (por. s. 55). Bradley stwierdził, że chcąc mieć obraz gwiazdy dokładnie w środku pola widzenia, musi lu-

netę pochylić w kierunku ruchu Ziemi po orbicie dokoła Słońca. Zjawisko to, wynikające ze skończonej prędkości światła i rocznego ruchu Ziemi, nazywane aberracją światła, było pierwszym bezpośrednim dowodem fizycznym ruchu Ziemi dokoła Słońca, a więc pierwszym dowodem słuszności teorii Kopernika.

Pomiary pierwszej paralaksy gwiazdy – czego nie mógł wykonać Kopernik – zostały wykonane dopiero w pierwszej połowie XIX w. W latach 1837–1838 niezależnie od siebie zmierzili paralaksy gwiazd: astronom rosyjski Wilhelm Struve dla  $\alpha$  Lutni i astronom niemiecki Fryderyk Bessel dla gwiazdy 61 Łabędzia.

Tak więc system Kopernika, uzupełniony i podbudowany prawami Keplera i Newtona, obserwacjami aberracji i paralaksy, stał się mocną podstawą nowoczesnej astronomii.

Dla wszystkich nauk przyrodniczych ważne stało się stwierdzenie, że prawa natury są wszędzie jednakowe, czy to na Ziemi, czy też poza nią, że istnieje jedność materii i praw nią rządzących w całym wszechświecie. Kopernikowskie księgi *Obrotów* mogą być na zawsze wzorem publikacji naukowej, w której teoria została ściśle powiązana ze starannie opracowanym doświadczeniem.

Drobiazgowo opracowywane kopernikowskie ruchy planetarne zostały z biegiem lat zmodyfikowane, pozostał jednak precesyjny ruch osi ziemskiej (również w nieco zmienionym ujęciu), ruch linii apsyd, przede wszystkim zaś pozostał najważniejszy element astronomii Mikołaja Kopernika – nowy sposób patrzenia na ówczesnie znany wszechświat, usuwający z centralnego miejsca człowieka i Ziemię, a wprowadzający Słońce:

„IN MEDIO VERO OMNIUM RESIDET SOL”

## UWAGI BIBLIOGRAFICZNE

Czytelnika tej książeczki należałoby zachęcić do sięgnięcia po oryginalny tekst dzieła Mikołaja Kopernika. Z okazji obchodów 410 rocznicy śmierci astronoma ukazało się piękne wydanie książki pierwszej *O obrotach* w tłumaczeniu Mieczysława Brożka, z objaśnieniami Aleksandra Birkenmajera, a także z tekstem łacińskim. Pełny tytuł tego wydania brzmi: Mikołaj Kopernik, *O obrotach sfer niebieskich. Księga pierwsza*, Warszawa 1953. Z wydania tego pochodzą cytowane tu fragmenty.

Pierwsze polskie wydanie dzieł Kopernika ukazało się ponad sto lat temu w tłumaczeniu astronoma warszawskiego Jana Baranowskiego: *Mikołaja Kopernika Toruńczyka O obrotach ciał niebieskich ksiąg sześć*, Warszawa 1854, skąd zaczerpnięte zostały podane tu wyjątki z dalszych ksiąg. Staraniem Polskiej Akademii Nauk ukazać się ma w pięćsetną rocznicę urodzin Kopernika pełny tekst jego dzieła w nowym tłumaczeniu. Natomiast historii wydań ksiąg *O obrotach* poświęcona będzie jedna z następnych książeczek z „Biblioteczki Kopernikańskiej” Towarzystwa Naukowego w Toruniu (TNT).

Omówienie postaci Kopernika to temat szeregu wydawnictw, jakie ukazały się w ostatnich latach, np. H. Barycz, *Mikołaj Kopernik, wielki uczony Odrodzenia*, Warszawa 1953, lub *Mikołaj Kopernik. Szkice monograficzne* pod redakcją J. Hurwica, Warszawa 1965. Wiadomości o rodzinie i pierwszych latach astronoma znajdzie czytelnik w książce: Karol Górski, *Dom i środowisko rodzinne Mikołaja Kopernika*, „Biblioteczka Kopernikańska” TNT, nr 1, Toruń 1968. Wiedzę astronomiczną poszerzyć można, czytając podręczniki szkolne, jak np.: Konrad Rudnicki, *Astronomia. Dla 4 kl. liceum ogólnokształcącego, technikum i liceum zawodowego*, Warszawa 1970, lub akademickie: Eugeniusz Rybka, *Astronomia ogólna*, wyd. 3, Warszawa 1968.

\*

Autorka pragnie gorąco podziękować Prof. Dr W. Iwanowskiej za wszelkie uwagi i krytyczną lekturę maszynopisu.

## SPIS TREŚCI

	str.
Nieco wiadomości z astronomii . . . . .	7
Rzeczywiste ruchy Ziemi . . . . .	7
Pierwotne pomiary astronomiczne . . . . .	12
Ruch Słońca i planet według Ptolemeusza . . . . .	13
Pierwsze informacje o teorii Kopernika: <i>Komentarzyk i Opo- wiadanie pierwsze</i> . . . . .	17
Pierwsze wydanie dzieła Kopernika – <i>Obroty</i> . . . . .	23
Treść <i>Obrotów</i> . . . . .	26
Przedmowa Kopernika – „List dedykacyjny” . . . . .	26
Księga pierwsza . . . . .	30
Księga druga . . . . .	63
Księga trzecia . . . . .	65
Księga czwarta . . . . .	67
Księgi piąta i szósta . . . . .	68
Znaczenie dzieła Kopernika dla dalszego rozwoju astronomii .	71
Uwagi bibliograficzne . . . . .	74



PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE  
ODDZIAŁ W POZNANIU, 1971

Wydanie I. Nakład 9850 + 150. Ark. wyd. 4.  
Ark. druk. 4,75. Papier ilustr. III kl. 80 g.  
82 × 104. Podpisano do druku 7 XII 1971 r.  
Druk ukończono w grudniu 1971 r. Zam. 1662  
D-18. Cena zł 12,-

ZAKŁADY GRAFICZNE W TORUNIU





W ramach „Biblioteczki Kopernikańskiej”, wydawanej przez Towarzystwo Naukowe w Toruniu dla uczczenia pięćsetnej rocznicy urodzin Mikołaja Kopernika, ukazały się już następujące pozycje:

KAROL GÓRSKI

*Dom i środowisko rodzinne Mikołaja  
Kopernika*

BOHDAN RYMASZEWSKI

*Toruń w czasach Kopernika*

WALDEMAR VOISÉ

*Mikołaj Kopernik - dzieje jednego  
odkrycia*

STEFAN CACKOWSKI

*Mikołaj Kopernik jako ekonomista*

MARIAN BISKUP

*Działalność publiczna Mikołaja  
Kopernika*

LEONARD JARZĘBOWSKI

*Biblioteka Mikołaja Kopernika*

JERZY DOBRZYCKI

*Astronomia przedkopernikowska*

W najbliższej przyszłości ukażą się  
m. in.:

*Astronomia w Toruniu,  
mieście rodzinnym Mikołaja Kopernika*  
pod red. C. Iwaniszewskiej

ZENON NOWAK

*Kultura umysłowa Prus Królewskich  
w czasach Kopernika*

Cena zł 12,—