
V roce 1973 uplyne 500 let od narození Mikuláše Koperníka. Čím větší časový odstup nás dělí od doby, ve které žil slavný polský astronom, tím více vystupuje jeho osobnost jako jedna z největších postav světových dějin lidského pokroku. Tři znaky charakterizují jeho velikost: neohroženost, s níž Koperník probíjával své názory i proti tehdejší autoritám, považuje vždy lidský rozum za jedině rozhodující ve všech otázkách vědění, mocná duchovní nezávislost astronoma na starodávných tradicích církve, filosofie a vědy, která mu umožnila vypracovat vědecky správnou teorii sluneční soustavy se Sluncem jako středem a hluboce procítěná lidskost, jež prozařuje všechny jeho činy, kterými se snažil mírnit utrpení svých bližních a které jsou důkazem jeho kritického postoje k tehdejší společnosti.

Nakladatelství Orbis vydává drobný spisek Cecylie Iwaniszewské, v němž autorka věnuje pozornost Koperníkovu hlavnímu dílu *De revolutionibus orbium coelestium* (O pohybech nebeských těles). C. Iwaniszewska rozebírá názorně a zajímavým způsobem toto Koperníkovovo dílo a přibližuje tak v popularizujícím výkladu jeho nesmrtelný odkaz. Koperník patří k lidem, kteří svým geniálním dílem daleko předstihli svou dobu. Svými revolučními objevy překonal vědec tisícileté astronomické dědictví.

ASTRONOMIE

Věk 1380

Kopietka



Vážené paní

J. C. Iwanické
s upřímným pozdravem

Henř Holý

Praha, 19. 2. 1973.



ASTRONOMIE Mikuláše Koperníka

CECYLIA IWANISZEWSKA

ORBIS PRAHA



K 500. výročí narození Mikuláše Koperníka vychází v překladu kniha
Cecylie Iwaniszewské *Astronomia Mikołaja Kopernika*, vydaná v edici
„Biblioteka Kopernikańska“ Towarzystwa Naukowego w Toruniu.

© Państwowe Wydawnictwo Naukowe Warszawa, 1971

Translation © dr. Zdeněk Horský, CSc., 1972



PŘEDMLUVA K ČESKÉMU VYDÁNÍ

Je vždy velmi obtížné hodnotit velké osobnosti. Je to obtížné v době, kdy ještě žijí – autor se v takovém případě vystavuje vždy podezření z patolízalství – a je to ještě obtížnější v době, kdy nás od nich dělí celá staletí. Tehdy se ztrácejí pozvolna z historie podrobnosti, a zbude vždy jen princip. Potom se dotyčná osobnost jeví buď velice pozitivní, nebo velice negativní. Osobnost ostatně asi jiná být nemůže – jinak by nebyla osobností. To platí především pro osoby světské moci nebo pro osobnosti vládnoucí vrstvy vůbec.

Myslím, že případ Mikuláše Koperníka musíme zařadit úplně jinak. Patří mezi největší myslitele všech dob, přičemž jej můžeme klidně označit za jednoho ze zakladatelů exaktního vědění. A exaktní věda má jednu velkou přednost před světskou slávou: přetrvává věky, je nenapadnutelná, pokud její výsledky jsou správné a pokud její posuzovatelé myslí ve stejných principech, jako její autor. Výsledky exaktního bádání jsou tedy neotřesitelné a z toho plyne i neotřesitelnost pověsti jejich autorů.

Tento fakt zřejmě sehrál podstatnou úlohu v otázce studia a hodnocení Mikuláše Koperníka, jehož dílo si zjednalo úctu a respekt všech kulturních lidí už dávno, i když prošlo ohněm papeženecké kritiky v dobách inkvizitorů, mučících Giordana Bruna a Galilea Galileiho. Tím spíše se potvrzovala vždy znovu a znovu správnost Koperníkova názoru, který „zastavil Slunce a pohnul Zemí“, jak praví nápis na Koperníkově pomníku v Toruni.

Osobnost tohoto druhu stála tedy za to, aby se za ni leccos schovalo, případně aby se jí leckdo pyšnil. A tak není bez zajímavosti si všimnout v historii bádání o Koperníkově osobnosti a díle některých neobyčejně zajíma-

vých faktů, zejména pak jejich politického využití. Koperníkova osobnost a dílo jsou totiž skvělým příkladem, jak zdánlivě nepolitická věda je záležitostí hluboce politickou.

Politický význam Koperníkova díla vyvstal prakticky ihned po vytištění jeho stěžejního díla „De Revolutionibus“. Celá řada církevních činitelů si tehdy zřejmě uvědomila hloubku dosahu Koperníkových myšlenek, které ukazovaly zcela nový pohled na svět. Tento svět přestal být středem všehomíra, stalo se jím do té doby celkem podřadné Slunce, kolem něhož vše ostatní obíhá. Zejména když Koperník našel následovníky v Giordanu Brunovi (upálen r. 1600 v Římě) a Galileovi, jehož inkviziční proces je dostatečně znám, tehdy se ukázal dosah Koperníkova díla v plném rozsahu a toto dílo bylo zakázáno. Bylo zakázáno proto, že tehdy vševládající církev římská nemohla se smířit s myšlenkou, že její od věků hlásaný názor o dokonalosti vesmíru, stvořeného Bohem, utrpěl porážku, neboť zákonitosti tohoto vesmíru daleko jasněji a srozumitelněji vyjádřilo dílo Mikuláše Koperníka.

Když o století později Isaac Newton definitivně potvrdil správnost názorů Koperníka, Bruna, Galilea a Keplera, nezbylo, než aby církev se přizpůsobila a přestala s absurdním bojem proti Koperníkovu dílu. Jeho vítězství nad zastaralými názory a církevním tmářstvím tak bylo dovršeno. Jeho dílo se ukázalo být skutečným základem moderní astronomie a stalo se nesmrtelným.

Znovu se objevila politická stránka jeho osobnosti a díla o další dvě století později, když v osmdesátých letech minulého století vychází v Berlíně obsáhlé životopisné dílo pana Prowa, věnované Koperníkovu zhodnocení.

V této době vrcholícího prušáctví, v době spějící k vrcholu imperialistických orgií první světové války se snaží v díle věnovaném Císařské a Královské Výsosti ukázat, že tento Mikuláš Koperník byl odjakživa Němec, což dokazuje kromě jiného i jeho rodové jméno „Koppernigk“, polatinštěné na „Coppernicus“. Jeho matka z rodu Watzenrode byla zcela jistě německého původu. Nedosti na tom. V tomto díle jsou velice taktně probrány některé choulostivé otázky z doby Koperníkovy politické aktivity, kdy na polském sněmu kritizoval zlehčování mince ve východním Prusku v mincovnách řádu německých rytířů, což dokazuje už samo o sobě, že Koperník asi velkým přítelem této loupežné organizace nebyl. Zkrátka Koperník se v určité době tomuto autorovi velice dobře hodil k tomu, aby dokazoval na jeho osobnosti staré kulturní tradice prušáctví. A tak tehdy došlo k novému vydání Koperníkova „De Revolutionibus“.

400 let, které uplynuly r. 1943 od smrti Mikuláše Koperníka, se stalo záminkou k vydání knihy pánů Papritzeho a Schmaucha v roce 1943, ve sbírce „Německo a východ – prameny a bádání k dějinám jejich vztahů“. V této knize, tištěné na válečném dřevnatém papíře, oba autoři dokazují, že nebylo v Prusku nikdy většího Němce nad Koperníka. Je to pro ně Nikolaus Kopernikus, a jdou dokonce tak daleko, že přímo prohlašují, že není důvodu považovat jej za Poláka, ale naopak, vše svědčí o tom, že byl vždy Němcem. A pokud se v tomto spise mluví o vědeckém díle, pak je zařazeno do oddílu o německé astronomii.

Bádání celé řady historiků vedou dnes k nepochybnému závěru, že Koperník byl přece jen slovanského původu. Že psal v latině a němčině je zdůvodněno velice prostě tím, že jeho vzdělání bylo německé a latinské,

i když svá studia začínal na Jagellonské universitě v Krakově – vždyť tenkrát se na všech universitách přednášelo latinsky! Chtěli jsme předchozími řádky pouze ukázat, jaký může být politický dosah díla autora, od jehož narození roku 1973 uplyne 500 let. Takový autor už stojí za to, aby se za jeho autoritu a národnost bojovalo.

Oslava tohoto kulturního výročí, jednoho z nejvýznamnějších pro lidstvo v poslední době, si zasluhuje mimořádné pozornosti. V Polsku je tomu věnována řada slavnostních zasedání, vědeckých symposií, je vydávána řada spisů tohoto vědce. Shodou mnoha náhod se dochoval i původní rukopis Koperníkova stěžejního díla „De Revolutionibus“, který byl uložen v pražské Universitní knihovně a roku 1953 byl z iniciativy Luisy Landové-Štychové věnován polskému státu. Tak se tento cenný spis vrátil tam, kde vznikl. Byla vydána již jeho faksimile, tak jako už došlo v Praze k vydání faksimile tzv. basilejského vydání tohoto spisu ze sbírek pražské Universitní knihovny, které je cenné tím, že jsou v něm vlastnoruční poznámky velkého dánského astronoma Tychona Braha, který počátkem 17. století pracoval i v Praze na dvoře Rudolfa II. a jehož měření se stala výchozím materiálem pro práci Jana Keplera, který právě na těchto měřeních dokázal platnost zákonů pohybu těles sluneční soustavy podle Koperníkovy teorie.

Spisek paní Cecylie Iwaniszewské poskytuje přehlednou informaci o hlavních myšlenkách Koperníkova stěžejního díla. Pečlivý překlad, provedený našim nejpopovolanějším odborníkem pro otázky astronomické historie, jistě poslouží všem, kdo se o dílo Mikuláše Koperníka zajímají. Pokud bude někdo mít potřebu podrobnějšího poznání, pak lze doporučit už uvedené faksimile basilejského vydání s úvodem a vysvětlivkami dr. Z. Horského

(vyšlo r. 1972 v ČTK – Pragopress v omezeném počtu výtisků), případně některé další knihy, z nichž je velmi vhodná např. kniha G. Revzina „Mikuláš Koperník“, vydaná v Praze v českém překladu r. 1952 nakladatelstvím Osvěta.

Co říci na závěr tohoto úvodu? Snad jen to, že svou prací a hlavně vytrvalostí, se kterou dokázal toto dílo dovést do konce, se stal Mikuláš Koperník vzorem pro mnoho pozdějších pokolení. Svým dílem pak položil základ moderní astronomie, která došla dnes už tak daleko, že v komplexu lidského vědění dokázala vytvořit podmínky ke splnění dávného snu lidstva – nejen zastavit Slunce a pohnout Zemí, ale pomoci člověku odpoutat se od Země. Na počátku startu umělých družic a kosmických sond je vždy výpočet dráhy. Tento výpočet vychází z podmínek, stanovených právě na základě myšlenek Koperníkových, rozvinutých Keplerem a Newtonem.

Dr. Boris Valníček, CSc.

ÚVOD K PRVNÍ KNIZE „Soudím, že z mnoha různých oborů věd a umění, jimiž se tříbí lidské nadání, je třeba se především věnovat těm a s největší horlivostí pracovat v těch, které se zabývají věcmi nejkrásnějšími a nejvíce hodnými poznání. Takové jsou ty, které se obírají božskými oběhy vesmíru, během planet, jejich velikostmi, vzdálenostmi, východem a západem a příčinami ostatních nebeských úkazů a konečně vysvětlují jejich celé uspořádání . . .“

Mikuláš Koperník, O oběžích

1/ NĚCO Z ASTRONOMICKÝCH ZNALOSTÍ

Úkolem této práce je seznámit čtenáře s výkladem astronomie Mikuláše Koperníka, jak je obsažena v jeho díle *De revolutionibus – O oběžích*. Aby další úvahy byly lépe srozumitelné, je třeba v krátkosti vyložit pohyby, které vykonává Země, zmínit se o starých astronomických měřeních a o jejich užitečnosti pro každodenní život a konečně vysvětlit základy Ptolemaiova geocentrického systému.

SKUTEČNÉ POHYBY ZEMĚ

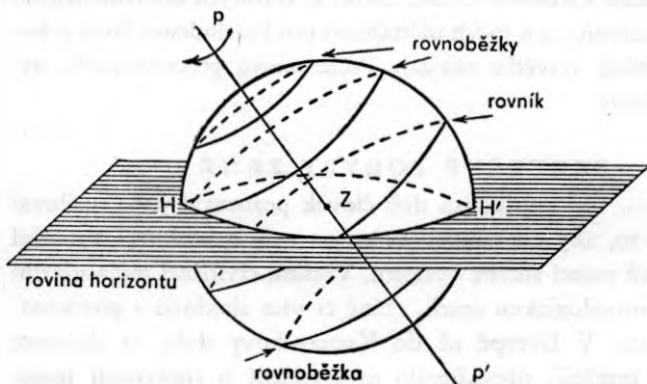
Od nejstarších dob člověk pozoroval nebe, usiloval o to, aby porozuměl jevům na nebi a postupně vytvářel své pojetí stavby vesmíru. Většina civilizací měla vlastní kosmologickou teorii, méně či více shodnou s pozorováním. V Evropě až do Koperníkovy doby (a dokonce i později) převažovalo přesvědčení o správnosti ptolemaiovského geocentrického systému. V tomto systému se planety a Slunce pohybovaly kolem Země (řecky *gea*), kdežto v Koperníkově systému se planety pohybovaly kolem Slunce (řecky *helios*), a proto se také tento systém nazývá heliocentrický.

Teorie geocentrického i heliocentrického systému byly spojeny s interpretací řady jevů pozorovaných na nebi. Některé z těchto jevů souvisely s pohybem Země jako stanovištěm člověka-pozorovatele. Je proto třeba pozdržet se u toho, jaké pohyby Země skutečně vykonává.

Tři hlavní pohyby, které Koperník zahrnul do svého systému, jsou: pohyb otáčivý, pohyb oběžný a pohyb precesní. Výklad těchto pohybů podle první knihy Oběhů je podán dále, zde se omezíme pouze na všeobecný výklad.

Pohyb otáčivý

Je to pohyb Země kolem polární osy od západu na východ za 24 hodin. Důsledkem tohoto pohybu je zdánlivý pohyb nebeské klenby, jež pozorujeme na Zemi v opačném směru, tj. od východu na západ, vycházení a zapadání nebeských těles na horizontu a jev dne a noci.



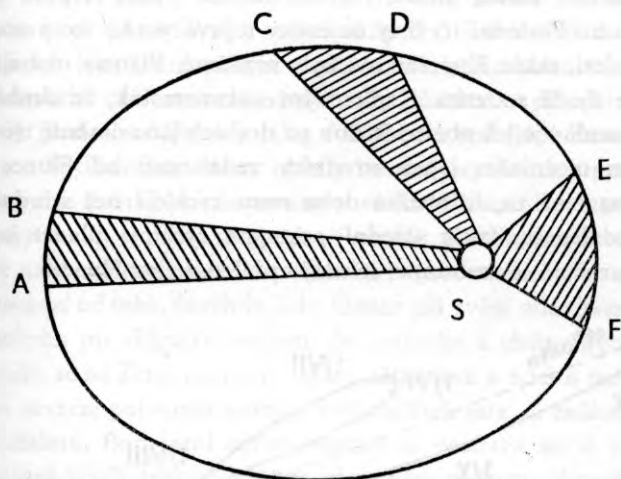
Otáčivý pohyb Země a zdánlivý pohyb nebeské klenby. Z – Země, znázorněná jako bod; HH' – horizont pozorovacího místa; PP' – zemská osa

Zdánlivý denní pohyb všech nebeských těles se děje kolem polární osy podél kružnic k ní kolmých (rovnoběžek) a rovnoběžných s rovinou rovníku. Tyto kružnice, roviny a osa vznikají tak, že se až na nebeskou klenbu prodlouží zemské kružnice, roviny a osa, které na zeměkouli vytvářejí základ sítě geografických souřadnic.

Na to, jak se nám na Zemi jeví zdánlivý pohyb nebe, má rovněž vliv sklon roviny pozorovatelova horizontu k rovině rovníku, což souvisí se zeměpisnou šířkou pozorovacího místa.

Pohyb oběžný

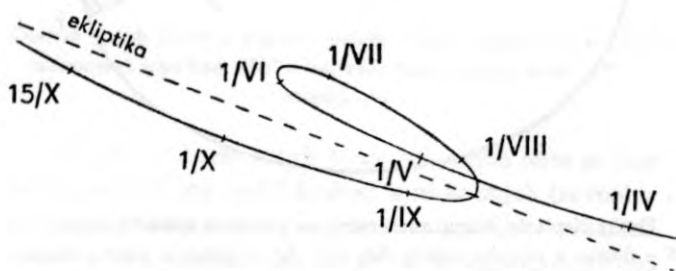
Je to pohyb Země za dobu jednoho roku západním směrem po eliptické dráze, v jejímž jednom ohnisku je Slunce (první Keplerův zákon). Ve shodě s druhým Keplerovým zákonem je tento pohyb po elipse nerovnoměrný. Země se pohybuje rychleji v té části své dráhy, která je Slunci nejbližší, a pomaleji v části, která je od Slunce vzdálenější.



Druhý Keplerův zákon, znázorněný na přehnaně zploštělé elipse.
 S – Slunce v ohnisku elipsy; AB, CD, EF – úseky, o které planeta postoupila za stejný časový interval; šrafované plochy – plochy opsané za stejné časové úseky průvodičem planety, tj. úsečkou spojující Slunce s planetou

Důsledkem tohoto pohybu Země je zdánlivý nerovnoměrný pohyb Slunce východním směrem v rovině, která se nazývá rovinou ekliptiky. Je možno jej pozorovat jako posouvání Slunce o zhruba jeden stupeň za den vzhledem k nebeské klenbě v pásu zodiakálních (zvířetníkových) souhvězdí. Těchto souhvězdí je dvanáct, právě tolik, co má rok měsíců. Slunce se vždy po jednom měsíci přesouvá do jiného souhvězdí (znamení). Jména těchto znamení, počínaje od jarních, jsou: Beran, Býk, Blíženci, Rak, Lev, Panna, Váhy, Štír, Střelec, Kozorožec, Vodnář a Ryby.

Ostatní planety také krouží kolem Slunce v eliptických drahách, a to v tomto pořadí od Slunce: Merkur, Venuše, Země, Mars, Jupiter, Saturn, Uran, Neptun a Pluto. Poslední tři byly objeveny teprve v 18., 19. a 20. století, takže Koperníkovi byly neznámé. Planety obíhají ve shodě s třetím Keplerovým zákonem tak, že druhé mocniny jejich oběžných dob po drahách jsou úměrné třetí mocninám jejich středních vzdáleností od Slunce. Znamená to, že oběžná doba roste rychleji než střední vzdálenost, takže střední postupná rychlost planet se zmenšuje se vzrůstající střední vzdáleností od Slunce.



Postupně po sobě následující polohy Marsu na obloze, pozorované ze Země

Pozorovatel na pohybující se Zemi pozoruje planety pohybující se kolem Slunce, avšak s odlišnými rychlostmi. Proto se mu zdá, že planety se pohybují nepravidelně; jednou že se pohybují ve směru shodném s pohybem Země, jindy ve směru opačném, takže zdánlivá dráha planety na nebi se pozemskému pozorovateli může jevit v podobě smyčky.

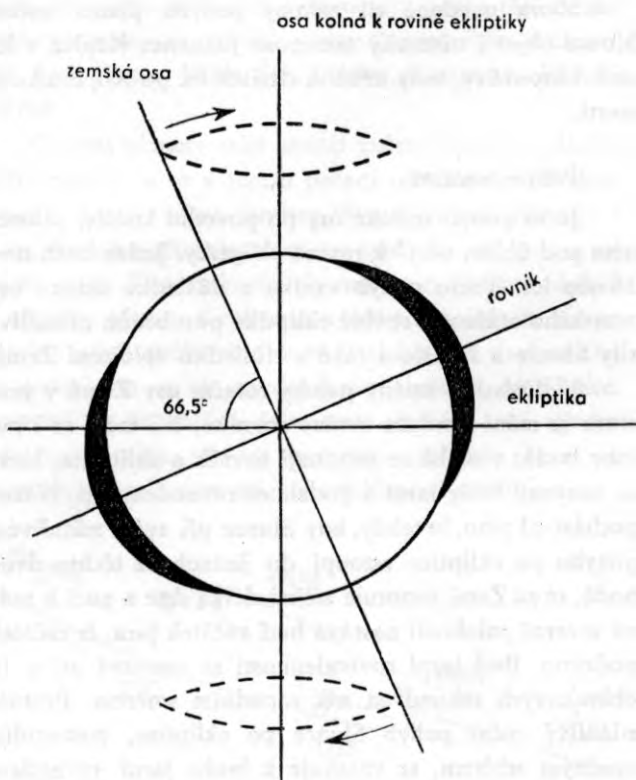
Shora uvedené tři zákony pohybu planet kolem Slunce objevil německý astronom Johannes Kepler v letech 1609–1619, tedy několik desítek let po Koperníkově smrti.

Pohyb precesní

Je to pohyb zemské osy po povrchu kužele, skloněném pod úhlem $66,5^\circ$ k rovině ekliptiky. Jeden oběh trvá 26 000 let. Tento pohyb vzniká v důsledku sklonu osy zemského otáčení k rovině ekliptiky působením přitažlivé síly Slunce a Měsíce a také v důsledku zploštění Země.

V důsledku změny polohy rotační osy Země v prostoru se mění i poloha roviny rovníku, čili mění se i polohy bodů, v nichž se protínají rovník a ekliptika, které se nazývají body jarní a podzimní rovnodennosti. Název pochází od toho, že tehdy, kdy Slunce při svém zdánlivém pohybu po ekliptice vstoupí do jednoho z těchto dvou bodů, se na Zemi pozoruje stejná délka dne a noci a tedy na severní polokouli nastává buď začátek jara, či začátek podzimu. Bod jarní rovnodennosti se posouvá asi o 50 obloukových sekund za rok západním směrem. Protože zdánlivý roční pohyb Slunce po ekliptice, postupující opačným směrem, se vztahuje k bodu jarní rovnodennosti, je délka takto stanoveného roku, zvaného tropickým, kratší než délka tzv. hvězdného roku, vztáženého k libovolné hvězdě, protože ta se precesního pohybu ne-

zúčastňuje. Délka tropického roku obnáší 365,2422 dne, hvězdného 365,2563 dne. Název precese pochází od latinského slova *praecessio*, tzn. předcházení, protože rovníkennostní bod se tak, jako by předcházel jiné hvězdy, přibližuje ke Slunci a zkracuje dobu trvání tropického roku o 0,0141 dne vzhledem k hvězdnému roku.



Precesní pohyb zemské osy. Země je znázorněna jako silně zploštělé těleso

PŮVODNÍ ASTRONOMICKÁ MĚŘENÍ

Pozorující po dlouhou dobu Slunce, mohli starověcí učenci měřit délku i směr stínu vrženého jednoduchým přístrojem, zvaným gnómón. Jak délka, tak i směr vrženého stínu se během dne mění. Na základě rozboru těchto změn bylo možno určit tři veličiny, významné pro další astronomická pozorování:

1. Směr vrženého stínu v okamžiku, kdy stín je nejkratší, byl nazván severním směrem. Pro dané místo byl stálý. Po stanovení ostatních světových stran bylo možno určit polohu pozorovaného nebeského tělesa vzhledem k jedné ze světových stran, tedy k jedné z částí horizontu a tudíž i určit první souřadnici.

2. Měření délky stínu vrženého gnómónem dávalo potom zprávu o výšce Slunce nad obzorem. Výška je tou druhou souřadnicí určující polohu nebeského tělesa.

3. Okamžik, kdy byl stín gnómónu nejkratší a tedy Slunce bylo nejvýše, byl nazván polednem daného místa. Interval mezi dvěma po sobě následujícími poledny na témže místě dal potom základní jednotku času – sluneční den.

Když byl nalezen způsob určení polohy tělesa na nebeské klenbě a také jednotka času, bylo možno pozorovat změny v postavení Slunce ze dne na den, změny míst východů a západů Slunce na horizontu, jakož i změny délky dne. Všechny tyto změny očividně pocházejí od těch pohybů Země, které byly vyloženy v předchozím.

Časový interval mezi dvěma po sobě následujícími jarními rovnodennostmi [přesněji: mezi dvěma po sobě následujícími průchody Slunce průsečíky ekliptiky a rovníku, které pro severní polokouli znamenají počátek jara] určoval další časovou jednotku – tropický rok. Protože však délka roku není souměřitelná s délkou dne (neboť

tropický rok trvá 365,2422 dne), vyplynul z toho pro astronomy praktický úkol vytvořit kalendář, který by stanovil civilní rok tak, aby se co nejvíce přibližoval tropickému roku.

Kromě uvedených pozorování Slunce, potřebných v praxi pro určení ročních dob, které vyznačují rytmus života na Zemi, astronomové pozorovali i změny v postavení planet na nebeské sféře a pokoušeli se také předpovědět jejich budoucí polohy. Mělo to koneckonců také praktický význam, když se tehdy všeobecně věřilo, že určitá postavení planet mají vliv na život na Zemi a na osud člověka. Sestavování tzv. horoskopů není vlastně ničím jiným než předpovídáním příštích osudů člověka na základě postavení planet na nebi ve významných okamžicích jeho života, a nauka, která se tím zabývala, se nazývala astrologie.

POHYB SLUNCE A PLANET PODLE PTOLEMAIA

Uvedené skutečné pohyby Země byly vysvětleny v Koperníkově heliocentrické teorii, zatímco pozorovaný zdánlivý pohyb nebeské klenby a spolu s ním pohyb planet kolem Země se stal základem geocentrického systému.

Protože odedávna byl kruh považován za nejdokonalější geometrický tvar, proto i pohyb Slunce a planet se v geocentrickém systému, tj. kolem Země, musel odehrávat po kruhových drahách, podle tohoto pořadí: Měsíc, Merkur, Venuše, Slunce, Mars, Jupiter, Saturn a sféra stálic. Protože však přímý pohyb planet po kruhových drahách nevystihoval pozorované změny v polohách planet, byl vytvořen systém pomocných kruhů. (V Ptolemaiově systému, o němž bude pojednáno dále, bylo celkem 41 kruhů.) Po hlavním kruhu, zvaném deferent,

který byl veden kolem Země jako středu, postupoval střed kruhu zvaného epicykl, po němž se pohybovala daná planeta. Byly dokonce užívány i epicykly druhého řádu a také excentry, tj. kruhy, jejichž středy byly mimo Zemi.

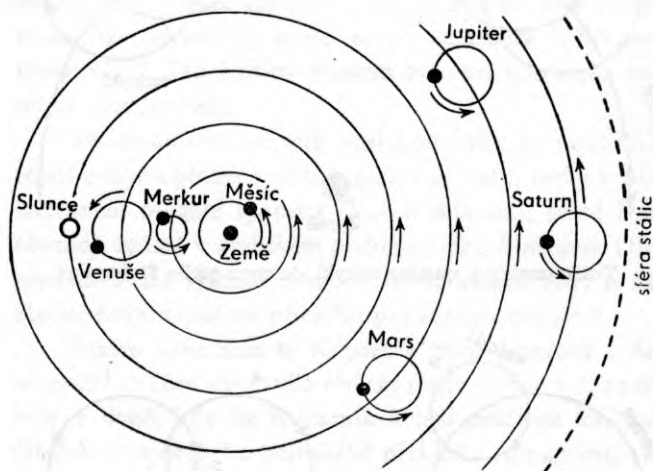
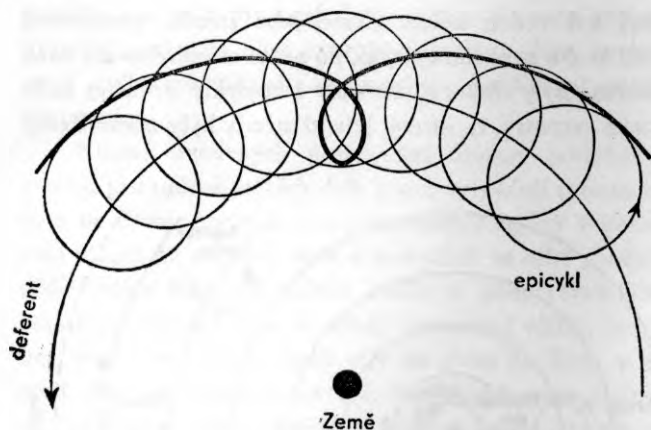
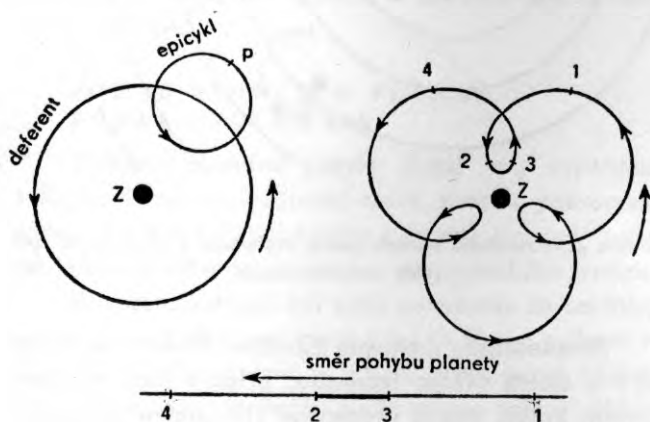


Schéma geocentrického systému podle Ptolemaia, s vynecháním epicyklů druhého řádu

Alexandrijský astronom Klaudios Ptolemaios, který žil v 2. století našeho letopočtu, připojil řadu zlepšení k teorii kruhů, kterou vypracoval Hipparchos. Při pečlivém pozorování Slunce se ukázalo, že se pohybuje v různých ročních dobách různě rychle (podle druhého Keplerova zákona). Proto byl pro Slunce doplněn malý epicykl, který se otáčel západním směrem jednou za dobu celého oběhu deferentu východním směrem. Získaný pohyb Slunce v průběhu roku pak byl nerovnoměrný.



Vznik smyčky v systému epicykl–deferent podle Ptolemaia



Změny směru pohybu planety P pozorované ze Země v systému epicykl–deferent podle Ptolemaia.

1, 2, 3, 4 – postupné polohy planety pozorované ze Země, ležící v rovině dráhy planety. 1–2 – pohyb planety doleva, 2–3 – pohyb planety doprava, zdánlivý zpětný pohyb; 3–4 – znovu pohyb planety doleva

Kromě deferentů a epicyklů, které byly užívány s navzájem různými rozměry a pohyby, Ptolemaios vypracoval i pojem ekvantu. Jestliže byla Země umístěna mimo střed deferentu, pak bylo možno nalézt bod, vzdálený od středu deferentu stejně jako Země, ale v protilehlém směru tak, že střed epicyklu planety, pozorován z tohoto bodu (tzv. ekvantu), musel se po deferentu pohybovat rovnoměrně. Pro každou planetu bylo při tom třeba stanovit jiný ekvant.

Ptolemaiovou největší zásluhou bylo, že uspořádal teorii pohybu planet v jeden celek a sepsal ji řecky v díle nazvaném *Megale syntaxis* (Velká skladba), které bylo obecněji známo v arabském překladu jako *Almagest*. Dílo představovalo syntézu tehdejší astronomické vědy a základní astronomickou příručku pro mnoho pokolení.

Jakým způsobem se Koperník mohl seznámit s *Almagestem*? Toto dílo vyšlo tiskem řecky teprve v r. 1538, tedy v době, kdy již Koperník končil práci na knihách *Oběhů*. Více čerpal z latinského překladu *Almagestu*, vydaného r. 1515 podle překladu z arabské verze, který pořídil Gerhard z Cremony v r. 1175. Exemplář tohoto vydání, náležející kdysi Koperníkovi a obsahující řadu jeho vlastnoručních oprav, je nyní v Universitní knihovně v Uppsale.

2/ PRVNÍ INFORMACE O KOPERNÍKOVĚ TEORII: MALÝ KOMENTÁŘ A PRVNÍ ROZPRAVA

Jak píše profesor Karol Górski, Koperník se mohl setkat s astronomií již v Toruni, kde jako malý chlapec jistě slychal o řediteli farní školy při kostele sv. Jana Konrádu Gesseleniovi, který se horlivě zabýval astronomií.

V době studia na krakovské universitě v letech 1491 až 1495 Koperník bezpochyby navštěvoval astronomické přednášky. Jak vyplývá ze zachovaných spisů, v tomto oboru se na krakovské universitě přednášely tyto výklady: Eukleidova geometrie, teorie planet s komentářem Vojtěcha z Brudzewa (tento astronom tehdy již sám nekonal astronomické přednášky), tabulky zatmění, Regiomontanův Kalendář a astrologie podle Ptolemaiova traktátu. Studenti se tehdy učili hlavně podle přednášek, protože příručky byly vzácností. Je však známo, že Koperník v Krakově měl vlastní exemplář Eukleidových Základů, Regiomontanových Tabulek a Tabulek krále Alfonse Kastilského.

Tyto astronomické tabulky si Koperník vzal s sebou, když v r. 1496 odjížděl na další studium do Itálie. Na přání svého poručníka, strýce s matčiny strany biskupa Lukáše Watzenroda tam měl studovat práva, avšak současně prohluboval i své astronomické znalosti.

V Bologni se Koperník setkal s profesorem astrologie na boloňské universitě Domenikem Mariou Novarou. Novara byl horlivým pozorovatelem Slunce; je možné, že

Nicolai Copernici

de Hypothesibus motuum caelestium.

à se compositis

commentariis

Vultitudinem orbium caelestium: quos nostros
cum maximis ob causas: posuisse videtur, ut apparenti
in sideribus motuum sub regularitate saluarentur.

Valde enim absurdum videbatur caelesti corpore in
absolutis & similitudine non semper aequi moueri.

Fieri autem posse aduersoriam, ut et compositione
atque conuersione in motuum regularium, diuersimode
ad aliquem situm moueri quippiam uideretur.

Id quod aliqui & Eutychus per concentricos
circulos destruere laborantes non potuerunt.

Et hic cum in motu siderum se tenere rationem
ad solum eorum motum circa revolutiones siderum
uidentur, uerum etiam quod sidera motu suo
leui in sublimi, modo de cetero nobis uidentur,
motu concentricis minime iustinet. Itaque potest

sententia uisa est per concentricos & epicyclos
id agi, in qua uerum maxima pars sapientum
conuenit. attamen quae de Ptolemaeo et plerisque
alijs passim de his prolata fuerunt, quamquam ad om-
nem uerum responderent, non paruum diuagari uidebantur

habere

MS.

C.

Titulní strana jedné ze zachovaných kopií pojednání
Mikuláše Koperníka Commentariolus.

vlastně on získal Koperníka pro astronomické pozorování. Rozhodně však první, skutečně doložené Koperníkovy pozorování pochází z 9. března roku 1497; týká se zákrytu jedné z jasných hvězd Měsícem.

Po návratu z Itálie v r. 1503 Koperník strávil několik let v blízkosti biskupa Watzenroda jako jeho sekretář a konečně v r. 1510 se usídlil ve Fromborku, kde mu příslušelo místo kanovníka.

Je možné připustit, že přesvědčení o nutnosti vytvořit nový systém stavby vesmíru Koperník nabyl již v době svých universitních studií v Krakově a v Itálii. Můžeme přibližně určit období, kdy přistoupil k propracování podrobné heliocentrické teorie. V předmluvě k prvnímu vydání *Oběhů*, napsané r. 1542, uvedl, že byl povzbuzován, „aby ono dílo, které setrvalo utajeno ve skrytosti ne snad jen devět let, ale již čtvrté desetiletí, konečně vydal a povolil mu vstoupit na denní světlo . . .“ Koperník se tu odvolává na známou radu Horatiovu, požadující pozdržet a opravovat dílo po devět let. Z uvedených „čtyř desetiletí“, tedy z doby od 28 do 36 let před datem předmluvy, čili rokem 1542, je možno usoudit, že Koperník začal psát své dílo mezi roky 1507 a 1515.

Protože chtěl seznámit nejbližší přátele s náčrtem své teorie, Koperník (před rokem 1515) napsal několikastránkovou rozpravu ve formě dopisu, jehož kopie byly bezesporu rozeslány astronomům. Originál této práce se nezachoval. Nalezeny byly pouze kopie, první z nich v r. 1878 v císařské knihovně ve Vídni. Podle počátečních slov této rozpravy „Nicolai Copernici de hypothesibus motuum caelestium a se constitutis commentariolus“, což znamená „Mikuláše Koperníka malý komentář o jím vypracovaných hypotézách nebeských pohybů“, se tato práce nazývá *Commentariolus* – *Malý komentář*.

**AD CLARISSIMUM VIRVM
D. IOANNEM SCHONE
RVM, DE LIBRIS REVOLVTIO
nũ eruditissimi viri, & Mathema
tici excellentissimi, Reuerendũ
D. Doctoris Nicolai Cos
pernici Torunnzi, Can
onici Varmien
sis, per quendam
Iuuenem, Ma
thematicæ
studio
sum
NARRATIO
PRIMA.**

ALCINOVS.

Αὐτὸς ἔστιν ὁ πρῶτος τῶν γεγραμμένων ἀλλοτρίων

Koperník v této práci vyložil popisným způsobem, bez matematických důkazů, v několika bodech zásady své heliocentrické teorie, jmenovitě:

1. Není jednoho bodu, který by byl středem všech nebeských těles a jejich drah.

2. Střed Země není středem světa, je pouze středem tíže a středem dráhy Měsíce.

3. Všecka nebeská tělesa obíhají kolem Slunce jako svého ústředního bodu, proto je Slunce položeno v blízkosti středu světa.

4. Poměr vzdálenosti Země od Slunce k výšce firmamentu (tj. nebeské klenby) je o tolik menší než poměr zemského poloměru k vzdálenosti Země od Slunce, že vzdálenost Země od Slunce je nepatrná ve srovnání s výškou firmamentu. Znamená to, že změna polohy pozorovatele, způsobená ročním pohybem Země kolem Slunce a způsobující zdánlivé posouvání hvězd, tzv. roční paraktický pohyb, je příliš malá vzhledem k nesmírné vzdálenosti nebeské klenby a tedy i hvězd od pozorovatele, než aby takový pohyb mohl být pozorován.

5. Všechny pohyby, které se pozorují na firmamentu, vznikají z pohybu Země. To totiž ona spolu s nejbližšími živly (vodou a vzduchem) se otáčí jednou za 24 hodin kolem pólů, které mají vůči nebi stálou polohu.

6. Všechno, co se zdá být pohybem Slunce, nepochází z jeho pohybu, ale z pohybu Země a její sféry, spolu s níž obíhá kolem Slunce právě tak jako každá jiná planeta. Z toho vyplývá, že Země vykonává zároveň několik pohybů.

7. Právě tak přímý i zpětný pohyb, který se pozoruje u planet, není jejich vlastním pohybem, ale klamem vznikajícím vlastním pohybem Země. Pohyb Země dostačuje k výkladu nepravidelností pozorovaných na nebi.

Pro nebeská tělesa Koperník přijal rovnoměrný kruhový pohyb. Zavrhl Ptolemaiovy excentry a ekvanty a zavedl kruhové dráhy. Planeta se pohybovala po nevelkém kruhu, jehož střed obíhal po obvodě jiného kruhu a opět střed tohoto se pohyboval po kruhové dráze kolem Slunce. Pomocí takového systému kruhů bylo možno vysvětlit pozorovaný pohyb planet s výjimkou Merkuru, pro nějž bylo třeba vytvořit komplikovanější systém. Bylo však ještě třeba doplňujícího kruhového pohybu, jímž se vysvětlovalo vychylování planet z roviny ekliptiky (neboť ve skutečnosti dráhy planet neleží přímo v této rovině).

Koperník tu do své teorie zabudoval princip relativnosti pohybu (body 5, 6 a 7), který podrobněji vysvětlil ve svém hlavním díle, v *Oběžích*. Velmi významné je rovněž přesvědčení, že skutečnou délkou oběhu Země kolem Slunce je hvězdný a nikoli tropický rok. Tyto a jiné úvahy jsou obsaženy v *Malém komentáři* bez podrobnějšího rozboru. Teprve v knihách *Oběhů* Koperník podepřel svou nauku o pevný teoretický základ.

Malý komentář, který zpočátku koloval v opisech mezi přáteli, se během doby pravděpodobně stal poněkud známějším ve vědeckých střediscích Evropy. Wittenberský matematik Jiří Joachim von Lauchen, nazývaný podle svého rodného kraje Récie (Rakouska) Reticus, se rozhodl, že osobně pozná autora nové teorie, a v r. 1539 přišel do Fromborku. Setrval tam dva roky, seznamoval se s principy heliocentrické teorie a přesvědčoval Koperníka, aby své dílo vydal. Nástin Koperníkovy teorie vydal Reticus r. 1540 v Gdaňsku tiskem ve formě dopisu astronomovi Janu Schonerovi. Práce má název: „Ad clarissimum virum D[ominum] Joannem Schonerum de libris revolutionum eruditissimi viri et Mathematici excellentissimi, Reverendi D[omini] Doctoris Nicolai Coper-

nici Torunnaei, Canonici Varmiensis, per quendam Iuvenem Mathematicae studiosum Narratio Prima“, což znamená: „První rozprava o knihách oběhů od velmi vzdělaného muže a znamenitého matematika, velebného pana doktora Mikuláše Koperníka, Toruňana, kanovníka varmijského, sepsaná pro slavného muže pana Jan Schönera jedním mladíkem studujícím matematiku“. V krátkosti se tato práce nazývá *Narratio prima* – První rozprava.

Rozprava představuje první tištěnou vědeckou informaci o Koperníkově teorii, obsahující výtah z šesti knih *Oběhů*. Reticova práce byla publikována rovněž v r. 1541 v Basileji.

3/ PRVNÍ VYDÁNÍ KOPERNÍKOVA DÍLA OBĚHY

Na svém epochálním díle Koperník pravděpodobně pracoval od r. 1515 do r. 1533. Látku původně rozvrhl do 8 knih, později do sedmi a posléze do tisku odevzdal 6 knih. Dnes je obtížné stanovit, v jakém pořadí Koperník své knihy sepisoval, když o postupu své práce neinformoval ani své přátele. Podle uveřejněných pozorování lze předpokládat, že do r. 1525 byly sepsány první čtyři knihy a dvě zbývající až po roce 1530.

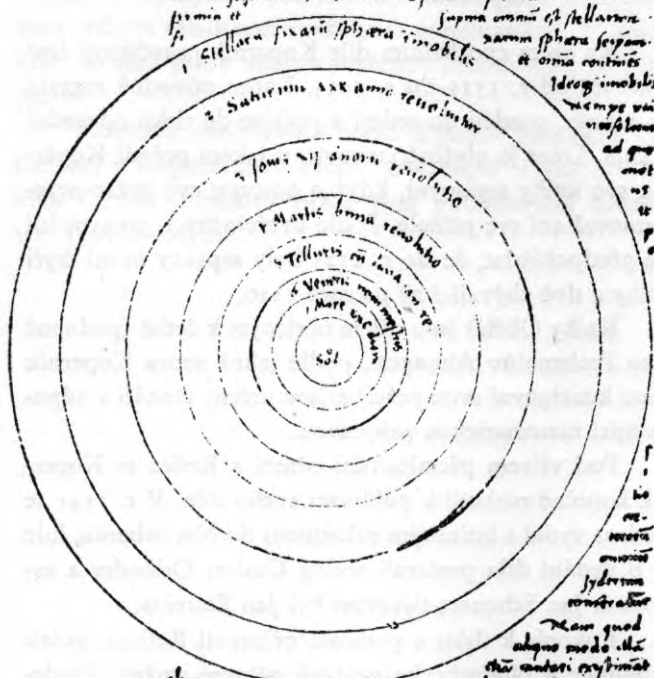
Knihy Oběhů jsou dílem obtížným k četbě (podobně jako Ptolemaiov Almagest, podle jehož vzoru Koperník často koncipoval svou práci) a jsou určeny čtenáři s odpovídající matematickou průpravou.

Pod vlivem přemlouvání přátel a Reticus se Koperník konečně rozhodl k publikaci svého díla. V r. 1541 se Reticus vydal s latinským rukopisem do Norimberka, kde se o vydání díla postarali teolog Ondřej Osiander a astronom Jan Schoner; tiskařem byl Jan Petreius.

Rukopis k tisku v podstatě připravil Reticus, avšak Osiander v Norimberku provedl některé změny. Především přidal k dílu předmluvu, v níž o heliocentrické teorii psal jen jako o jedné z možných hypotéz, která pouze usnadňuje výpočty, avšak vůbec nemusí být pravdivá. Ani Koperníkův text nebyl zachován v úplnosti, některé úseky Osiander vypustil, některé stylisticky pozměnil, při čemž porušil jejich původní smysl, a konečně vytvořil i název: Nicolai Copernici Torinensis De Revolutionibus

ratione ipsa vacante; merito enim commutatio allegabit
 q̄ ut magnitudine orbium multitudine typis notatur; orbis spha-
 rarum sequit̄ in hunc modū: a fine capientes minimū
 p̄minā et

supra omnē est stellarum
 rarum sphaera septem
 et omnia continēs



Ideō immobilis
 nempe vi
 visibiles
 ad gra-
 mot
 ut
 p̄

f
 ho
 or-
 vocat
 omnia
 system
 revolvitur

Non quod
 aliquo modo illa
 sta antea existimat

aliqui
 in delusionē in hoc terrę stris signabimus causam. Sequit̄
 errantem primum Saturnus: qui sex annis suū complet̄ circuitū
 itā post hunc quater duodecimale revolutio mobilis demit
 Mars vero qui bis annis circuit. Quartū in ordine anna revolutio
 terra optinet: in quo tercia cum orbis lunari tamē conjunctio
 contineri dicimus. Quinto loco Venus nono mense revoluitur

Systém vesmíru podle Koperníkova rukopisu

Orbium coelestium libri sex, tedy „Mikuláše Koperníka Toruňského šest knih o obězích nebeských sfér“. Není známo, jaký název chtěl dát svému dílu sám Koperník. V dedikačním dopise papeži Pavlu III., který Koperník odeslal do Norimberka v r. 1542 a který je uveden v prvním vydání díla z r. 1543, Koperník užívá obratu „knihy o obězích sfér světa“. Avšak v rukopise na konci 5. knihy je Koperníkovou rukou psáno: „Konec páté knihy Oběhů“. Tentýž název uvedl rovněž Reticus v První rozpravě. Proto je třeba připustit, že autentický název by zněl: „Nicolai Copernici Revolutionum libri sex“, tedy „Mikuláše Koperníka šest knih Oběhů“.

Možná, že název Oběhy nebyl s dostatek obecně srozumitelný, a proto časem se došlo k tomu, že byla dána přednost neautentickému názvu „O obězích nebeských sfér“, když slovo „orbis“ se chápe jako „sféra“. Celý koperníkovský vesmír se skládal z takových heliocentrických sfér, takže jedna byla uzavřena v druhou. Na každé sféře byla dráha jedné planety. Sféry nemusely být reálné, mohly být považovány pouze za pomocné při rozboru kinematických problémů. Rozhodně název prvního vydání v polštině, které v r. 1854 pořídil Jan Baranowski, „O obězích nebeských těles“, velmi často citovaný, vůbec nevystihuje Koperníkovu představu.¹ Rukopis Oběhů s četnými změnami a opravami, zanesenými Koperníkovou rukou, je nyní v Jagellonské knihovně v Krakově,

¹ Tento překlad zřejmě ovlivnil i některé cizojazyčné překlady (např. německý) a i ve starší české literatuře o Koperníkovi se běžně vyskytují názvy „O obězích nebeských těles“ či ještě častěji „O pohybech nebeských těles“ (tak např. i v Příručním slovníku naučném, díl 2, NČSAV Praha 1963), jejichž nesprávnost byla zřejmě také ovlivněna překladem Baranowského. *Pozn. překl.*

které byl postoupen v r. 1953 Státní a universitní knihovnou v Praze.

Mikuláš Koperník zemřel ve Fromborku 24. května 1543. Není známo, zda skutečně ještě před smrtí spatřil své vytištěné dílo, jak to podává tradice. Je však jisté, že Reticus rozdal Koperníkovým přátelům exempláře jeho díla (škrtaje přitom na titulním listu slova „orbium coelestium“, která doplnili vydavatelé), jak to dosvědčuje zachovaný dopis Tidemana Giesa z 26. července 1543, v němž děkuje za zásilku.

4/ OBSAH OBĚHŮ

KOPERNÍKOVA PŘEDMLUVA -
„DEDIKAČNÍ DOPIS“

Za předmluvu k Oběhům je možno považovat „Dedikační dopis“, adresovaný papeži Pavlovi III., který Koperník napsal v r. 1542. V tomto dopise autor vysvětlil genezi díla, důvody pozdržení publikace, uvedl své prvotní vědecké prameny a nakonec vyslovil přesvědčení o pravdivosti své teorie. Rukopis tohoto dopisu se nedochoval, znám je pouze z prvního norimberského vydání Oběhů. Adresát dopisu, papež Pavel III. (Alexander Farnese), který držel papežský stolec v letech 1534–1549, byl znám všestranným vzděláním a všestrannými zájmy, které zaměřoval zejména k uměleckému, literárnímu a vědeckému dění. Koperník jej počítá mezi „vzdělané matematiky“, jichž vzpomíná v dedikaci; tímto názvem označoval všeobecně učence, počítaje v to i astronomy.

Již z prvních slov „Dopisu“ je zřejmé, že Koperník předvídal názorovou revoluci, jakou jeho teorie může vyvolat. Píše totiž:

„Zajisté s určitostí mohu počítat s tím, Svatý Otče, že někteří jakmile se doslechnou, že jsem v těchto knihách, které jsem napsal o obězích sfér světa, přisoudil Zemi některé pohyby, ihned strhnou pokřik, že si zasloužím, abych byl pro takovou domněnku rázně umlčen. Nejsm totiž zdaleka natolik zahleděn do svých názorů, abych bedlivě nevážil, co o nich budou soudit jiní...“

Podle Koperníka vědec není povinen důvěřovat tradičnímu názoru, ale neustále usilovat o poznání pravdy, neboť „úvahy filosofovy jsou daleky úsudku prostého lidu, protože snahou filosofa je hledat pravdu ve všech věcech, nakolik to jen je lidskému rozmyslu od Boha povoleno . . .“

Pak následuje vysvětlení, proč bylo dílo publikováno s tak velkým zpožděním. Autor, odvolává se tu na pythagorovskou zásadu, že výsledky práce nemají být zpřístupňovány širokým kruhům, a odvolává se na řecký dopis Lysidův (známý mu z latinského překladu z r. 1503), který se zabývá touto věcí, píše:

„. . . A tak když jsem sám rozvažoval, za jak ne-smyslnou budou považovat moji řeč ti, kteří názor, že Země nehybně spočívá uprostřed nebe jako jeho střed, uznávají jako názor ověřený úsudky mnohých staletí, také jsem sám pochyboval, zda kdybych naproti tomu tvrdil, že Země se pohybuje, mám zveřejnit své úvahy sepsané na dokázání jejího pohybu, anebo zda by nebylo vhodnější následovat příkladu pythagorovců a některých jiných, mezi nimiž bylo zvykem, že nesdělovali tajemství filosofie písemně, ale pouze od úst k ústům je předávali jakoby z ruky do ruky výhradně svým příbuzným a známým, jak to dosvědčuje Lysidův dopis Hipparchovi. Případá mi, že to nedělali proto, jak někteří myslí, že by ne-
přáli sdělit tato učení jiným, aby se vědění stalo obecným majetkem, ale proto, aby věci nejkrásnější a získané usilovným bádáním vynikajících mužů nebyly vystaveny pohrdání těch, kteří jsou buď líní zahloubat se do věd, leč snad pouze do těch, které by přinášely zisk, anebo kteří, kdyby byli pobídkami i příkladem jiných dovedeni k ušlechtilému studiu filosofie, by se přece pro tupost svého nadání motali mezi filosofy tak jako trubci mezi

včelami. Když jsem tedy o tom všem uvažoval, pohrdání, které jsem pro novost a nezvyklost mého názoru mohl očekávat, mě přivedlo k tomu, abych započaté dílo vůbec přerušil.“

Dále Koperník ujišťuje, že to byli jeho přátelé, kteří jej přemluvili k otištění díla, a to Mikuláš Schonberg, který mu v r. 1536 psal a domáhal se vydání díla anebo aspoň pořízení kopie rukopisu, která by mu byla předána do Říma, a dále Tideman Giese, Koperníkův nejbližší přítel, který byl po určitou dobu rovněž kanovníkem ve Fromborku a který velmi naléhal, aby Oběhy byly vydány tiskem.

O motivech, které jej vedly k hledání nové teorie stavby vesmíru, vypovídá Koperník tímto způsobem:

„... k přemýšlení o jiném způsobu výpočtu pohybu sfér světa mě nepřivedlo nic jiného než poznání, že matematikové sami se neshodují v jejich zkoumání. Předně nejsou si natolik jisti o pohybu Slunce a Měsíce, že nesvedou ani určit, ani uchovat stálou velikost ročního oběhu. Dále při stanovení oběhu jak těchto, tak i ostatních pěti oběžnic ani neužívají těchže principů a úsudků, ani těchže zdůvodnění jevících se pohybů a oběhů. [. . .] A nemohli určit ani vyvodit ze svých postupů základní věc, to jest tvar světa a určitou symetrii jeho částí. Naopak [. . .] v postupu důkazů, který se nazývá metodou, se shledá, že buďto minuli něco nutného, anebo připustili něco cizího, co k věci vůbec nepatří. A to by se jim vůbec nemohlo stát, kdyby vycházeli z nepochybných principů. Kdyby hypotézy, které přijali, nebyly klamně, všechno, co by z nich vyplývalo, by se bez pochyby ověřovalo . . .“

Jak je z předcházejícího textu vidět, Koperník považoval za konečný cíl vědeckého bádání logický a přesný racionální výklad. A zase o tom, jak důkladně se připra-

voval k sepsání svého díla, jak studoval dostupnou literaturu, jež se k jeho tématu vztahovala, svědčí následující slova:

„... Proto jsem podstoupil tu práci, že jsem znovu přečetl knihy všech filosofů, které jsem mohl získat, hledaje, zda snad některý z nich se někdy nedomníval, že pohyby sfér světa jsou jiné, než jak vykládají ti, kteří na školách učí matematice.“

Nesporně našel zmínky o vědcích, kteří se dohadovali možnosti pohybu Země, ve spisech Ciceronových a Plutarchových:

„Tohoto podnětu se chopiv, začal jsem i já přemýšlet o pohyblivosti Země. Vzdor tomu, že takový názor se zdál protismyslný, když jsem viděl, že již jiným přede mnou byla přiznána svoboda, aby vymýšleli libovolné kruhy k výkladu hvězdných jevů; měl jsem za to, že i mně je bez překážek dovoleno, abych zkoumal, zda by se daly nalézt k oběhu nebeských sfér pevnější výklady, než byly výklady předchůdců tehdy, připustí-li se nějaký pohyb Země.“

Když tímto způsobem vysvětlil genezi své teorie, Koperník dále vyslovil své přesvědčení o její pravdivosti a nastínil plán celého díla:

„A tak já při tom uspořádání pohybů, které Zemi dále ve svém díle připisuji, jsem konečně po mnohém a dlouhém pozorování shledal, že jestliže se pohyby ostatních planet přenesou na oběh Země a to se stane základem pro oběh kterékoli planety, nejen že tak vyjdou jejich zdánlivé pohyby, ale i pořadí a velikosti všech planet a sfér a celé nebe se tak dokonale navzájem propojí, že v žádné jeho části není možno cokoliv přemístit, aniž by se uvedly v nepořádek všechny ostatní části a celý vesmír.“

Proto také i v postupu tohoto díla jsem sledoval to pořadí, že v první knize popisují všechny polohy sfér a spolu s tím pohyby Země, které jí přidělují, aby tato kniha obsahovala jakoby společné uspořádání vesmíru. Ve zbývajících knihách pak uvedu ve vztah pohyby ostatních planet a všech sfér s pohyblivostí Země, aby z toho bylo možno poznat, nakolik mohou být zachráněny pohyby a jevy ostatních planet a sfér, jestliže jsou vztaženy na pohyb Země. Nepochybuji, že bystří a vzdělaní matematikové se mnou budou souhlasit, jestliže budou chtít poznat a promýšlet do hloubky a ne jen povrchně to, co jsem v tomto díle snesl na důkaz těchto věcí.“

Koperník předvídal kritiku své práce a pospíšil si s ujištěním, že z jeho učení bude možno vyvodit závažné praktické důsledky, spojené s reformou kalendáře. O juliánském roku, který byl ustanoven Juliem Caesarem a který byl v Koperníkově době ještě užíván (trval 365,2500 dne), se zřetelně ukazovalo, že se příliš odlišuje od délky tropického roku, takže v tomto ohledu okamžik jarní rovnodennosti připadal již na 11. místo na 21. března. To dalo podnět k diskusi o reformě stávajícího kalendáře. Koperník byl rovněž vtažen do této diskuse.

Na výzvu předsedajícího komise pro reformu kalendáře na V. lateránském koncilu (1512–1517), učeného Vlása Pavla z Middenburgu, biskupa ve Fossombronu, k vědcům celého světa o posouzení otázky projektované reformy kalendáře se do Říma scházela četná korespondence. Byla tam rovněž i Koperníkova odpověď, která se bohužel nedochovala.

Teprve v r. 1582, tedy již po Koperníkově smrti, papež Řehoř XIII. zavedl novou délku roku, zvaného gregoriánský, který trvá 365,2425 dne, což vedlo k lepší shodě s délkou tropického roku.

Navazuje na diskusi o reformě kalendáře, Koperník napsal: „Jestliže se snad najdou hlupáci, zcela neznalí matematických věd, osobující si právo o nich soudit kvůli nějakému místu z Písma, které k svému účelu překroutí, a odváží se kárat a napadat toto mé učení, na ty nic nedám, a to do té míry, že i jejich posudky budu pohrdat jako nezaprostmi. . . . A tak ať se adeptům vědy nezdá nijak podivným, jestliže nějakí takoví lidé se budou smát také nám.“

Matematická díla jsou psána pro matematiky, kterým se bude zdát, pokud mě můj názor neklame, i toto naše dílo přispívat něčím i té církevní obci, v jejímž čele nyní stojí Tvoje Svatost. Neboť není tomu tak dávno, co se za Lva X. na lateránském koncilu probírala otázka opravy církevního kalendáře. Ta tehdy zůstala nerozhodnuta pouze z toho jediného důvodu, že délky roků a měsíců a pohyby Slunce a Měsíce se dosud nezdály dosti přesně proměřeny. A právě od toho času jsem si usmyslel, že je budu pečlivěji pozorovat, vybidnut k tomu vynikajícím mužem Pavlem, biskupem fossombronským, který tehdy předsedal onomu jednání. Co však jsem v této věci dosáhl, ponechávám úsudku především Tvé Svatosti a všech ostatních učených matematiků.“

PRVNÍ KNIHA

Autor rozdělil každou knihu na řadu krátkých kapitol, kterým dal názvy. V první knize je 14 takových kapitol. Jak již Koperník sám naznačil v předmluvě, je tato kniha věnována všeobecnému výkladu nové teorie a odvolává se více na filosofické než matematické důkazy. Podle starověkého vzoru tu je přijato, že koule je nejideálnějším tvarem a že ideálním pohybem je rovnoměrný pohyb v kruhu. Výklad koperníkovské astronomie, jak je

obsažen v této knize, je jasný a srozumitelný a nevyžaduje speciální matematické přípravy. Proto z něj uvádíme rozsáhlé úryvky.

Vstup

V této části autor určuje místo astronomie mezi jinými vědami, její praktické úkoly, vypočítává nesrovnalosti v dosud dosažených výsledcích astronomického bádání a porovnává výsledky svého zkoumání s dřívějšími. Soustřeďuje při tom pozornost k tomu, že čím delší dobu jsou vedena astronomická pozorování, tím větší je jejich hodnota, a rovněž naopak, jestliže předpokládaná astronomická teorie je chybná, pak její nesouhlas s pozorováním se po delším čase projeví výrazněji. Tyto názory jsou aktuální podnes.

„Soudím, že z mnoha různých oborů věd a umění, jimiž se tříbí lidské nadání, je třeba se především věnovat těm a s největší horlivostí pracovat v těch, které se zabývají věcmi nejkrásnějšími a nejvíce hodnými poznání. Takové jsou ty, které se obírají božskými oběhy vesmíru, během planet, jejich velikostmi, vzdálenostmi, východem a západem a příčinami ostatních nebeských úkazů a konečně vysvětlují jejich celkové uspořádání. Vždyť co je krásnější nad nebe, které obsahuje všechno krásné? Však to konečně hlásají sama jména: caelum a mundus, tento název pro čistotu a ozdobu, onen pro dílo řezbářské. Nebe samo pro jeho velkou vznešenost nazývali mnozí filosofové viditelným bohem. A proto, jestliže hodnoty věd se oceňují podle předmětu, o němž pojednávají, daleko nejvznešenější bude ona věda, kterou jedni nazývají astronomií, jiní astrologií, mnozí pak ze starších vrcholem matematiky. Jsouc zajisté hlavou vznešených věd, nejdůstojnější pro svobodného člověka, opírá se

o skoro všechna odvětví matematiky. Aritmetika, geometrie, optika, geodézie, mechanika, a jsou-li ještě jiné obory, všechny se k ní přimykají.

Úkolem všech věd je odvracet od chyb a mysl člověka řídit k lepšímu, ale tato věda pro neuvěřitelnou duševní radost to může dokázat v mnohem plnější míře. [. . .] Jak veliký pak užitek a ozdabu přináší astronomie státu, ať již pomíneme nesčetné výhody soukromníků, velmi dobře postřehl Platón. V sedmé knize Zákonů soudí, že astronomie je proto nejpotřebnější, že čas, rozdělený její pomocí řadou dní na měsíce a roky a také na svátky a obětní dny, udržuje obec živou a bdělou. A jestliže někdo snad popírá, praví Platón, že je nutná člověku, který se hodlá věnovat kterékoli z nejlepších věd, bude soudit zcela pošetile, a má za zcela nemožné, aby se někdo mohl stát božským či aby tak mohl být nazýván, kdo nemá nutného vědění ani o Slunci, ani o Měsíci a ostatních planetách.

Na druhé straně však tato věda, spíše božská než lidská, která hloubá o věcech nejvyšších, nepostrádá neshodami, obzvláště proto, že většina těch, kteří si předsevzali se jí zabývat, se mezi sebou neshodla stran jejich principů a tvrzení, které Řekové nazývají hypotézami, protože se neopírali o stejné důvody. Další neshoda pak je v tom, že běh planet a oběh hvězd nemohl být určen přesným počtem a nemohl být doveden k dokonalé znalosti leč během doby a když byla vykonána mnohá pozorování, v nichž se, abych tak řekl, předával budoucímu pokolení z ruky do ruky. Neboť ačkoli alexandrijský Klaudios Ptolemaios, který podivuhodnou zběhlostí a pílí daleko předčí ostatní, přivedl po více než čtyřicetiletém pozorování tuto vědu téměř k nejvyšší dokonalosti, až se zdálo, že již nic nechybí, čím by se nebyl zabýval, přece vidíme,

že mnohé se neshoduje s tím, jak by to mělo být podle jeho podání, neboť byly objeveny ještě některé jiné pohyby, které on ještě neznal. Z toho důvodu i Plutarchos, když mluví o ročním oběhu Slunce, říká: „Až do této doby pohyb planet překonává vědění matematiků.“ Vždyť mohu uvést jako příklad rok sám, a pokládám za známé, jak protichůdná mínění o něm vždy byla, až mnozí ztratili naději, že se dá nalézt jeho přesný výpočet.

A přece, aby se nezdálo, že jsem pod záminkou této nesnáze nečinně složil ruce v klín, pokusím se [. . .] bádát o těchto věcech šíře, poněvadž mám o to více opor, které by pomáhaly našemu učení, oč ve větším časovém odstupu nás předešli pracovníci v této vědě, s jejichž výsledky bude možno srovnávat i to, co také od nás bylo nalezeno jako něco nového. Mimo to přiznávám, že o mnohých věcech budu pojednávat jinak než předchůdci, ač i na základě výtěžků jejich práce, poněvadž oni udělali první krok ke zkoumání právě těchto věcí.“

Prvé tři kapitoly první knihy se týkají tvaru vesmíru a tvaru Země. Charakteristická je skutečnost, že Koperník položil kapitolu o kulatosti vesmíru na sám počátek díla. Profesor Birkenmajer to vykládá tím, že Koperník se tu řídil vzorem *Almagestu*, který mu byl dobře znám.

1. kapitola

„O tom, že svět je kulatý“

Koperník se tu ztotožňuje s dlouhou dobu platným názorem o kulatosti vesmíru. Konečnost vesmíru, která z toho vyplývá, není Koperníkovým jednoznačným přesvědčením, neboť v 8. kapitole téže knihy píše:

„. . . Zda tedy svět je konečný či nekonečný, ponecháme rozboru fyziologů . . .“ (to znamená fyziků).

V Oběžích otázka nekonečnosti vesmíru nehrála základní roli, protože při úvahách o kinematice sluneční soustavy bylo dostačující, že hvězdy jsou natolik vzdáleny od Země, že leží zcela vně sluneční soustavy a jsou nehybné a že jejich rozmístění v prostoru není významné pro pohyby v sluneční soustavě.

„Na počátku si musíme všimnout toho, že svět je kulatý, jednak proto, že tento tvar sám je ze všech nejdokonalejší, nepotřebující žádného spojení, že je neporušenost sama, které nelze nic přidat ani ubrat, jednak že je nejobjemnější ze všech tvarů, a tedy nejspíše přísluší tomu, co má všechno obejmout a uchovat, jednak také proto, že samostatné části světa (uvádím Slunce, Měsíc a hvězdy) se spatřují v takovém tvaru, a konečně také proto, že všechno směřuje k tomu, aby bylo tímto tvarem ohraničeno, což se ukazuje na kapkách vody a na ostatních kapalných tělesech, když sama od sebe usilují ohraničit se. A tak nikdo nebude pochybovat o tom, že takový tvar je přisouzen božským tělesům.“

2. kapitola

„O tom, že také Země je kulatá“

„Je zřejmé, že také Země je kulatá, protože ze všech stran se opírá o svůj střed. Ačkoli při veliké výšce hor a hloubce dolin není ihned vidět dokonalou kulatost, přece to zhola nic nemění na celkové kulatosti Země. Zřetelně se to ukazuje takto: Těm, kteří odkudkoli postupují k severu, se poněkud zvedá pól denního oběhu, kdežto druhý, protilehlý, o tolikéž klesá, a ukazuje se, že na severu více hvězd nezapadá a na jihu některé již více nevycházejí. Tak Kanopus, který je vidět v Egyptě, není vidět v Itálii. [. . .] Rovněž i samy výšky pólů jsou vždy

přímo úměrné vyměřeným částem zemského povrchu, což nenastává při žádném jiném tvaru než při kouli. Z toho je zřejmé, že i Země je uzavřena mezi póly, a proto je kulatá. Dodejme ještě, že večerní zatmění Slunce a Měsíce nepozorují obyvatelé východu, a ranní zase ti, kteří žijí na západě, avšak ta, která jsou uprostřed dne, vidí oni později, tito však dříve.

Že do téhož tvaru se seskupují i vody, potvrzují plavci: Neboť pevnina, kterou není vidět s paluby, je vidět s vrcholku stožáru, a naopak, je-li něco lesklého upevněno na vrcholku stěžně, těm, kteří zůstali na břehu, když plavidlo odplouvá od pevniny, se zdá, že to pomalu klesá, až to posléze zmizí, jako by zapadlo. Je známo, že také vody plynoucí podle své přirozenosti míří vždy do nižších míst, právě tak jako země, avšak od břehu netíhnou více, než kolik dovoluje jeho vypouklost. A tak se shoduje se skutečností, že země je o tolik vyšší, nakolik vystupuje z oceánu.“

Shora uvedené důkazy kulatosti Země byly typické pro klasické prameny, Koperník je přejímal podle Plinia a Ptolemaia. Dnes je rovněž možno uvádět tytéž důvody pro kulatost Země a je možno ještě doplnit důkaz z tvaru stínu Země, který se při zatmění Měsíce ukazuje na jeho disku – tento důkaz byl znám již ve starověku –, anebo je možno uvést důkazy podle tvaru Země, jak se jeví na snímcích z umělých družic. V prvním přiblížení se Země považuje za kulatou, ve skutečnosti však je poněkud zploštělá na pólech, jsouc tak podobná rotačnímu elipsoidu, i když i od tohoto tělesa se poněkud odlišuje. Uvádí se, že Země má tvar geoidu, ale pro mnohé úvahy je i dnes možno přijmout, že v prvním přiblížení je Země kulatá.

3. kapitola

*„O tom, jak země s vodou vytváří
jedinou kouli“*

V této kapitole termín „země“ neoznačuje zeměkouli, ale jeden ze čtyř takzvaných elementů či přírodních živlů. Byly to: země, voda, vzduch a oheň.

„Oceán obklopující Zemi, vytvářeje tu a tam moře, vyplňuje její hluboké prolákliny. A proto bylo třeba, aby bylo méně vod než pevniny, aby – ježto oba živly směřují podle své tíže do téhož středu – voda nepohltila všechnu zemi, ale aby ponechala některé části země a také porůznu rozmístěné četné ostrovy pro přebývání živočichů. Neboť co jiného je i sám kontinent se všemi zeměmi světa než ostrov, jenže větší než ostatní?“

Dále přistupuje polemika s tvrzeními jiných vědců, že vodního živlu je desetkrát více než zemského živlu. Koperník zdůvodnil, že i kdyby zemského elementu bylo jenom sedmkrát méně než vody, pak by vzhledem k různosti celkového objemu těchto dvou elementů buďto musel být celý element země ponořen ve vodě, anebo by vodní element zaujímal místo ve středu Země. Protože nelze přijmout ani první, ani druhý závěr, není také možné, aby vody bylo desetkrát více než země. Koperník rovněž potvrzuje, že střed zemské tíže a geometrický střed Země jakožto tělesa se ztotožňují. A proto dále uzavírá:

„Z těchto všech věcí konečně pokládám za zřejmé, že země i voda tíhnou k jedinému středu tíže, jenž není odlišný od středu velikosti Země. Protože země je těžší, její rozestouplé části se vyplňují vodou. A proto ve srovnání je méně vody než země, byť se jen podle povrchu zdálo, že snad vody je více. Vždyť je nutné, aby země spolu s obklopující jí vodou měla ten tvar, který ukazuje

její stín, a ten zatemňuje Měsíc úseky dokonalého kruhu. Země tedy není plochá, [. . .] ani tvaru bubnu, [. . .] ale má tvar dokonale kulový.“

4. kapitola

„O tom, že pohyb nebeských těles je rovnoměrný, kruhový, nepřetržitý, anebo z kruhových pohybů složený“

Zde je sneseno nejvíce tradičních argumentů mluvících ve prospěch rovnoměrných pohybů v kruzích, jejichž kombinace musí vystihnout pozorované jevy. Koperník tu již ohlašuje nutnost připustit pohyb Země, a tak přerušit tradici, ač zde ještě sám na tradici navazuje tím, že tvrdí, že pro Zemi jako kouli je kruhový pohyb pohybem přirozeným.

„Po tom připomeneme, že pohyb nebeských těles je kruhový. Schopností pohybu koule totiž je otáčet se v kruhu, při tom touto činností vyjadřuje svůj tvar jako tvar nejjednoduššího tělesa, kde nelze nalézt ani začátek, ani konec, ani oddělit jedno od druhého, když pohybem na stejném místě se vrací do původní polohy. S ohledem na počet sfér je však více pohybů. Nejzřejmější ze všech je každodenní oběh, který Řekové nazývají nychthéméron, to je trvání dne a noci. Soudí se, že tímto pohybem se celý svět otáčí od východu k západu, s výjimkou Země. Tento pohyb se bere za společnou míru všech pohybů; vždyť také čas sám měříme nejčastěji počtem dnů.

Dále spatřujeme jiné oběhy, jakoby mířící nazpět; to je od západu k východu, a sice oběh Slunce, Měsíce a pěti planet. Tak Slunce nám rozděluje rok, Měsíc měsíce, nejběžnější to časové míry; a tak také každá z ostatních pěti planet vykonává svůj oběh. Jsou však mnoho-

násobně odlišné, a to především proto, že sledující šikmo položený zvířetník neobíhají kolem těchže pólů jako onen první pohyb, dále proto, že se neshledává, že by při svém oběhu postupovaly rovnoměrně. Vždyť se pozoruje, že že Slunce a Měsíc jsou v oběhu někdy pomalé, někdy rychlejší. Avšak u ostatních pěti planet také někdy shledáváme, že se někdy také pohybují zpět a že tu a tam se zastavují. A jestliže Slunce postupuje stále a přímou cestou vpřed, ony rozličným způsobem bloudí, vybočující hned k jihu, hned k severu; podle toho jsou nazývány planety. K tomu připočti, že někdy jsou Zemi blíže, říká se, že jsou v perigeu, někdy jsou vzdálenější, a říká se, že jsou v apogeu.

Nicméně je nutno přiznat, že tyto pohyby jsou kruhové nebo složené z více kruhů, protože nepravidelnosti tohoto druhu zachovávají určitý řád a pravidelně se opakující počáteční postavení, což by se nemohlo stát, kdyby nebyly kruhové. Jedině kruh totiž může znovu přivádět k tomu, co již bylo. Právě tak, možno říci, že nám Slunce přivádí zpět nestejnou délku dní a nocí a čtyři roční období pohybem složeným z kruhů, v němž je možno rozlišit více pohybů, neboť není možné, aby se jednoduché nebeské těleso na jediné sféře pohybovalo nerovnoměrným pohybem. K tomu by totiž mohlo dojít buď pro nestálost pohybující síly, způsobenou zvnějšku či pro její vnitřní povahu, anebo pro proměnnost tělesa uváděného v oběh. Protože však náš intelekt se obojího děsí a je nedůstojné myslet si něco takového o tom, co je sestrojeno v nejlepší uspořádání, je třeba uzavřít, že jejich rovnoměrné pohyby se nám jeví jako nerovnoměrné buď proto, že póly oněch kruhů jsou různé, anebo proto, že Země není ve středu kruhů, ve kterých obíhají, takže nám, pozorujícím se Země (protože se mění vzdálenost) se zdá

pohyb těchto planet větší, jsou-li blíže, než jsou-li vzdáleny, jak je to dokázáno v Optice. (Odkazuje se tu na Euklidovu Optiku – pozn. C. I.) Tak kvůli různé vzdálenosti pozorovatele se na stejných obloucích za stejný čas objeví nestejně pohyby.

Především z této příčiny považují za nezbytné, abychom bedlivě zkoumali, jaké postavení má Země vůči nebi, abychom, zatímco chceme probádat oblasti nejvyšší, netrpěli neznalostí věcí nám nejbližších a abychom v důsledku této chyby nepřisuzovali nebi to, co přísluší Zemi.“

5. kapitola

„Zda Zemi přísluší kruhový pohyb a o jejím místě“

V této kapitole Koperník zvláště vysvětluje vztažnost pohybů pozorovaných se Země, která se ve skutečnosti pohybuje. O tom, že pozorování pohybu pochází i od klidu či pohybu pozorovatele, mluví již Euklides ve své Optice a rovněž i jiní autoři, kteří se ve starověku zabývali optikou. Avšak Koperník byl prvním astronomem, který tento princip uplatnil ve výkladu planetární soustavy.

„Právě teď bylo dokázáno, že také Země má tvar koule. Domnívám se, že je třeba zkoumat, zda také její pohyb se řídí jejím tvarem a jaké místo ve vesmíru zaujímá, bez čehož nelze nalézt správný výklad jevů na nebi. O tom, že Země nehybně stojí uprostřed světa, pánuje mezi autory většinou shoda, takže by pokládali za hloupé či dokonce za směšné myslet si něco opačného. Jakmile však tuto věc začneme sledovat pozorněji, ukáže se, že tato otázka není dosud rozřešena, a proto ji vůbec nemáme přehlížet. Všechna změna místa totiž, která se

jeví, se děje buď proto, že se pohybuje pozorovaná věc nebo pozorovatel, nebo že se různým směrem pohybují oba. Neboť mezi tím, co se stejně pohybuje týmž směrem, totiž mezi pozorovanou věcí a pozorovatelem, nelze pozorovat pohyb. Země však je místem, odkud pozorujeme onen nebeský oběh a kde se představuje našemu zraku. Jestliže tedy Zemi přisoudíme nějaký pohyb, týž se nám objeví ve vnějších částech vesmíru, avšak jako by vše plynulo na opačnou stranu. A takovým pohybem je především každodenní oběh. Nám se zdá, že tento pohyb zachvacuje celý svět, to je mimo Zemi všechno, co je kolem ní. Avšak jestliže připustíš, že nebe se nezúčastní tohoto pohybu a že se naopak otáčí Země od západu k východu, pak jestliže bude někdo sledovat vážně to, co se týká zdánlivého východu a západu Slunce, Měsíce a hvězd, shledá, že předpoklad je správný. [. . .]

Když jsme toto přijali, přistoupí jiná, o nic menší pochybnost o umístění Země, ačkoli již skoro všichni přijali a uvěřili, že Země je středem světa. Neboť jestliže by někdo popíral, že Země zaujímá střed čili centrum světa, avšak přiznal by, že její vzdálenost od něho není taková, že by byla přirovnatelná ke vzdálenosti sféry stálic, ale je značná a patrná vzhledem ke sférám Slunce a jiných planet, a jestliže by se domníval, že se jejich pohyb jeví rozličným, protože jsou řízeny podle jiného středu než je střed Země, může tím přinést jistě nikoli nemoudrý výklad zdánlivě různého pohybu.

Totíž to, že planety jsou pozorovány jednou blíže k Zemi a jednou ve větší vzdálenosti, nutně vede k tomu, že střed Země není středem jejich kruhů. Tím méně také je jisto, zda se vzdaluje a přibližuje Země jim či ony Zemi, a tak by nebylo divu, jestliže by se někdo dohadoval nějakého jiného pohybu Země kromě onoho každo-

denního otáčení. Vždyť se přece traduje, že pythagorovec Filolaos, nad obyčej výborný matematik, soudil, že se Země otáčí a dokonce že se pohybuje více pohyby a že je jednou z planet . . .“

Proto podle Koperníka planeta, která se ve skutečnosti pohybuje rovnoměrně, pozorována se Země, která se rovněž pohybuje, se bude zdánlivě pohybovat nerovnoměrně. Zde však Koperník ještě neuvádí, že tímto způsobem je možno vysvětlit i pozorované zpětné pohyby planet, zato o tom široce píše teprve v následujících knihách.

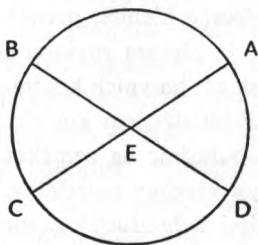
6. kapitola

„O nezměrnosti nebe vzhledem k velikosti Země“

Koperník tu přesvědčivě potvrzuje, že rozměry Země jsou zanedbatelně malé ve srovnání s rozměry nebeské klenby. Dnes se při úvahách z oblasti tzv. sférické astronomie, tj. vědy, která se zabývá teorií poloh a zdánlivých posuvů těles na nebeské klenbě, rovněž uvažuje nebeská klenba jako koule. Je přeřata rovinou horizontu a ekliptiky (zodiaku) v tak zv. hlavních kružnicích (tj. takových, jejichž rovina prochází středem koule). Představíme-li si síť geografických souřadnic na zeměkouli, jsou hlavními kružnicemi rovník a všechny poledníky. Koperník v této kapitole uvedl velmi jednoduchý geometrický důkaz, že rozměry Země jsou zanedbatelně malé:

„Že totiž tak veliké zemské těleso je nepostřehnutelné vzhledem k velikosti nebe, dá se poznat z toho, že obzorníky (tak se totiž překládá řecké horizontas) dělí celou nebeskou kouli na dvě poloviny, což by nemohlo nastat, jestliže by buď velikost Země, anebo její vzdálenost od středu světa byla patrná ve srovnání s nebem. Neboť

kruh, který prochází středem koule a dělí ji na dvě poloviny, je také tím největším z kruhů, které lze na kouli opsat. Budiž tedy $ABCD$ obzorník, avšak Země, z níž pozorujeme, buď E , jež je současně středem horizontu, který dělí věci viditelné od neviditelných. Jestliže totiž pozorujeme dioptrou, astrolábem či vodováhou, umístěnou v E , právě vycházet počátek znamení Raka v bodě C , právě v tomtéž okamžiku je vidět počátek znamení Kozoroha zapadat v bodě A . Protože body AEC jsou na přímce procházející dioptrou, je zřejmé, že tato přímka je průměrem zvířetníku, neboť polokruh uzavírá šest viditelných znamení a střed E je též jako střed horizontu. Když se zase oběh změní tak, že počátek znamení Kozoroha vychází v bodě B , bude v tu dobu vidět také západ znamení Raka v bodě D a BED bude přímkou a zároveň průměrem zvířetníku. Avšak již dříve bylo prokázáno, že i AEC je průměrem téhož kruhu, tedy z toho vyplývá, že v jejich společném průsečíku je střed onoho kruhu.



Postavení Země E ve středu kruhu $ABCD$, který je kruhem horizontu. Koperníkův obrázek pro 6. kapitulu I. knihy

A tak tedy obzorník neustále dělí na dvě poloviny zvířetník, který je hlavním kruhem na kouli. Avšak jestliže na kouli nějaký kruh protíná přes střed některý z hlavních kruhů, pak i protínající kruh je hlavním kruhem. Je

tedy obzorník jedním z hlavních kruhů a jeho střed se jeví totožným se středem zvířetníku, i když je nezbytné, že přímka vycházející z povrchu Země je jiná než ta, která vychází z jejího středu. Ale pro jejich nezměrnou délku v poměru k Zemi budou podobny rovnoběžkám, které pro přílišnou vzdálenost se jeví jako jedna přímka . . .

Tím se zdá být sdostatek prokázáno, že nebe je nezměrné ve srovnání se Zemí a zdá se jako nekonečně veliké, ale Země podle odhadu našich smyslů se má k nebi jako bod k tělesu a jako věc velikostí konečná k nekonečné. Avšak to nic jiného nedokazuje a vůbec z toho nevyplývá, že by Země měla nehybně setrvávat ve středu světa. Vždyť mnohem více bychom se podívovali, kdyby spíše se otáčela za dobu 24 hodin tak obrovská rozlehlost světa, než jeho maličká část, jako je Země. [. . .]

V tom také spočívá základ argumentu, že Země jako by byla částí nebeské sféry a nelišila se od ní co do druhu a pohybu, a jako to, co je velmi blízko středu, se málo pohybuje. Bude se tudíž pohybovat i ona sama, opisující v stejném čase oblouky podobné obloukům nebeského kruhu, avšak menší, protože je tělesem a nikoli středem. Je nad světlo jasnější, jak je takový názor chybný, neboť by pak bylo třeba, aby na jednom místě bylo stále pole dne, na jiném zase stále půlnoc, takže by vůbec nemohlo dojít ke každodennímu východu a západu, jestliže by pohyb celku a části měl být týž a nerozdělitelný.

Avšak u těch věcí, které odděluje rozdílnost podstaty, je tomu zdaleka jinak, takže ty planety, které jsou uzavřeny do kratších kružnic, obíhají rychleji než ty, které opisují větší kruh. Tak Saturn, nejvzdálenější z planet, obíhá za třicet let, kdežto Měsíc, který je bez pochyby Zemi nejbližší, završí svůj oběh v jednom měsíci, a konečně o Zemi samotné budeme soudit, že se otočí za dobu

dne a noci. A tak znovu vyvstaly tytéž pochyby o každodenním oběhu.

Avšak stále se hledá místo Země, jež nikterak určitě nevyplývá z toho, co bylo svrchu řečeno. Onen důkaz totiž neobsahuje nic jiného, než že velikost nebe je vůči Zemi neurčitá. Avšak kam až dosahuje tato nezměrnost, není vůbec známo. Právě tak jako na opačné straně malá a nedělitelná tělíska, jež se nazývají atomy, která nejsou vnímatelná, ani vzata dvojmo či několikrát ještě hned nevytvářejí viditelné těleso, ale mohou být natolik znásobena, že se konečně stačí shluknout do viditelné velikosti, tak také je tomu s místem Země: i kdyby nebyla ve středu světa, přece vzdálenost sama bude až dosud nesrovnatelná především vzhledem ke sféře stálic.“

Následující kapitoly první knihy, sedmá, osmá a devátá, jsou věnovány teorii pohybů podle Koperníkova názoru. Podle koperníkovské fyziky se každá hmota, pozemská i nebeská, podle své přirozenosti seskupuje do tvaru koule a přirozenou vlastností koule je otáčení.

7. kapitola

*„Proč se staří domnívali,
že Země nehybně spočívá uprostřed světa
jako jeho střed“*

V této kapitole Koperník cituje argumenty, které uvádějí starověcí učenci jako důkazy centrálního postavení a nehybnosti Země. Je možno je shrnout v tyto body:

1. Všechna tělesa padající k Zemi „směřují do jejího nejvnitřnějšího středu“ a tam setrvávají bez pohybu. „Tím spíše tudíž celá Země stojí nehybně ve středu [všech těles] a [. . .] bude svou vahou setrvávat bez pohybu.“

2. Podle Aristotela je možno rozlišovat pohyby jednoduché (nahoru a dolů) a kruhové. Prvky země a vody jako těžké budou směřovat dolů, a naopak lehké prvky, vzduch a oheň, nahoru. Takže je třeba „přisoudit těmto čtyřem prvkům přímočarý pohyb, zatímco nebeským tělesům přísluší otáčet se v kruhu.“

3. Kdyby – podle Ptolemaia – skutečně existoval otáčivý pohyb Země, musel by být neobyčejně rychlý, aby tak celý obrat kolem dokola se stačil uskutečnit během 24 hodin. Ale protože to, co „by bylo zachváčeno náhlým otáčením, se jeví nevhodným k tomu, aby se shlukovalo dohromady“, a podléhá to rozptýlení, tedy také „rozptýlená Země by zaplavila celé nebe“. Rovněž všechny předměty volně položené na Zemi by podléhaly otřesům a tělesa padající ve svislém směru by se odchylovala do strany.

Na tyto všechny argumenty Koperník odpovídá v následující kapitole.

8. kapitola

„Řešení uvedených důvodů a jejich nedostatečnost“

V této kapitole se Koperník odvolává na přirozené pohyby, tj. takové, které se dějí ve shodě s přírodou, a pohyby vůči těmto opačné; právě tak, jako to dělali tehdejší vědci, kteří neznali dynamiku.

„Z těchto a podobných důvodů se tvrdí, že Země bez pohybu spočívá ve středu světa a že tomu tak bez pochyb je. Ovšem jestliže někdo soudí, že se Země točí, řekne jistě, že pohyb je přirozený, nikoli násilný. To, co se děje přirozeně, vyvolává zajisté opačné následky než to, co se děje násilně. Na co se totiž působí silou či nára-

zem, to se nutně musí rozpadnout a nevydrží to dlouho vzdorovat. Co se děje přirozeně, to se chová správně a zachovává se ve svém nejlepší složení. Zbytečně se tedy Ptolemaios bojí, aby se Země a všechny pozemské věci nerozptýlily při otáčení vyvolaném působením přírody, jež je zdaleka jiné než působení umění či jaké může být zřízeno lidským nadáním.

Ale proč se tím spíše neobává téhož, pokud jde o svět, jehož pohyb musí být o tolik rychlejší, o kolik je nebe větší než Země? [. . .]

Zda tedy svět je konečný či nekonečný, ponecháme rozboru fyziologů, majíce to za jisté, že Země, uzavřená mezi póly, je ohraničena kulatým povrchem. Proč tedy ještě váháme přisoudit jí pohyb od přírody vhodný k jejímu tvaru, spíše než že by se měl hýbat celý svět, jehož konec není znám a nedá se poznat, a proč nepřiznáme, že její každodenní otáčení se na nebi jeví jako zdánlivé, ale na Zemi je skutečné, a že se věci mají právě tak, jako když Vergiliův Aeneas říká:

„Vyjíždíme z přístavu a pevnina a města ustupují?“
 Neboť když loď se plaví po klidné hladině, všechno, co je vně, vidí lidé na lodi, jako by se pohybovalo pohybem odpovídajícím pohybu lodi, zatímco naopak o sobě se domnívají, že jsou v klidu spolu se vším, co se plaví s nimi. A právě tak se může stát při pohybu Země, že se bude soudit, že se pohybuje celý svět.

Co tedy bychom řekli o mracích a jakýchkoli ostatních věcech vznášejících se ve vzduchu a setrvávajících či stoupajících vzhůru, než to, že se tak pohybuje nejen Země s vodním živlem, který je k ní připojen, ale také nemalá část vzduchu a všechno, co tímž způsobem je Zemi příbuzné, ať již přilehlý vzduch, promíšený hmotou země a vody, který bude následovat tutéž přirozenost jako

Země, či pohyb vzduchu, přejatý od Země dotykem s neustálým otáčením a bez odporu? [. . .] A proto se tedy bude jevit jako klidný vzduch, který přímo přiléhá k Zemi, a stejně tak věci v něm se vznášející, pokud nebudou větrem či nějakou jinou silou – jak se stává – unášeny sem či tam. Co jiného je totiž vítr ve vzduchu než jako proud v moři?

Je třeba, abychom uvedli, že pohyb padajících a vzhůru stoupajících těles je vzhledem k světu dvojitý a ve všem složen z pohybu přímého a kruhového. [. . .]

. . . zdálo by se dosti absurdním připisovat pohyby spíše obsahujícímu a umisťujícímu než obsaženému a umístěnému, což je Země. A protože konečně je zřejmé, že planety jsou Zemi někdy bližší, někdy vzdálenější, vyjde tedy potom u každého jednotlivého tělesa pohyb kolem středu (chtějí, aby středem byl střed Země), a také pohyb od středu ke středu. Sluší se tedy pohyb kolem středu přijmout obecněji a je dosti na tom, jestliže jeden každý pohyb se děje kolem jeho vlastního středu. Vidiš tedy, že z toho všeho vychází jako pravděpodobnější pohyblivost Země než její klid, především pokud jde o každodenní otáčení, jež je Zemi jakoby nejvíc vlastní.“

9. kapitola

*„Zda je Zemi možno přisoudit více pohybů
a o středu světa“*

Velmi významné je v této kapitole Koperníkovu tvrzení, že z pozorování planet vyplývá, že Země nemá centrální postavení ve vesmíru a že tedy je třeba považovat Zemi za jednu z planet. Tím, že rozlišil střed vesmíru od středu tíže na Zemi, se Koperník postavil proti názorům hlásaným aristotelskou fyzikou, v níž se i pohyby

v kruhu i pohyby přímočaré vztahovaly ke středu vesmíru. Z toho a z dalších pozorování by muselo vyplývat, že střed zemské tíže je zároveň středem vesmíru.

„Když tedy nic nebrání pohyblivosti Země, domnívám se, že nyní je třeba posoudit, zda jí nepřísluší také více pohybů, takže by bylo možno ji považovat za jednu z planet. Že není středem všech oběhů, ukazuje zdánlivý nerovnoměrný pohyb planet a jejich proměnné vzdálenosti od Země, které by nebylo možno pozorovat, kdyby jejich kruh byl soustředný se Zemí. Když tedy existuje více středů, ne náhodou bude někdo také pochybovat o středu světa, zda jím totiž má být tento střed zemské tíže, anebo jiný. Jsem toho názoru, že tíže vskutku není ničím jiným, než jakousi přirozenou snahou částí shlukovat se, již byly nadány božskou prozřetelností tvůrce vesmíru, aby se spojovaly ve svou jednotu a úplnost, seskupující se do tvaru koule. Je možno uvěřit, že tuto vlastnost mají i Slunce, Měsíc a ostatní planety, takže jejich působením setrvávají v té kulatosti, kterou ukazují, a přitom nicméně mnohými způsoby vykonávají své kruhové oběhy.

Jestliže tedy Země vykonává jiné pohyby než ten kolem středu, nezbytně to budou takové, které se podobně budou zrcadlit v mnohých věcech vně Země, podle nichž shledáváme roční oběh. Neboť jestliže se roční oběh zamění místo slunečního za zemský, když se při tom současně připustí nehybnost Slunce, východ a západ znamená a stálic, z nichž se stávají buď hvězdy ranní, anebo večerní, se budou jevit tímtež způsobem, a rovněž zastávky, zpětné i přímé pohyby planet se ukáží být nikoli jejich pohybem, ale pohybem Země, který si planety vypůjčují pro své zdánlivé pohyby. Konečně bude třeba soudit, že Slunce zaujímá střed světa. O tom všem nás poučuje dů-

vod řádu, v němž ony planety po sobě postupně následují, a harmonie celého světa, jestliže se ovšem, jak se říká, podíváme na věc oběma očima.“

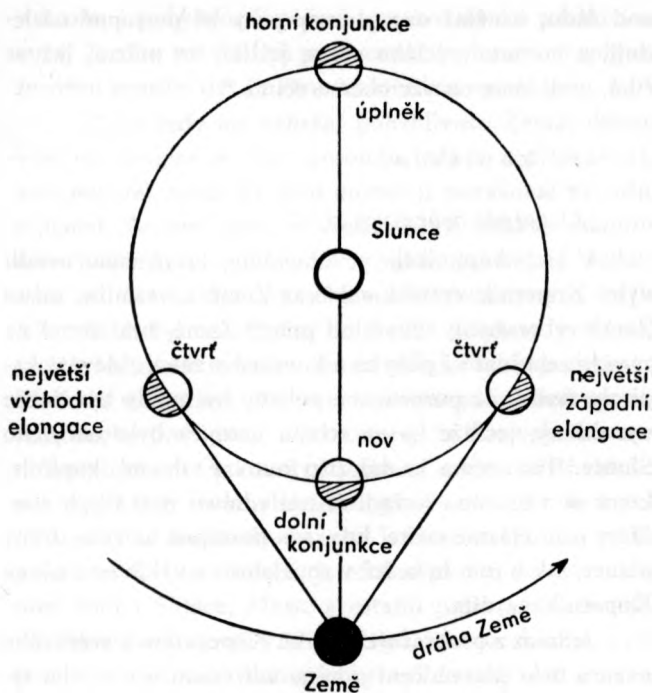
10. kapitola

„O pořadí nebeských sfér“

V těch kapitolách první knihy, které jsme uvedli výše, Koperník vysvětloval tvar Země a vesmíru, místo Země ve vesmíru, zdůvodnil pohyb Země, bral zřetel na zásadu relativnosti pohybu a konečně v závěru deváté kapitoly tvrdil, že pozorované pohyby by mohly být dobře vysvětleny, jestliže by ve středu vesmíru bylo umístěno Slunce. Toto téma je dál rozvinuto v desáté kapitole, která je věnována pořadí či následnosti nebeských sfér. Sféry jsou vlastně místa, kde jsou postupně uloženy dráhy planet, jak o tom byla řeč v souvislosti s výkladem názvu Koperníkova díla.

Jedním z podstatných prvků Koperníkova světového názoru bylo přesvědčení o harmonii vesmíru a o jeho symetrii, přičemž tyto termíny považoval za rovnocenné. Znovu a znovu zdůrazňoval, že starověcí vědci při studiu stavby vesmíru „nemohli určit ani vyvodit ze svých postupů základní věc, to jest tvar světa a celkovou symetrii jeho částí“, kdežto v systému, který Koperník předkládá, „nacházíme [. . .] udivující sepětí mezi pohybem a velikostí sfér, jaké na žádný jiný způsob nelze nalézt“. Toto přesvědčení o kráse vesmíru ostatně není novou věcí, byla jí prostoupena již celá pythagorovská a platónská filosofie. Koperník se však domníval, že on takové uspořádání objevil. Píše totiž:

„Vidím, že nikdo nepochybuje o tom, že nejvyšší ze všech je nebe stálic. Staří filosofové chtěli stanovit pořadí



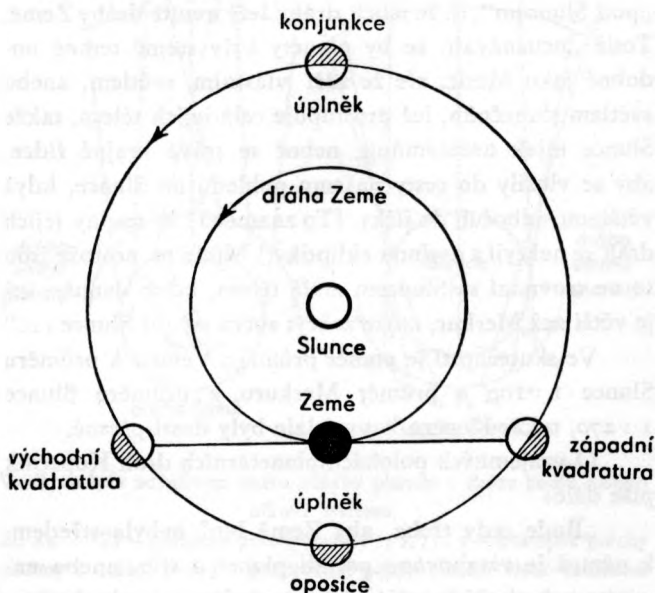
Různá postavení a různé fáze vnitřní planety v Koperníkově systému

planet podle velikosti jejich oběhů, vycházejíce z předpokladu, že z těles pohybujících se stejnou rychlostí se zdají pomaleji pohybovat ta, která jsou vzdálenější, jak to je vyloženo v Euklidově Optice. Soudili proto, že Měsíc obíhá v nejkratším časovém úseku, protože jsa Zemi nejbliže, obíhá v nejmenším kruhu. Naopak nejvzdálenější měl být Saturn, který za nejdelší čas opíše největší obvod. Po něm měl být Jupiter, pak Mars. O Venuši a Merkuru se vyskytují různé názory, a to proto, že se nevzdalují od Slunce do libovolné míry, jako ostatní planety (jejich

elongace od Slunce, tj. úhlová vzdálenost od Slunce, nemůže nabýt libovolné hodnoty). Proto někteří je umísťují nad Slunce [. . .], jiní pod ně, jako Ptolemaios a většina současníků.“

Elongace planety v daném okamžiku je její úhlová vzdálenost od Slunce. Vnitřní planety, tj. ty planety, jejichž dráhy leží uvnitř dráhy Země, tj. Merkur a Venuše, jsou vždy vidět jen v blízkosti Slunce, největší elongace Merkuru je 28 stupňů.

Dále Koperník uvádí jev tzv. přechodu vnitřní planety před slunečním diskem, což však nebylo možno pozorovat, leč s použitím dalekohledů. Prvá pozorování tohoto jevu byla vykonána teprve r. 1631 pro Merkur a 1639 pro Venuši.



Různá postavení a různé fáze vnější planety v Koperníkově systému

„Proto tedy ti, kteří následují Platóna, usuzují, že všechny planety, tělesa jinak temná, září světlem získaným od Slunce. Tedy jestliže by byly pod Sluncem, musely by – protože jejich vzdálenost od Slunce není veliká – být pozorovány jako čtvrtě anebo aspoň ne v úplné kulatosti, neboť přijaté světlo by odrážely vesměs vzhůru, to jest ke Slunci, tak jako to vidíme u nového či ubývajícího Měsíce. Uvádějí též, že by někdy musela nastávat zakrytí Slunce tím, že by vstoupily před ně, a že kvůli jejich velikosti by jeho světlo muselo zaznamenat úbytek. Protože však se to nikdy neprojevuje, domnívají se, že nikdy nevcházejí pod Slunce.“

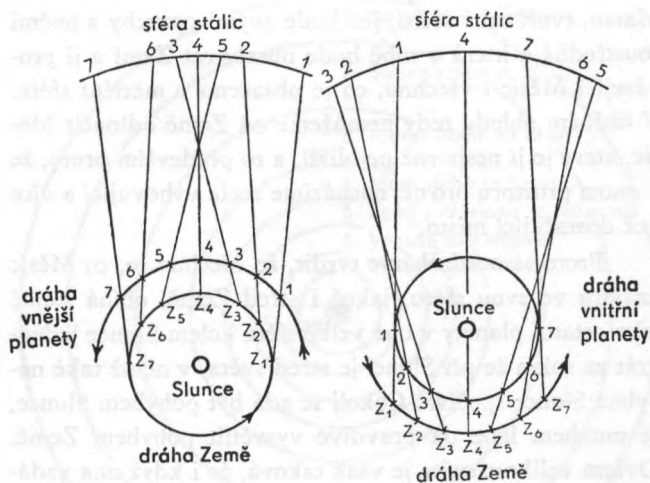
Dále Koperník přináší argumenty některých autorů, mluvící ve prospěch toho, že Merkur a Venuše bývají „pod Sluncem“, tj. že jejich dráhy leží uvnitř dráhy Země. Totiž „neuznávají, že by planety byly stejně temné podobně jako Měsíc, ale že září vlastním světlem, anebo světlem slunečním, jež prostupuje celá jejich tělesa, takže Slunce nijak nezatemňují, neboť se stává krajně řídké, aby se vložily do cesty našemu pohledu na Slunce, když většinou odbočují do šířky. [To znamená, že roviny jejich drah se nekryjí s rovinou ekliptiky.] Mimo to, protože jsou to ve srovnání se Sluncem malá tělesa, když Venuše, jež je větší než Merkur, může zakrýt sotva stý díl Slunce . . .“

Ve skutečnosti je poměr průměru Venuše k průměru Slunce 1 : 100 a průměr Merkuru k průměru Slunce 1 : 270, takže Koperníkovy údaje byly dosti přesné.

O vzájemných polohách planetárních drah Koperník píše dále:

„Bude tedy třeba, aby Země buď nebyla středem, k němuž je vztahováno pořadí planet a sfér, anebo na-prosto nebude žádný důvod pro pořadí a ani nebude zjevné, proč spíše Saturnu než Jupiteru či kterékoli jiné pla-

netě přísluší nejvyšší místo. [...] Někteří latinští autoři usoudili, [...] že Venuše a Merkur obíhají kolem Slunce jsoucího uprostřed a z téhož důvodu, že se od něho nemohou vzdálit více, než kolik dovoluje vypouklost jejich sfér. Tudíž neobíhají Zemi jako jiné planety, [...] ale v místě Slunce je střed jejich sfér. [...] A jestliže někdo využív této příležitosti vztáhne rovněž i Saturn, Jupiter a Mars k témuž středu, a když při tom bude uvažovat velikost jejich sfér takovou, že spolu s nimi ještě pojme a obklopí uvnitř jsoucí Zemi, nezmýlí se. To všechno se potvrzuje pravidelným poměrem jejich pohybů. Vždyť je jisté, že planety jsou vždycky Zemi blíže tehdy, když vy-



Vznik změn v zdánlivém směru pohybu planety v dráze podle Koperníkova systému.

Z_1, Z_2, \dots, Z_7 – postupné polohy Země; $1, 2, \dots, 7$ – postupné polohy planety v dráze; $1-2-3$ – pozorovaný pohyb planety vlevo vzhledem k stálicím, $3-4-5$ – pozorovaný pohyb planety vpravo, zpětný pohyb; $5-6-7$ – pozorovaný nový pohyb planety vlevo

cházejí večer, tedy když jsou v opozici ke Slunci, takže uprostřed mezi nimi a Sluncem je Země; kdežto nejvzdálenější od Země jsou tehdy, jestliže zapadají večer a kdy tedy jsou v okolí Slunce zakryty slunečním jasem a kdy ovšem máme Slunce mezi nimi a Zemí. To všechno sdostatek naznačuje, že jejich střed více náleží do Slunce a že je totožný s tím středem, kolem něhož rovněž obíhají Venuše a Merkur.“

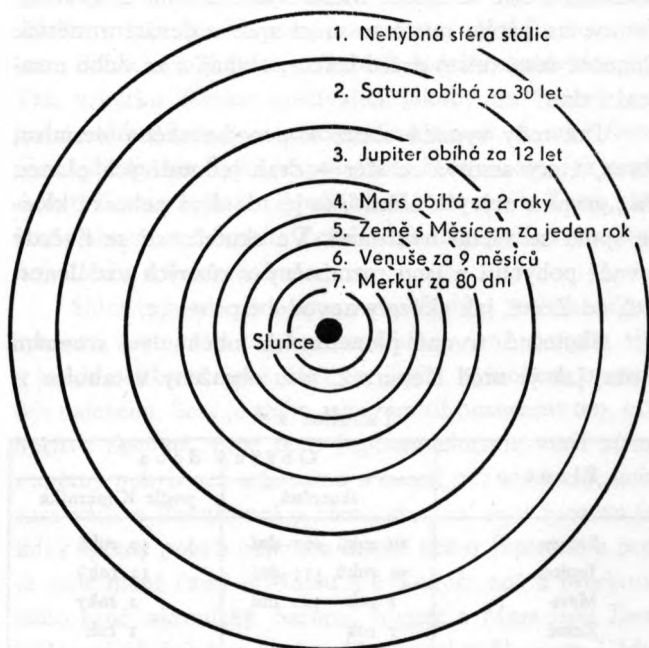
Bylo teď třeba umístit mezi sféry s planetárními drahami i sféru, jež je společná pro Zemi a Měsíc.

„A když tedy se všechny tyto oběhy vztáhnou k jednomu středu, nutně z toho vyplyne, že ten prostor, který zůstává mezi vypouklou sférou Venuše a vydutou sférou Marsu, tvoří také sféru, jež bude svými povrchy s oněmi soustředná a která v sobě bude obsahovat Zemi a ji provázející Měsíc i všechno, co je obsaženo v měsíční sféře. V žádném ohledu tedy nemůžeme od Země odloučit Měsíc, který je jí nesporně nejbližší, a to především proto, že v onom prostoru pro něj nacházíme zcela vyhovující a více než dostačující místo.

Proto se nezdráháme tvrdit, že všechno to, co Měsíc uzavírá ve svou sféru, jakož i střed Země, obíhá stejně jako ostatní planety v oné velké sféře kolem Slunce jedenkrát za rok a že při Slunci je střed světa, v němž také nehybné Slunce spočívá. Cokoli se zdá být pohybem Slunce, se mnohem lépe dá pravdivě vysvětlit pohybem Země. Ovšem velikost světa je však taková, že i když ona vzdálenost Země od Slunce má vzhledem k libovolným ostatním sférám planet a vzhledem k jejich oběhům sdostatek zřetelnou velikost, vzhledem ke sféře stálic je nezřetelná. Soudím, že je mnohem snazší připustit toto, než aby se intelekt měl zanášet téměř nekonečným počtem sfér, k čemuž ovšem jsou nuceni ti, kteří zadrželi Zemi uprostřed

světa. Avšak je třeba více následovat moudrost přírody, která tak, jak se stráží toho, aby vytvořila něco nadbytečného či neužitečného, právě tak spíš jednu a tutéž věc často nadala mnohými schopnostmi.

Toto všechno, byť je to krajně obtížné a skoro nemyslitelné a odporuje to názoru mnohých, bude-li Bůh přízniv, učiníme nad Slunce jasnějším, avšak postupně, a jen těm, kterým matematické vědy nejsou cizí. A proto aniž by bylo porušeno základní pravidlo – nikdo totiž nevede vhodnější nad to, že délka oběhu vymezuje velikost sfér – pořadí sfér následuje tímto způsobem, počínaje od nejvyšší:



Heliocentrický systém podle Koperníka

První a nejvyšší ze všech je sféra stálic, zahrnující sebe samu a vše ostatní, a proto nehybná, takže je vesmírným místem, vzhledem k němuž se vztahuje pohyb a postavení všech ostatních planet. Neboť i když si jiní myslí, že i ona se jakýmsi způsobem pohybuje, my pro to, proč se tak děje, najdeme jinou příčinu při odvození zemského pohybu. (Jde tu o precesní pohyb, který Koperník vykládá v další kapitole. – Pozn. C. I.)

Následuje Saturn, první z planet, který svůj oběh završuje za třicet let. Po něm Jupiter, obíhající za dvanáct let. Dále Mars, který oběhne ve dvou letech. Čtvrté místo v pořadí má roční oběh, o němž jsme řekli, že v něm je obsažena Země se sférou Měsíce jako malým epicyklem. Venuše na pátém místě se vrací zpět v devátém měsíci. Konečně šesté místo drží Merkur, obíhající za dobu osmdesáti dnů.“

Tak tedy vypadá obraz koperníkovského vesmíru, obraz, který sestává ze sfér – drah jednotlivých planet. Ta „první a nejvyšší sféra“, to je zdánlivá nebeská klenba spolu se všemi hvězdami. Ve skutečnosti se hvězdy rovněž pohybují a jsou rozmístěny v různých vzdálenostech od Země, jak ukázaly novodobé přístroje.

Skutečné trvání planetárních oběhů ve srovnání s tím, jak je určil Koperník, jsou obsaženy v tabulce 1.

Tabulka 1

Planeta	Oběžná doba	
	skutečná	podle Koperníka
Saturn	29 roků 167 dní	30 roků
Jupiter	11 roků 315 dní	12 roků
Mars	1 rok 322 dní	2 roky
Země	1 rok	1 rok
Venuše	225 dní	270 dní
Merkur	88 dní	80 dní

Z tabulky vyplývá, že všeobecně byly oběžné doby, jak je určoval Koperník, o něco delší než ve skutečnosti, ačkoli je možné, že v této kapitole uvedl jen přibližné orientační hodnoty.

Dále následuje nejkrásnější a nejpoetičtější úsek desáté kapitoly. Když byl vysvětlil své sféry s drahami planet, Koperník napsal: „IN MEDIO VERO OMNIUM RESIDET SOL.“

„Avšak uprostřed všech spočívá Slunce. Vždyť kdo by v tomto překrásném chrámu vložil tuto svítilnu do jiného či lepšího místa, než odkud by zároveň všechno mohla osvětlovat? Vždyť jistě nikoli nevhodně někteří nazývají Slunce lucernou světa, jiní jeho myslí, jiní jeho vládcem. Hermes Trismegistos je nazývá viditelným bohem, Sofoklova Elektra o něm mluví jako o vševidoucím. Tak vskutku Slunce spočívající jakoby na královském stolci vládne kolem kroužící rodině planet. A také Země není ochuzena o služebné postavení Měsíce, ale, jak praví Aristoteles ve spise o živočiších, Měsíc má k Zemi blízkou příbuznost. Mezitím Země od Slunce počíná a otěhotňuje, rodíc každoročně.

Shledáváme tedy v tomto uspořádání podivuhodnou symetrii světa a pravé harmonické spojení pohybu sfér s jejich velikostí, jaké žádným jiným způsobem nemůže být nalezeno. Sem je třeba, aby obrátil pozornost ten, kdo horlivě zkoumá, proč se u Jupitera ukazuje větší přímý i zpětný pohyb než u Saturnu a menší než u Marsu, nebo zase větší u Venuše než u Merkuru, proč se u Saturnu takový zpětný pohyb objevuje častěji než u Jupitera, a proč je stále méně častý u Marsu a u Venuše než u Merkuru, nebo proč akronický Saturn, Jupiter a Mars jsou Zemi blíže než při jejich mizení a objevování za Sluncem. Vždyť Mars, zářící uprostřed noci, se zdá jasností dostihovat Ju-

piter (rozlišuje se ovšem červenou barvou), v opačném postavení se však sotva shledává mezi hvězdami druhé velikosti a je třeba jej sledovat pečlivým pozorováním za pomoci sextantů. To všechno pochází z jedné a téže příčiny, a tou je pohyb Země.

Že však nic z toho se neukazuje ve stálicích, je zdůvodněno jejich nesmírnou vzdáleností, která způsobuje také to, že i sféra ročního oběhu či její obraz se stává očima nerozlišitelným, neboť všechno viditelné má určitou míru vzdálenosti, za níž již je není možno vidět, jak je ukázáno v Optice. A že ještě od nejvzdálenější planety Saturnu je velmi daleko ke sféře stálic, ukazuje zřetelně jejich třpytivý svit. Tímto znakem se velmi zřetelně rozlišují od planet, neboť se slušelo, aby byl co největší rozdíl mezi tím, co se pohybuje, a tím, co se nepohybuje. Tak obrovitá je vskutku tato božská dílna Nejvyššího a Nejlepšího.“

Velmi podrobně Koperník vysvětlil různá postavení jednotlivých planet. Východ vnější planety, tj. takové, která je na dráze vzdálenější od Slunce, než je dráha Země, může nastat na počátku noci, kdy planeta je v tzv. opozici, to je na obrácené straně od Země než Slunce. Tehdy je ve skutečnosti v té části své dráhy, která je blízko Zemi. Správné byly rovněž úvahy o změně jasnosti Marsu v jeho různých pozicích v dráze.

Dále se Koperník zabýval sférou stálic. Zdánlivé posuvy stálic na sféře, které vznikají změnou polohy pozorovatele v důsledku ročního oběhu Země kolem Slunce, čili takzvaný paralaktický posuv, je možno pozorovat velmi přesnými přístroji pouze u nejbližších hvězd. Nejbližší ke sluneční soustavě je jedna z hvězd v souhvězdí Centaura, tzv. Proxima, čili Nejbližší. Pozorovatel, který by byl na této hvězdě, by viděl střední průměr zemské

dráhy pod úhlem 0,76 obloukové sekundy, jak to odpovídá vzdálenosti této hvězdy od Slunce, která je 27 tisíc vzdáleností Saturnu od Slunce.

I I. kapitola

„Důkaz o trojnásobném pohybu Země“

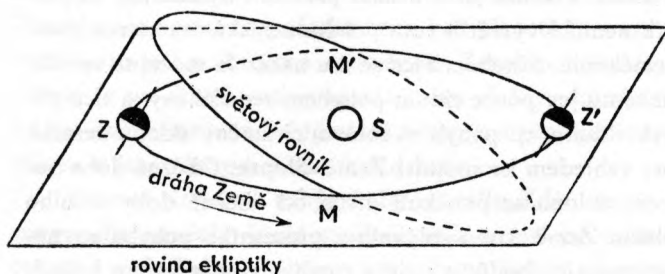
V této velmi významné kapitole Koperník vysvětluje pohyby, které Země vykonává: otáčivý za 24 hodin, oběžný za jeden rok a konečně tzv. „pohyb sklonu“, tj. pohyb precesní. Tyto pohyby byly již vysvětleny na počátku, v kapitole o skutečném pohybu Země. Správně Koperník uvádí prvé dva pohyby, avšak třetí pohyb definuje poněkud odlišně od toho, jak se definuje dnes.

Precesní pohyb, známý již od doby Hipparchovy, býval připisován celé nebeské sféře, tj. sféře stálic. Koperník oddělil jev precese od pohybu sféry stálic a připsal jej jako nový pohyb zemské ose. Zemská osa udržuje stálý směr v prostoru, zatímco ovšem stále v průběhu roku mění svou polohu vzhledem k přímce spojující Slunce a Zemi. Protože ještě neznal pravidla dynamiky, Koperník nemohl vysvětlit tuto polohu zemské osy setrvačností zeměkoule. Mnohem více se mu nabízela možnost vysvětlit tento jev pouze třetím pohybem zemské osy, a sice pohyb sklonu, tj. pohyb vyvolávající změny sklonu zemské osy vzhledem ke spojnici Země–Slunce. Oběžná doba pohybu sklonu se poněkud lišila od oběžné doby ročního oběhu Země, což vyplývalo z precesního pohybu rovnodennostních bodů, a tedy z rozdílu mezi trváním hvězdného a tropického roku.

Koperník vykládá pohyby Země takto:

„Když tedy o pohyblivosti Země se shoduje tolik a tak výrazných svědectví planet, vyložme tedy již vcelku tento pohyb, nakolik se jím samým jako hypotézou vy-

světlují jevy. Je třeba přijmout celkem trojnásobný pohyb, a sice prvý, o němž jsme uvedli, že jej Řekové nazývali nychthémerinon, totiž vlastní a bezprostřední oběh dne a noci, který se děje kolem zemské osy od západu k východu, takže se zdá, že svět se pohybuje opačným směrem. Opisuje rovník, který někteří nazývají rovnodennostním kruhem, napodobující tak řecké slovo, kde se nazývá isémerinos. Druhý je roční pohyb středu, který podobně od západu k východu, to je přímým pohybem, opisuje kruh zvířetníku kolem Slunce, probíhaje mezi Venúší a Marsem, jak jsme uvedli. Spolu se středem obíhá vše, co na něm spočívá. Tím se děje, že se zdá, jako by Slunce podobným pohybem procházelo zvířetníkem, takže, budiž dovoleno to tak říci, zatímco střed Země je v Kozorohu, zdá se, že Slunce prochází Rakem, z Vodnáře se zdá procházet Lvem, a tak dále, jak jsme řekli. Dále je třeba vzít v úvahu, že rovník a zemská osa mají proměnlivý sklon k rovině toho kruhu, který prochází středem zvířetníku. Neboť jestliže by zachovávaly též sklon



Oběžný pohyb Země Z kolem Slunce S, pro zjednodušení umístěného do středu dráhy

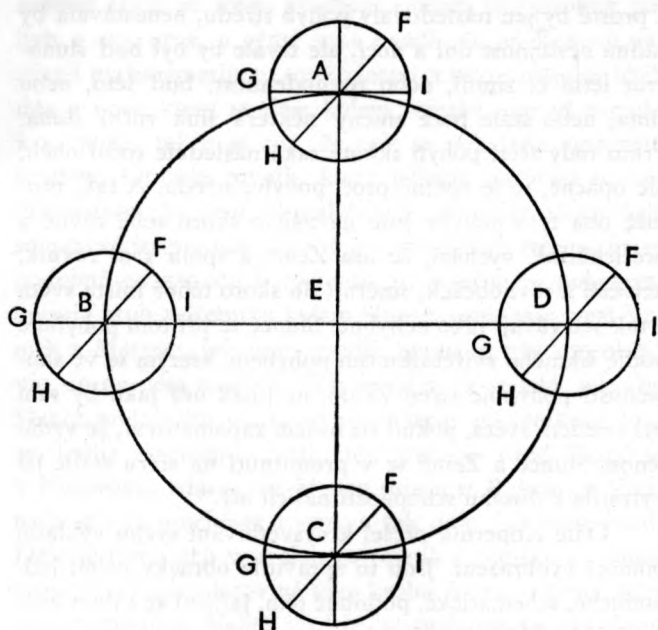
Z – postavení Země v létě pro severní (černě značenou) polokouli;
 Z' – postavení Země v zimě pro severní polokouli; M – bod podzimní rovnodennosti; M' – bod jarní rovnodennosti

a prostě by jen následovaly pohyb středu, nenastávala by žádná nestejnost dní a nocí, ale trvale by byl buď slunovrat letní či zimní, nebo rovnodennost, buď léto, nebo zima, nebo stále beze změny některá jiná roční doba. Proto tedy třetí pohyb sklonu také následuje roční oběh, ale opačně, to je zpětně proti pohybu středu. A tak, protože oba tyto pohyby jsou navzájem skoro sobě rovné a protichůdné, vychází, že osa Země a spolu s ní rovník, největší z rovnoběžek, směřují do skoro téhož místa světa a tak setrvávají jako nehybné. Slunce se při tom pohybuje podle šikmého zvířetníku tím pohybem, kterým se ve skutečnosti pohybuje střed Země, ne jinak než jako by sám byl středem světa, pokud sis ovšem zapamatoval, že vzdálenost Slunce a Země se v promítnutí na sféru stálic již vytratila z dosahu schopnosti našich očí.“

Dále Koperník přešel k vysvětlování svého výkladu pomocí vyobrazení. Jsou to zpravidla obrázky velmi jednoduché, schematické, podobné těm, jakými se i dnes znázorňují problémy ze sférické astronomie.

„Protože věci jsou takové, že vyžadují spíše být vnímány očima než slovy, opišeme kruh ABCD, který představuje roční oběh středu Země v rovině zvířetníku. E bude Slunce, jež je umístěno v blízkosti středu tohoto kruhu. Tento kruh rozdělíme průměry AEC a BED na čtyři části. V bodě A začíná znamení Raka, v bodě B Vah, v bodě C Kozoroha a v bodě D Berana. Budeme předpokládat, že střed Země je nejprve v A, kolem něhož opiši zemský rovník FGHI, avšak ne v téže rovině, pouze průměr GAI bude společnou průsečnicí obou kruhů, totiž rovníku a zvířetníku. Vedeme-li také průměr FAH kolmo k GAI, bude F nejzazší mezí sklonu na jih, H na sever.

Při tomto uspořádání uvidí obyvatelé Země Slunce zaujímající místo u bodu E procházet v Kozorohu zimním



Čtyři postavení Země (A, B, C, D) při ročním oběhu kolem Slunce E.
(Koperníkův obrázek pro 11. kapitolu I. knihy)

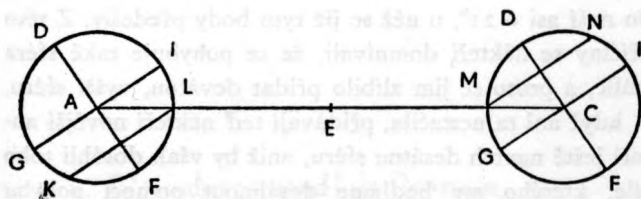
FGHI – rovina rovníku, odkloněná od roviny obrázku o úhel $23,5^\circ$;
H – bod rovníku nad rovinou obrázku; *F* – bod rovníku pod rovinou obrázku

slunovratem, který je způsoben největší severní deklinací *H* přivrácen ke Slunci, protože sklon rovníku k přímce *AE* v důsledku denní rotace opisuje k sobě rovnoběžný zimní obratník podle vzdálenosti, kterou svírá v *EAH* úhel sklonu. Nechť tedy střed Země postupuje zpětným pohybem, až právě o tolik mezi největšího sklonu *F* přímým pohybem, až obojí v bodě *B* urazí každý čtvrt kruhu. Mezitím úhel *EAI* zůstane stále roven úhlu *EAB*, neboť oběhy jsou stejné, a průměr *FAH* zůstává rovnoběžný vůči

FBH, GAI vůči GBI, jakož i rovník k rovníku. A všechny tyto věci se z důvodu již často uváděného vzhledem k nezměrnosti nebe jeví jako tytéž. Bude se tudíž z bodu B, který je počátkem Vah, jevit E v Beranu a společná průsečnice kruhů splyne v jednu přímku GBIE, vůči níž denní oběh nepřipouští žádný sklon, ale všechen sklon připadá na strany. A tak se Slunce bude spatřovat v jarní rovnodennosti. Za těchto podmínek ať se střed Země pohybuje dále a když až do C opíše půlkruh, bude se ukazovat; že Slunce vstupuje do Raka. Leč jižní sklon rovníku F přivrácený ke Slunci způsobí, že Slunce bude vidět na severu procházet letním obratníkem podle míry dané úhlem sklonu ECF. A znovu, když se F obrátí k třetímu kvadrantu kruhu, opět společná průsečnice GI splyne s přímkou ED, a proto bude možno spatřovat Slunce ve Vahách procházet podzimní rovnodenností. A pak znovu tímtož postupem, zatímco se H poněkud přivrací ke Slunci, dojde k tomu, že se vrátí stav, který byl na počátku a od něhož jsme vyšli.“

Na následujícím obrázku Koperník umístil rovinu zemské dráhy kolmo k rovině obrázku.

„Jinak řečeno: Nechť je na nákrese AEC průměrem a zároveň průsečnicí s kruhem ABC vztyčeným kol-



Dvě postavení Země A a C při ročním oběhu kolem Slunce. (Koperníkův obrázek pro 11. kapitolu I. knihy)

mo k rovině nákresny. Nechtě je v této rovině kolem bodů A a C, to jest na počátku znamení Raka a Kozoroha, střídavě vyznačen kruh Země DGFI, tedy zemský poledník, zemská osa budiž DF, severní pól D, jižní pól F a GI buď průměrem rovníku. Tudíž když se F přivrátí ke Slunci, které je v blízkosti bodu E, a sklon rovníku k severu bude dán úhlem IAE, potom pohyb kolem osy bude opisovat jižní, Sluncem osvětlovaný obratník Kozoroha, rovnoběžný s rovníkem, o průměru KL a vzdálenosti LI. Anebo, abych to řekl přesněji, onen pohyb kolem osy opisuje ve směru AC plášť kužele, který má vrchol ve středu Země a základnu rovnoběžnou s rovníkem. V protilehlém znamení C všechno vychází tímto způsobem, ale obráceně. Vyplyvá z toho tedy, že oba proti sobě postupující pohyby, a sice pohyb středu a pohyb sklonu, přivádějí zemskou osu k tomu, aby zůstávala ve stejném vyvážení a stejné poloze, takže se zdá, jako by to vše byly pohyby Slunce.

Uvedli jsme však, že roční oběhy středu a sklonu jsou skoro stejné, protože kdyby tomu tak bylo naprosto, bylo by zapotřebí, aby body rovnodenností a slunovratů a celý sklon zvířetníku se neměnily vzhledem ke sféře stálic. Ale protože rozdíl je malý, teprve s postupem doby se poznalo, že se zvětšuje, a sice od doby Ptolemaiovy až do naší asi o 21° , o něž se již tyto body předešly. Z této příčiny se někteří domnívali, že se pohybuje také sféra stálic, a proto se jim zlíbilo přidat devátou, vyšší sféru. A když ani ta nestačila, přidávají teď někteří novější autoři ještě navrch desátou sféru, aniž by však dosáhli toho cíle, kterého my hodláme dosáhnout pomocí pohybu Země, jehož budeme užívat jako principu a hypotézy k výkladu jiných věcí.“

Tím se končí astronomická část první knihy.

NICOLAI COPERNICI TORINENSIS
DE REVOLUTIONIBVS ORBIVM
COELESTIVM, Libri VI

Habes in hoc opere iam recens nato, & edito, studiose lector, Motus stellarum, tam fixarum, quam erraticarum, cum ex veteribus, tum etiam ex recentibus observationibus restitutos: & novis insuper ac admirabilibus hypothesebus ornatos. Habes etiam Tabulas expeditissimas, ex quibus cosidera, ad quodvis tempus quam facillime calculare poteris. Igitur eme, lege, fruere.

ANNO 1543

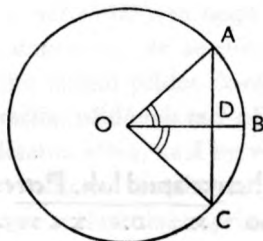
Norimbergae apud Ioh. Petreum,
ANNO M. D. XLIII.

Kapitoly 12. až 14.

Koperníkova trigonometrie

Zbývající tři kapitoly první knihy původně tvořily samostatnou knihu, jak je to patrné z rukopisu. Teprve při další redakci byly připojeny k první knize. Tuto matematickou část vydal samostatně tiskem Reticus ještě před publikací *Oběhů*. Název tohoto díla, vydaného u Johanna Luffta ve Wittenberku v r. 1542, zněl: *De lateribus et angulis triangulorum 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*, což znamená; „O stranách a úhlech trojúhelníků, jak rovinných přímostranných, tak sférických, kniha velmi vzdělaná a užitečná pro porozumění mnoha Ptolemaiovým důkazům a rovněž tak k mnohým jiným věcem, sepsaná vzdělaným a učeným mužem, panem Mikulášem Koperníkem Toruňským.“ V této práci Reticus uvedl kromě Koperníkových kapitol také pětimístné tabulky hodnot sinů.

Stojí za povšimnutí, že Koperník ve svých výkladech vůbec neužíval termínu sinus pro označení této základní



Výklad Koperníkova určení sinusu

trigonometrické funkce. Jak je známo, jako sinus daného úhlu AOB označujeme poměr odvěsny protilehlého úhlu AOB k přeponě. Na obrázku bude sinem úhlu AOB tedy $AD : AO$. Jestliže tedy, jak se to často uvažuje, kruh se středem O bude mít jednotkový průměr, tedy $AO = BO = 1$, sinem úhlu AOB bude $AD : 1$, čili AD. Koperník označoval sinus daného úhlu jako „polovinu tětivy dvojnásobku daného úhlu“. Na obrázku je úhel BOC roven úhlu AOB. Proto je úhel AOC roven dvěma úhlům AOB, takže úsečka AC je tětivou dvojnásobku úhlu AOB. Vzhledem k rovnosti úhlů AOB a BOC jsou si rovny i úseky AD a CD na tětivě AC, takže sinus úhlu AOB bude polovinou tětivy AC.

Tyto kapitoly Koperník nazval postupně: „O přímkách, které jsou tětivami v kruhu“, „O stranách a úhlech přímostranných rovinných trojúhelníků“ a „O sférických trojúhelnících“. Při zápisu hodnot Koperník užíval šedesátinných dílů stupně, takže např. 11 obloukových minut bylo $11/60$ stupně a 11 obloukových sekund bylo $11/60^2$ stupně.

DRUHÁ KNIHA

Tato kniha je věnována tomu, co se dnes označuje jako sférická astronomie. Na počátku jsou uvedeny základní definice: horizontu, rovníku, obratníku, poledníku a ekliptiky. Tak např. o horizontu Koperník psal:

„Dále následuje horizont, který latině nazývají omezujícím kruhem; ohraničuje nám totiž viditelnou část světa od té, jež je zakryta. Také všechno, co zapadá, se zdá vycházet na horizontu, který má střed na povrchu Země a pól v našem nadhlavníku“ (tj. v zenitu – poznámka C. I.).

Dále jsou uvedeny astronomické souřadnice, a to

tzv. rovníkové (vztažnou rovinou je rovina světového rovníku, která je prodloužením roviny zemského rovníku) a souřadnice ekliptikální (vztažnou rovinou je rovina ekliptiky) a konečně jsou vyloženy postupy, jak převádět souřadnice z jednoho systému do druhého.

Koperník nedefinoval pojem geografické šířky, ale vymezil ji jako výšku pólu nad horizontem. Stanovil klimatická pásma na Zemi: polární, tropické a rovníkové, jež je možno zjišťovat podle různé délky stínu vrženého týmiž předměty na různých místech zeměkoule a také podle různých směrů vrženého stínu. Kdyby dané místo bylo na zemském rovníku, to znamená, že světový rovník by byl kolmý k horizontu, nebeská klenba by v tom případě podle Koperníka vytvářela tzv. „kolmou sféru“, kdežto kdyby daná místa byla v různých geografických šířkách, mluvilo by se o „šikmé sféře“.

Ekliptika se dělila na stupně, kdežto rovník na časové úseky odpovídající stupňům. Na jednu hodinu tak připadá 15 stupňů, takže hodina tak představovala dvacátý čtvrtý díl celé „sféry“, tj. celé otáčky o 360° . Toto dělení se stále používá, např. při určování zeměpisné délky. Jako doplněk k této knize byla připojena tabulka východů, tj. okamžiků objevování se znamení zodiaku nad horizontem.

K nejstarším částem rukopisu knih Oběhů patří katalog 1025 stálic, opírající se o katalog Ptolemaiův. Pro každou hvězdu tu byly uvedeny ekliptikální souřadnice a jasnost podle Ptolemaiovy šestidílné stupnice, která se stala základem i dnešní stupnice jasnosti hvězd, jenže je značně rozšířena. Koperník zajisté pozoroval pomocí astrolábu, přístroje, kterého kdysi užíval i Ptolemaios.

Nyní se jasnější hvězdy v určitém souhvězdí označují řeckými písmeny, jak to bylo zavedeno v 17. století; ně-

kteřé hvězdy mají také arabská jména. Koperník musel označovat hvězdy popisným způsobem. Tak např. Polárku v souhvězdí Malého medvěda označoval jako hvězdu „na konci ocasu Medvěda“, další byla „druhá od konce ocasu“, jiná např. „jižní ve vnější straně čtyřúhelníka“ (toho čtyřúhelníka, kterému se běžně říká „malý vůz“).

TŘETÍ KNIHA

Tato kniha je věnována ročnímu pohybu Země kolem Slunce. Asi polovina této knihy se zabývá rozborem precese. Při snaze přesně určit délku hvězdného roku totiž Koperník narazil na obtíže spojené s neznalostí přesné délky tropického roku, přesné opravy, kterou vyžaduje precese. Tyto dvě jednotky času Koperník definoval takto:

„Přirozeným čili obecným rokem nazýváme ten, který nám způsobuje čtyři roční období; hvězdným rokem je zase ten, jehož uplynutí se vztahuje k určité hvězdě. Že délka přirozeného roku, který se také nazývá rokem tropickým, není stálá, potvrzují přesná pozorování starověkých vědců. [. . .] Hipparchos poznal [. . .], že rok vztažený vůči stálicím je delší než rok, který se vztahuje k rovnodennostním bodům [. . .]. Uzavřel z toho, že stálice podléhají jistému postupnému pohybu, který je tak pozvolný, že jej není možno ihned postřehnout. Ale postupem času se stal naprosto zjevným, když nyní spatřujeme, že východ i západ zvířetníkových znamení i stálic se značně liší od těch, jaké jim určili starověcí autoři.“

Když byl uvedl starověké pokusy o výklad tohoto jevu, Koperník píše:

„. . . že rovnodennostní body postupují kupředu, se zdá ne proto, že by se snad sféra stálic [. . .] měla pohybovat, ale proto, že rovník, který je vůči rovině ekliptiky

skloněn, se po ní posouvá zpět podle pohybu sklonu zemské osy [. . .]. Tímto způsobem vidíme ony rovnodennostní průsečíky ekliptiky s rovníkem spolu s celým sklonem ekliptiky postupovat během doby kupředu, zatímco stálice o tolikéž zůstávají vzadu.“

Koperník sestavil řadu starých pozorování a chtěl z ní odvodit posouvání rovnodennostních bodů, vyvolané precesí. Nakonec z několika pozorování jasných hvězd, především α Panny (také nazývané Spica = klas), α Lva a β Štíra došel ke střednímu ročnímu pohybu rovnodennostních bodů 50,23, obloukových sekund, což se dobře shoduje s hodnotou, která se dnes bere pro precesi k epoše 1500, tj. 50,25 obloukových sekund. Tamtéž jsou také uvedeny tabulky k určení precese podle dané epochy.

Když Koperník rozebíral roční pohyb Země kolem Slunce, bral rovněž v úvahu jeho vztah k otáčivému pohybu Země a tedy k délce slunečního dne:

„Skutečný den někteří měří časem uplynulým mezi dvěma po sobě následujícími východy Slunce, jako Chaldejci a starověcí Židé, jiní časovým intervalem mezi dvěma západy, jako Athéňané, jiní zase časem uplynulým mezi dvěma poledny, jako Egypťané. Je známo, že za tu dobu zeměkoule završí své otočení a nadto ještě část obratu, jaké za tu dobu přibývá z příčiny ročního zdánlivého pohybu Slunce.“

Bylo tedy třeba brát v úvahu skutečný den, který není v průběhu roku stejný vzhledem k nerovnoměrnému zdánlivému pohybu Slunce, a střední den, který je po celý rok stejně dlouhý. Nyní je známo, že pohyb Země, jehož obrazem je zdánlivý pohyb Slunce, se děje po eliptické dráze a pohyb v této dráze že je ve shodě s 2. Keplerovým zákonem nerovnoměrný. Koperník však musel přidat epicykl, na němž by se pohybovala Země. Střed to-

hoto epicyklu se pohyboval po deferentu opačným směrem, ale za tutéž dobu. Jiné řešení vedlo k umístění Slunce mimo střed prvního kruhu.

Jak již bylo uvedeno v 11. kapitole 1. knihy, Koperník zavedl tzv. pohyb sklonu zemské osy, aby vysvětlil jev precese. Při přesném zkoumání bylo možno vysvětlit pohyb sklonu pomocí několika kruhových pohybů, takže bylo třeba stanovit doplňující kruhy.

Na základě pozorování Slunce, konaných v letech 1515 a 1516, Koperník určil sklon ekliptiky k rovníku. Rovněž vypočetl a v této knize uvedl tabulky zdánlivého pohybu Slunce po nebi.

Velmi obsírná třetí kniha je vedle první knihy nejdůležitější částí Oběhů. Vytváří totiž nejen matematické doplnění první knihy, ale především určuje pohyb zemské osy jako skutečnou příčinu jevu precese. Teorie tohoto pohybu představuje jeden z největších výdobytků koperníkovské astronomie.

ČTVRTÁ KNIHA

V této knize Koperník rozebírá teorii pohybu Měsíce, protože Měsíc sloužil jako vztažný bod při zkoumání pohybů planet.

„... Na počátku začneme s pohybem Měsíce, a to předně proto, že jeho pomocí se dají poznat a určit jak ve dne, tak i v noci polohy každé hvězdy, za druhé proto, že Měsíc jediný ze všech nebeských těles obíhá kolem středu Země a mění fáze a je ze všech Zemi nejpodobnější...“

Již svým prvním pozorováním zákrytu jasné hvězdy v souhvězdí Býka, zvané Aldebaran, Koperník zdůvodnil, že není správná Ptolemaiova domněnka, že by Měsíc při čtvrtích měl dvojnásobně větší vzdálenost než při

úplňku. Avšak pro vysvětlení pozorovaného pohybu Měsíce bylo třeba doplnit systém kruhů, i když o něco jednodušší, než je u Ptolemaia.

Základním úkolem bylo určení přesné vzdálenosti Měsíce. Pro tělesa v oblasti Slunce je mírou vzdálenosti úhel, pod nímž je z daného tělesa vidět rovníkový průměr Země, to je tzv. denní paralaxa. Aby ji určil, Koperník se rozhodl pozorovat zatmění Měsíce, který v tu chvíli musí na nebi být přesně proti Slunci. (Měsíc toto místo zaujímá při některých zatměních.) Každá odchylka od tohoto postavení pochází z toho, že pozorujeme z povrchu Země a nikoli z jejího středu, takže je spojena s denní paralaxou Měsíce. Koperník došel k paralaxe Měsíce rovné asi jednomu stupni, takže jeho vzdálenost vychází na 52 až 68 zemských průměrů (v závislosti na postavení Měsíce v bližším či vzdálenějším bodě vůči Zemi). To se dost dobře shoduje se skutečnou hodnotou střední vzdálenosti Měsíce od Země, která je 384 tisíc km, tedy asi 60 zemských průměrů.

Méně přesně se Koperníkovi podařilo určit vzdálenost Slunce od Země. Přijal totiž, že největší vzdálenost je rovna 1179 zemských průměrů, zatímco dnes se určuje skutečná největší vzdálenost Země od Slunce na 152 milionů km, což se rovná asi 23 tisícům zemských průměrů. Koperníkovi vyšlo, že Slunce je dvacetkrát blíže než ve skutečnosti.

Dále jsou ve čtvrté knize vyloženy: výpočet délky a průměru zemského stínu, délky trvání zatmění, metody výpočtu zatmění Slunce a Měsíce a konečně podrobné tabulky poloh Měsíce.

K pozorování poloh Měsíce Koperník podle Ptolemaiova příkladu užíval paralaktického přístroje, zvaného též trikvetr, který si vlastnoručně zhotovil ze dřeva. Po-

drobný popis konstrukce tohoto přístroje je ve čtvrté knize.

PÁTÁ A ŠESTÁ KNIHA

Ve zbývajících dvou knihách svého díla Koperník probírá změny poloh planet v ekliptikální délce (knih pátá) a šířce (knih šestá). To jsou dvě souřadnice, které určují polohu nebeského tělesa vzhledem k rovině ekliptiky. Ekliptikální délka je úhlová vzdálenost od jarního bodu, která se počítá východním směrem podél ekliptiky; šířka je výška daného tělesa nad (nebo pod) rovinou ekliptiky. Citujme Koperníkův úvod:

„Přistupujeme nyní k pohybu pěti planet, do jejichž pořadí a velikosti jejich sfér vnáší pohyb Země za obdivuhodného souhlasu jistou symetrii, jak jsme to souhrnně vyložili v první knize, když jsme ukázali, že tyto sféry mají mnohem spíše své středy při Slunci než při Zemi. [. . .] Je nyní naším úkolem zabývat se tím pohybem, kterým se tyto planety posouvají v šířce a ukázat, nakolik i v těchto jevech vykonává pohyblivost Země svůj vliv . . .“

Hlavní náplní zbývajících dvou knih je podrobnější rozpracování teorie pohybu planet a především osvobození se od nepravidelností těchto pohybů v ekliptice.

Koperník prokazuje, že pozorovaný pohyb planet se dá vysvětlit mnohem jednodušším způsobem, jestliže se přijme heliocentrický názor, v němž by pozorovatel sledoval planety z pohybuující se Země. Velké epicykly, které Ptolemaios používal pro vnější planety, se staly bezúčelnými. Totéž se týká i vnitřních planet, u nichž však velké epicykly byly obrazem jejich skutečného pohybu kolem Slunce.

Protože však kruhové heliocentrické planetární dráhy, jak je nový systém předpokládal, nevystihovaly nerov-

noměrnosti pozorované v pohybech planet v důsledku jejich proměnné vzdálenosti od Slunce (což je důsledkem pohybu planet po eliptických drahách podle 1. a 2. Keplerova zákona), musel Koperník připojit malé epicykly. Na rozdíl od geocentrického systému, v němž vzdálenosti planet od Slunce byly libovolné, bylo v heliocentrické teorii třeba doplnit přesně proměřené průměry planetárních drah, vyjádřené v průměrech zemské dráhy. Tímto způsobem Koperník nejenže vybudoval obraz planetárního systému, ale určil i jeho rozměry.

Jedním z nejvýraznějších důsledků zavedení heliocentrického systému bylo osvobození od nesmírně komplikovaných pohybů planet, jakmile se pozorované zpětné pohyby planet daly vysvětlit pohybem Země kolem Slunce. Avšak je třeba věnovat pozornost tomu, že středy kruhových drah, jak je Koperník předpokládal, nespádaly v jeden bod, ale pouze do sousedství Slunce. Tak např. střed Jupiterovy dráhy byl v blízkosti dráhy Merkuru, střed Saturnovy dráhy zase vně dráhy Venuše. Vyplývalo to z přijaté zásady, že planety se pohybují rovnoměrným pohybem v kruhových drahách, při nichž však nebylo možno umístit Slunce centrálně.

Speciální úsek páté knihy Koperník věnoval výkladu pohybu Merkuru. Pro tuto planetu, která je Slunci nejbliže, bylo třeba přidat epicykl, jehož střed se pohyboval po pohybující se dráze, zatímco planeta se pohybovala přímočarým pohybem po průměru epicyklu. Tento efekt bylo možno získat skládáním dvou stejných kruhových pohybů postupujících navzájem v opačném směru.

Srovnáním svého pozorování s Ptolemaiovým Koperník došel k pohybu přímky apsid Merkurovy dráhy. Přímkou apsid se nazývá ta úsečka, která spojuje bod na dráze planety, který leží Slunci nejbliže (tzv. perihélium)

s bodem nejbvzdálenějším, tzv. aphéliem. Podobný pohyb Koperník našel i u jiných planet. Stáčení přímky apsid, a tedy i změna polohy perihélia dané planety, vzniká další přitažlivostí jiných planet, porušujících pohyb dané planety kolem Slunce.

Při rozpracování teorie pohybu planet byly spojeny zvláštní obtíže zejména se sklonem planetárních drah vzhledem k dráze Země, tj. vzhledem k rovině ekliptiky. Tyto sklony měří od 1° do 7° , pouze u Pluta, který Koperníkovi nebyl znám, je sklon 17° . Koperník na základě pozorování planet určil tyto sklony, způsobující změny ve vzdálenosti planet od roviny ekliptiky, tj. změny ekliptikální šířky planet. Protože chtěl uvést do souladu teorii s pozorováním, musel přijmout oscilace roviny planetární dráhy, jejíž poloha se měnila podle uzlové přímky, tj. podle průsečnice planetární dráhy s ekliptikou.

Šestá kniha je poslední částí díla a má doplňkový charakter. Když napsal počáteční knihy, Koperník přistoupil k novým pozorováním se záměrem potvrdit svou teorii. Je možné, že kvůli tomu tak dlouho otálel s publikací knih Oběhů, protože doufal uplatnit v nich obsírnější pozorovací materiál.

Vlastní velmi rozsáhlý pozorovací materiál, týkající se planet, měl k dispozici teprve o několik desítek let později dánský učenec Tycho Brahe, nejvýznačnější astronom 2. poloviny 16. století, který dlouhodobě pozoroval planety a dosahoval značné přesnosti při určování jejich poloh.

5/ VÝZNAM KOPERNÍKOVA DÍLA PRO DALŠÍ ROZVOJ ASTRONOMIE

Celý svůj život Koperník hledal pravdu o vesmíru, přičemž jeho astronomické bádání bylo přesně propojeno s ostatními vědeckými výzkumy. Spojil totiž astronomické jevy, které vystupují na nebi, s jevy pozemskými, tvrdě jako první, že Země je jednou z planet, a proto i pozemské fyzikální zákony musí platit i mimo ni.

Mimořádně významné bylo zavedení pojmu relativity pohybu do teorie stavby vesmíru. Tuto zásadu sice vysvětlil již Euklides ve své Optice, ale Koperník jako první ji užil pro výklad pozorovaných pohybů nebeských těles. V Koperníkově planetárním systému Měsíc již není planetou, ale je jen družicí Země, jejím satelitem. Je třeba si rovněž povšimnout, že knihy Oběhů se od dřívějších astronomických prací liší také tím, že v nich je zcela vymýcena spekulace, jež by nebyla podložena fakty. Koperník skvěle uspěl v tom, jak svou teorii spojil s pozorováním. Navázal při tom svá pozorování na dřívější, získaná již ve starověku, aby např. mohl vypracovat nové tabulky poloh nebeských těles. V mnoha případech doplňoval důkazy jednoduchými výkresy a pro potřebu čtenáře a budoucího uživatele díla sestavoval tabulky pomocných veličin. Vyplyvalo to z nesmírné pečlivosti v přípravě díla a důslednosti při dokončování všech detailů.

Knihy Oběhů, i když jsou značně rozsáhlé, jsou psány velmi lakonickým způsobem; v tom jsou příbuzné starověkým a středověkým dílům. Rovněž tak Koperní-

kův vesmír, kromě přechodu z geocentrického na heliocentrický systém, byl také ještě značně tradiční. Slunce ještě nebylo pojímáno jako hvězda, bylo výsadním středem vesmíru, a i vesmír byl jednoznačně ohraničen sférou stálic a konečně pohyb planet po kruhových drahách musel být rovněž vykládán pomocí epicyklů. Také mnoho závěrů, vyplývajících z obsahu díla, završili teprve později Koperníkovi pokračovatelé, úměrně tomu, jak byla získávána přesnější pozorování.

Italský matematik a astronom Galileo Galilei, který žil na přelomu 16. a 17. století, první potvrdil správnost Koperníkovy teorie pozorováním. Dalekohledem o dvou čočkách, který si sám sestrojil a kterým dosáhl třicetinásobného zvětšení, objevil v r. 1609 čtyři Jupiterovy satelity. Potvrdil tak, že satelity krouží kolem této planety stejně, jako v Koperníkově systému obíhají planety kolem Slunce. Galilei rovněž objevil fáze Venuše, které se dají vysvětlit pouze tak, že tato planeta obíhá kolem Slunce, tedy ve smyslu Koperníkovy teorie.

Na základě přesných pozorování planet, která získal Tycho Brahe, jak jsme toho již vzpomněli, Johannes Kepler zformuloval a potvrdil v letech 1609 až 1619 zákony pohybu planet (viz kapitolu o oběžném pohybu Země). Tyto tři zákony zmodernizovaly Koperníkův systém, i když ještě nedávaly odpověď na otázku, proč Slunce působí na Zemi a na jiné planety.

Tři základní principy dynamiky, určující chování těles za působení sil a vzájemné působení těles, a především zákon všeobecné gravitace zformuloval teprve v r. 1687 anglický fyzik a astronom Isaac Newton. V tomto posledním zákoně právě potvrdil, že vzájemné přitahování dvou těles je přímo úměrné součinu jejich mas a nepřímo úměrné čtverci jejich vzdáleností. Protože již znal zemskou při-

tažlivost, mohl Newton výpočtem ověřit pohyb Měsíce, který se kolem Země pohybuje po eliptické dráze, shodně s Keplerovými zákony.

Otázka dvou těles, planety a Slunce, přitahujících se podle Newtonova zákona, byla rozšířena tím, že se začalo uvažovat o přitažlivém působení jiných planet. Tyto úvahy se opíraly o pozorovaný fakt, který byl potvrzen již Koperníkem, a sice o zjištěný pohyb přímek apsid planetárních drah.

Spolu s použitím dalekohledů vznikly pokusy měřit paralaxy hvězd. V letech 1726 až 1728 pozoroval anglický astronom James Bradley změny v poloze hvězdy γ Draka, které nebylo možno vysvětlit paralaktickým posouváním. Bradley zjistil, že chce-li udržet obraz hvězdy ve středu zorného pole, musí nacylovat dalekohled ve směru pohybu Země po dráze kolem Slunce. Tento jev, zvaný aberace světla, který vzniká z konečnosti rychlosti světla a ročního pohybu Země, byl prvním bezprostředním fyzikálním důkazem pohybu Země kolem Slunce a tedy i prvním důkazem správnosti Koperníkovy teorie.

První proměření paralaxy hvězdy – což nemohl dosáhnout Koperník – byla uskutečněna teprve v první polovině 19. stol. V letech 1837–1838 změřili nezávisle na sobě paralaxy hvězd ruský astronom Wilhelm Struve pro Vegu (α Lyry) a německý astronom Friedrich Bessel pro hvězdu 61 Labutě.

Tak Koperníkův systém, doplněný a podepřený Keplerovými a Newtonovými zákony a pozorováním aberace a paralax, se stal pevným základem novodobé astronomie.

Pro všechny přírodní vědy mělo mimořádný význam potvrzení toho, že zákony přírody jsou všude tytéž, ať již na Zemi, či mimo ni, a že tak existuje v celém vesmíru

jednota hmoty i zákonů, které ji ovládají. Koperníkovy knihy Oběhů mohou být vzorem vědecké publikace, v níž teorie byla přesně spojena s pečlivě propracovanými důkazy.

Koperníkovské planetární pohyby byly během let v podrobnostech modifikovány, zůstal však precesní pohyb zemské osy (který je rovněž pojímán poněkud jinak), pohyb přímek apsid a především setrval nejvýznamnější prvek astronomie Mikuláše Koperníka – nový způsob názírání na tehdy známý vesmír, které vyjímá člověka a Zemi z ústředního postavení a na její místo dosazuje Slunce:

„IN MEDIO VERO OMNIUM RESIDET SOL“

POZNÁMKA PŘEKLADATELE

Česká literatura o Koperníkovi zatím není příliš bohatá. Vrátime-li se o celé století zpět, setkáme se se spiskem F. J. Studničky „Mikuláš Koperník“ (Praha, 1873, vyšlo též v rámci sbírky od téhož autora „Bohatýrové ducha“, Praha 1898). Četná hlediska tohoto spisku jsou přirozeně již zastaralá. Po překladu spisku Camille Flammariona (Praha, 1900) následovaly vlastně až překlady brožury K. L. Bajeva „Tvůrcové nové astronomie“ (Život a práce, Praha 1950), kde na str. 19 až 61 je pojednáno o Koperníkovi, beletristicky pojaté knihy G. Revzina „Mikuláš Koperník“ (Osvěta, Praha 1952) a publikace přednášky Jos. M. Mohra („Mikuláš Koperník“, Orbis, Praha 1953). O Koperníkově heliocentrickém systému je rovněž podrobně pojednáno v knize Z. Horského–M. Plavce: „Poznávání vesmíru“ (Malá moderní encyklopedie, sv. 37, Orbis, Praha 1962, str. 100 a násl.).

Při práci na této knížce se překladatel věrně držel předlohy a nezasahoval do ní ani emendacemi, ani zkrocováním, ani naopak rozšiřováním či uváděním dalších příkladů.

OBSAH

- Předmluva k českému vydání 5
- 1/ NĚCO Z ASTRONOMICKÝCH ZNALOSTÍ 11
 Skutečné pohyby Země 11
 Původní astronomická měření 17
 Pohyb Slunce a planet podle Ptolemaia 18
- 2/ PRVNÍ INFORMACE O KOPERNÍKOVĚ TEORII:
 MALÝ KOMENTÁŘ
 A PRVNÍ ROZPRAVA 22
- 3/ PRVNÍ VYDÁNÍ KOPERNÍKOVA DÍLA OBĚHY 29
- 4/ OBSAH OBĚHŮ 33
 Koperníkova předmluva – „Dedikační dopis“ 33
 První kniha 38
 Druhá kniha 75
 Třetí kniha 77
 Čtvrtá kniha 79
 Pátá a šestá kniha 81
- 5/ VÝZNAM KOPERNÍKOVA DÍLA PRO DALŠÍ ROZVOJ ASTRONOMIE 84
 POZNÁMKA PŘEKLADATELE 88



EDICE PYRAMIDA

CECYLIA
IWANI-
SZEWSKA

ASTRONOMIE Mikuláše Koperníka

Z polského originálu

Astronomia Mikołaja Kopernika, vydaného
nakladatelstvím PWN – oddział w Poznaniu –
roku 1970,

a z latinského originálu Koperníkova díla
odpovídající citáty přeložil dr. Zdeněk Horský.
Obálku navrhl Jiří Rathouský.

Vydalo nakladatelství Orbis, n. p., v Praze
roku 1972

k 500. výročí narození Mikuláše Koperníka
jako svou 3376. publikaci.

Edice Pyramida.

Odpovědný redaktor Jan Bauer.

Výtvarná redaktorka Věra Šalamounová.

Technický redaktor Josef Pekárek.

92 stran.

Vytiskla Státní tiskárna, závod 2,
Slezská 13, Praha 2.

Cena brož.

5,- Kčs.

11-120-72 03/3

Náklad 3000 výtisků

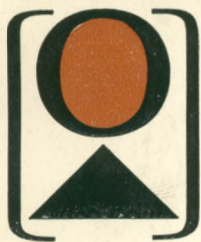
AA 3,82, VA 4,17. 505-21-852.

1. vydání.

P Y R A M I D A lidského poznání neustále roste. V období vědeckotechnické revoluce je člověk denně zaplavován obrovským množstvím informací o pokroku vědy a techniky. Orientovat se v nich je stále obtížnější, neboť dělba práce a specializace ztěžují mnohdy i odborníkům výhled za hranice vlastní profese. Cílem edice PYRAMIDA je nejen popularizace vědy, ale i umění. Informace, které čtenáři poskytují svazky edice, mohou se stát spolehlivým základem pro další, hlubší studium.

Ze svazků edice

I. S. KON	<i>Sociologie osobnosti</i>
EINSTEIN-INFELD	<i>Fyzika jako dobrodružství poznání</i>
A. P. KAŽDAN	<i>Náboženství a ateismus ve starověku</i>
P. SPUNAR A KOL.	<i>Kultura středověku</i>
J. A. PONOMAREV	<i>Duševní život a intuice</i>
S. LILLEY	<i>Stroje a lidé v dějinách</i>
P. ROUSSEAU	<i>Vynalézat je dobrodružství</i>
F. V. ŠUCHARDIN	<i>Současná vědeckotechnická revoluce</i>



„... uprostřed spočívá Slunce. Vždyť kdo by v tomto překrásném chrámu vložil tuto svítilnu do jiného či lepšího místa, než odkud by zároveň všechno mohla osvětlovat? Vždyť jistě nikoli nevhodně někteří nazývají Slunce lucernou světa, jiní jeho myslí, jiní jeho vládcem. Hermes Trismegistos je nazývá viditelným bohem, Sofoklova Elektra o něm mluví jako o vševidoucím. Tak vskutku Slunce spočívající jakoby na královském stolci vládne kolem kroužící rodině planet.“

PYRAMIDA

ORBIS

11 - 120 - 72

03/3

Cena brož. 5,- Kčs

MIKULÁŠ KOPERNÍK:
O OBĚZÍCH SFÉR SVĚTA
1. KNIHA, 10. KAPITOLA



PYRAMID

ORBIS

ed spočívá Slunce.
oy v tomto
chrámu vložil
a do jiného či
ta, než odkud by
chno mohla
Vždyť jistě nikoli
ěkteří nazývají
nou světa, jiní jeho
ho vládcem.
megistos je nazývá
bohem, Sofoklova
m mluví jako
ím. Tak vskutku
vající jakoby
m stolci vládne
ící rodině planet.“

QPCARD 201

ERNÍK:

OBĚZÍCH SPĚR SVĚTA
I. KNIHA, 10. KAPITOLA

II - 120 - 72

03/3

Cena brož. 5,- Kčs