

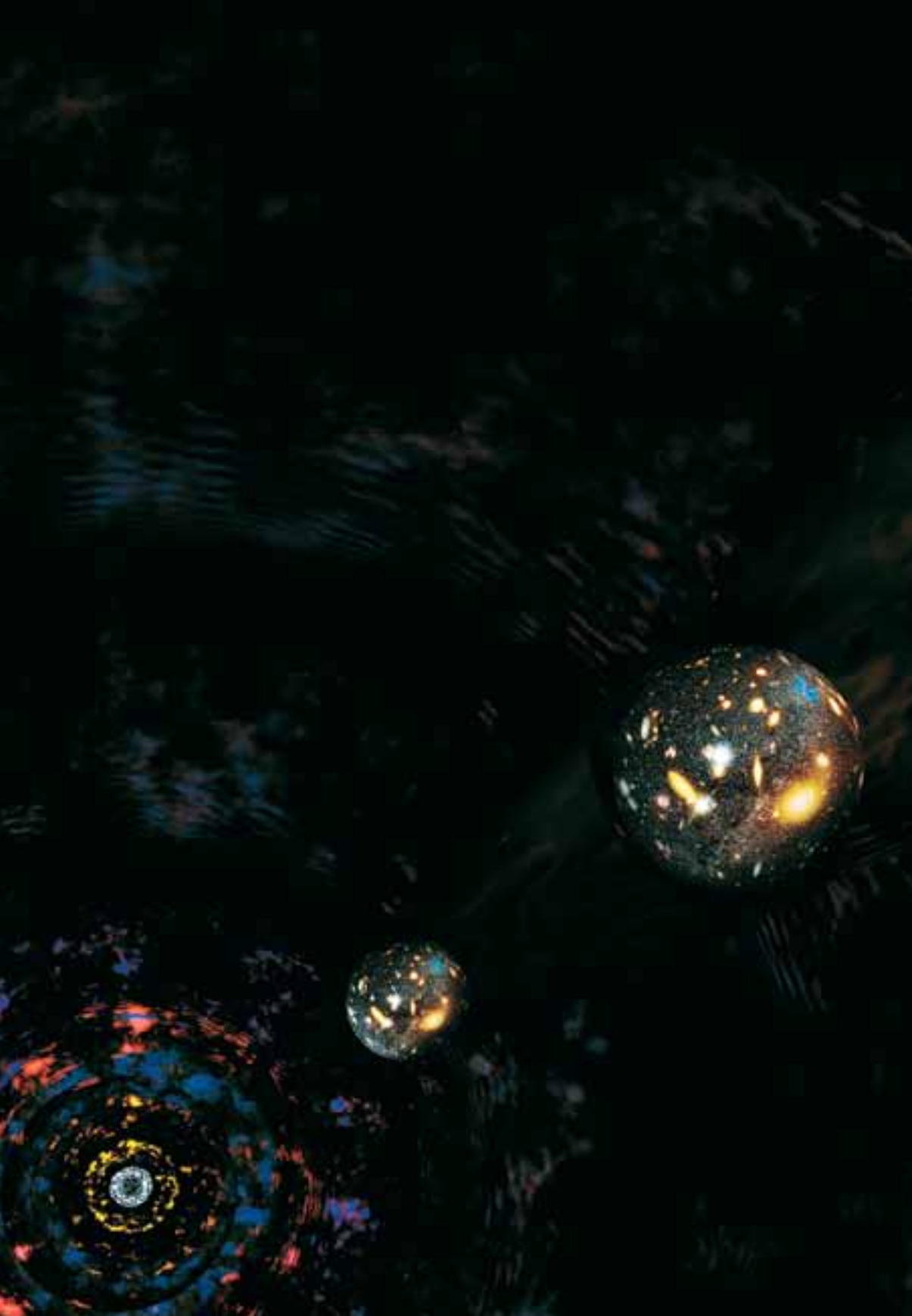
KLASICKÉ DIELO VEDY NAPÍSANÉ PRÍSTUPNEJŠOU FORMOU
VÝSTIŽNEJŠIE, ILLUSTRované
OBSAHUJE POZNATKY Z NAJNOVŠIEHO VÝSKUMU



EŠTE STRUČNEJŠIA HISTÓRIA ČASU

STEPHEN HAWKING A LEONARD MLODINOW

slovar



EŠTE STRUČNEJŠIA HISTÓRIA ČASU



EŠTE STRUČNEJŠIA
HISTÓRIA
ČASU

STEPHEN HAWKING A LEONARD MLODINOW

slovar

Copyright © 2005 by Stephen Hawking

Original art copyright 2005 © The Book Laboratory® Inc.

Slovak edition © 2006 by Vydavateľstvo SLOVART, spol. s r. o., Bratislava

Translation © 2006 by Pavol Gušťačík

Portrét profesora S. Hawkinga – s. 21, 34 a 93 © Stewart Cohen

Obálka – The Book Laboratory® Inc. And Moonrunner Design

Podakovania – Ilustrácie – The Book Laboratory® Inc. James Zhang a Kees Veenenbos

Portrét Marilyn Monroe – The Estate of Andre de Dienes/Ms. Shirley de Dienes licensed
by One West Publishing, Beverly Hills, Ca. 90212

Prvé slovenské vydanie

Z anglického originálu The Briefer History of Time preložil Dr. Pavol Gušťačík Ph.D.

Zodpovedná redaktorka PhDr. Tatiana Žáryová

Editorka Katarína Halčinová

Typografia Studio Marvil, s. r. o.

Tlač Východoslovenské tlačiarne, a. s., Košice

ISBN 80-8085-090-9

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Všetky práva vyhradené

www.slovart.sk

OBSAH

Predslov.....	9
Kapitola prvá	
Premýšľanie o vesmíre.....	11
Kapitola druhá	
Ako sa vyvíjal náš obraz o vesmíre.....	13
Kapitola tretia	
O povahe vedeckej teórie.....	19
Kapitola štvrtá	
Vesmír podľa Newtona.....	24
Kapitola piata	
Relativita.....	30
Kapitola šiesta	
Zakrivený priestoročas.....	41
Kapitola siedma	
Rozpínajúci sa vesmír.....	52

Kapitola ôsma	
Veľký tresk, čierne diery a vývoj vesmíru	67
Kapitola deväta	
Kvantová teória gravitácie	82
Kapitola desiat	
Červie diery a cestovanie v čase	99
Kapitola jedenásta	
Sily prírody a zjednotenie fyziky.....	111
Kapitola dvanásta	
Záver	130
Albert Einstein.....	135
Galileo Galilei	137
Isaac Newton	139
Slovník	141
Register	147

PREDSLOV

Pôvodná kniha S. Hawkinga, *Stručné dejiny času*, ktorá vyšla v roku 1988, sa udržala na zozname bestsellerov londýnskych *Sunday Times* 237 týždňov. Kópiu tejto knihy vlastní približne každý 750. človek na našej planéte. Pre knihu, ktorá sa zaoberala niektorými z najťažších problémov súčasnej fyziky, to bol pozoruhodný úspech. Tieto problémy však zároveň patria medzi tie najvzrušujúcejšie, pretože nastolujú základné otázky: Čo naozaj vieme o vesmíre? Ako sme sa to dozvedeli? Odkiaľ pochádza vesmír a kam speje? Tieto otázky boli podstatou *Stručných dejín času* a sú aj ťažiskom tejto knižky.

Od prvého vydania *Stručných dejín času* posielali čitatelia rôzneho veku a zamestnania z rôznych častí sveta svoje ohlasy na toto dielo. Opakovane požadovali jeho novú verziu, takú, ktorá by zachovala podstatu *Stručných dejín času*, no vysvetlila by najdôležitejšie myšlienky menej náročným a voľnejším spôsobom. Hoci by sa dalo očakávať, že názov takejto knihy by mal byť niečo ako *Menej stručné dejiny času*, bolo jasné, že len málo čitateľov požaduje obsiahlu rozpravu, ktorá by bola vhodná pre vysokoškolský predmet zameraný na kozmológiu. Preto sme zvolili nasledujúci prístup. Pri písaní *Ešte stručnejšej histórie času* sme zachovali a rozšírili podstatný obsah pôvodnej knihy, pričom sme zachovali aj jej dĺžku a čitateľnosť. Toto je skutočne stručnejšia história, pretože sme vynechali časti s technickým opisom. Cítíme však, že na druhej strane to vyváža prenikavejšie pokrytie materiálu, ktorý je naozaj srdcom tejto knihy.

Túto príležitosť sme využili tiež na zahrnutie najnovších teoretických a experimentálnych výsledkov. *Ešte stručnejšia história času* opisuje nedávny

pokrok na poli objavovania úplnej zjednotenej teórie všetkých fyzikálnych síl, predovšetkým pokroky v teórii strún a tiež „duality“ či zhody medzi zdanlivo rôznymi fyzikálnymi teóriami, ktoré poukazujú na existenciu zjednotenej fyzikálnej teórie. Čo sa týka pozorovaní, v tejto knihe sú zahrnuté nové dôležité pozorovania pochádzajúce napríklad zo satelitu COBE (*Cosmic Background Explorer* – Výskumník vesmírneho pozadia) alebo z Hubblovho vesmírneho teleskopu.

Pred približne štyridsiatimi rokmi Richard Feynman povedal: „Máme to šťastie, že žijeme vo veku, keď je ešte stále možné niečo objavovať. Podobá sa to objaveniu Ameriky – môžete ju objaviť iba raz. Vek, v ktorom žijeme, je vekom, v ktorom objavujeme základné zákony prírody.“ Dnes sme k pochopeniu podstaty vesmíru bližšie ako kedykoľvek predtým. Cieľom pri písaní tejto knihy bolo podeliť sa o vzrušenie, ktoré tieto objavy poskytujú, a o obraz, ktorý sa v ich dôsledku vynára.

Kapitola prvá

PREMÝŠĽANIE O VESMÍRE

Zijeme vo zvláštnom vesmíre plnom divov. Potrebujeme nezvyčajnú predstavivosť, aby sme mohli oceniť jeho vek, veľkosť, a dokonca aj jeho krásu. Miesto, ktoré ľudstvo v ňom zaberá, sa môže zdať celkom bezvýznamné. No snažíme sa porozumieť všetkému navôkol a zistiť, ako a kde do tohto úžasného vesmíru prináležíme. Pred niekoľkými desaťročiami istý známy vedec (povráva sa, že to bol Bertrand Russell) mal verejnú prednášku o astronómii. Opísal, ako Zem krúži okolo Slnka a ako Slnko zase krúži okolo stredu obrovskej hromady hviezd, ktorú nazývame naša Galaxia. Na konci prednášky však vstala stará dáma na konci sály a povedala: „Všetko, čo ste nám tu dnes povedali, je hlúposť. Svet je predsa plochá doska ležiaca na obrovskej korytnačke.“ Vedec sa povýšene usmial a spýtal sa: „Na čom stojí tá korytnačka?“ „Vy ste ale chytrák, mladíček, veľký chytrák!“ odvetila pani. „Korytnačky sú až úplne po spodok!“

Dnes by sa väčšina ľudí pousmiala nad obrazom sveta ako nekonečnej veže korytnačiek stojacich na sebe. Prečo by sme si však mali myslieť, že vieme viac? Zabudnime na chvíľu na všetko, čo vieme – alebo si myslíme, že vieme – o vesmíre. Potom sa pozrime na nočnú oblohu. Čo by sme si mysleli o všetkých tých svetielkach? Sú to malé ohníky? Je nesmierne ťažké predstaviť si, čo naozaj sú, pretože to, čo skutočne sú, je veľmi vzdialené od našich skúseností. Ak sa pravidelne pozeráte na hviezdy, tak ste už počas úsvitu alebo počas súmraku zrejme videli svetlo svietiace tesne nad horizontom. Je to planéta Merkúr. Vôbec sa nepodobá tej našej. Deň na Merkúre trvá dve

tretiny jeho roka. Kým je slnko na oblohe, teplota dosahuje viac ako 400 °C, a keď zapadne, ochladí sa na takmer -200 °C. Hoci sa Merkúr tak veľmi líši od našej planéty, nie je vonkoncom taký náročný na našu predstavivosť ako typická hviezda, ktorá je obrovskou pecou, každú sekundu spaľujúcou miliardy kilogramov hmoty, a ktorej teplota v jadre dosahuje desiatky miliónov stupňov Celzia.

Ďalšie, čo je nesmierne ťažké si predstaviť, je, ako ďaleko od nás sa planéty a hviezdy nachádzajú. Mudrci starej Číny stavali kamenné veže, aby sa mohli priblížiť ku hviezdám. Je prirodzené myslieť si, že hviezdy a planéty sú oveľa bližšie, než naozaj sú – veď v bežnom živote nemáme žiadnu skúsenosť s obrovskými vzdialenosťami vo vesmíre. Tie vzdialenosti sú také veľké, že nemá zmysel merať ich v metroch alebo kilometroch, teda spôsobom, ako meriame väčšinu vzdialeností. Namiesto toho používame svetelné roky, teda vzdialenosť, ktorú prejde svetlo za rok. Za jednu sekundu lúč svetla prejde približne 300 000 km, takže svetelný rok je nesmierna vzdialenosť. Najbližšia hviezda, iná ako naše Slnko, sa volá Proxima Centauri a je vzdialená od Zeme štyri svetelné roky. To je tak ďaleko, že aj tej najrýchlejšej kozmickej lodi, ktorá existuje zatiaľ iba v nákresoch, by cesta trvala niekoľko desiatok tisíc rokov.

Aj v minulosti sa ľudia usilovali porozumieť vesmíru, ale nepoznali súčasný matematický aparát ani vedu. Dnes máme k dispozícii silné nástroje: duševné nástroje ako matematiku či vedecké metódy a technologické nástroje – počítače a teleskopy. Pomocou týchto nástrojov vedci dokázali pospájať množstvo poznatkov o vesmíre. Čo však skutočne vieme o vesmíre? Kde sa tu vzal vesmír? Aký je jeho osud? Má začiatok? Ak áno, čo bolo *pred* ním? Aká je povaha času? Skončí sa niekedy? Môžeme cestovať v čase?

Nedávne objavy vo fyzike, ktoré boli dosiahnuté aj vďaka novým technológiám, naznačujú odpovede na niektoré z týchto pradávnych otázok. Jedného dňa sa nám tieto odpovede budú javiť také jasné ako Slnko, okolo ktorého krúži naša Zem – alebo možno také smiešne ako veža z korytnačiek. Iba čas (čokoľvek čas je) nám poskytne odpoveď.

Kapitola druhá

AKO SA VYVÍJAL NÁŠ OBRAZ O VESMÍRE

Napriek tomu, že ešte aj v dobe Krištofa Kolumba si ľudia bežne mysleli, že svet je plochý (takých ľudí nájdeme aj dnes), je možné vystopovať známky modernej astronómie už u starovekých Grékov. Okolo roku 340 pred n. l. grécky filozof Aristoteles napísal knihu s názvom *Na nebi*. V nej uviedol dobré argumenty na to, aby sme uverili, že Zem je zrejme guľa, a nie plochý disk.

Jeden z argumentov bol založený na jave zatmenia Mesiaca. Aristoteles si uvedomil, že zatmenia sú zapríčinené Zemou, ktorá sa dostane medzi Slnko a Mesiac. Keď sa to stane, Zem vrhne tieň na Mesiac, a tým spôsobí zatmenie. Aristoteles si všimol, že tieň je vždy okrúhly. To je to, čo by sme očakávali, keby Zem bola guľatá. Keby Zem bola plochý disk, jej tieň by bol okrúhly len vtedy, keby zatmenie nastalo v čase, keď je Slnko presne pod stredom Zeme. V iných prípadoch by bol tieň predĺžený – mal by tvar elipsy (elipsa je „predĺžený kruh“).

Gréci mali naporúdzia aj ďalší dôkaz guľatosti Zeme. Keby bola Zem plochá, dalo by sa očakávať, že približujúca sa loď sa zjaví najskôr ako maličká bodka na horizonte. Čím viac by sa blížila, tým viac detailov by bolo vidieť, ako sú plachty alebo trup. To sa však nedeje. Keď sa loď zjaví na horizonte, najskôr vidíme jej plachty. Až keď sa viac priblíži, uvidíme jej trup. Skutočnosť, že sťažne nad trupom sa zjavia na horizonte ako prvé, je dôkazom, že Zem je guľa.

Gréci venovali pozornosť aj nočnej oblohe. Ľudia už pred Aristotelom zaznamenávali pohyby svetielok na oblohe. Všimli si, že aj keď sa tisíce



Loď sa vynára spoza horizontu.

Kedže Zem je guľa, vidíme najprv stážeň a plachty, až potom sa objaví trup lode.

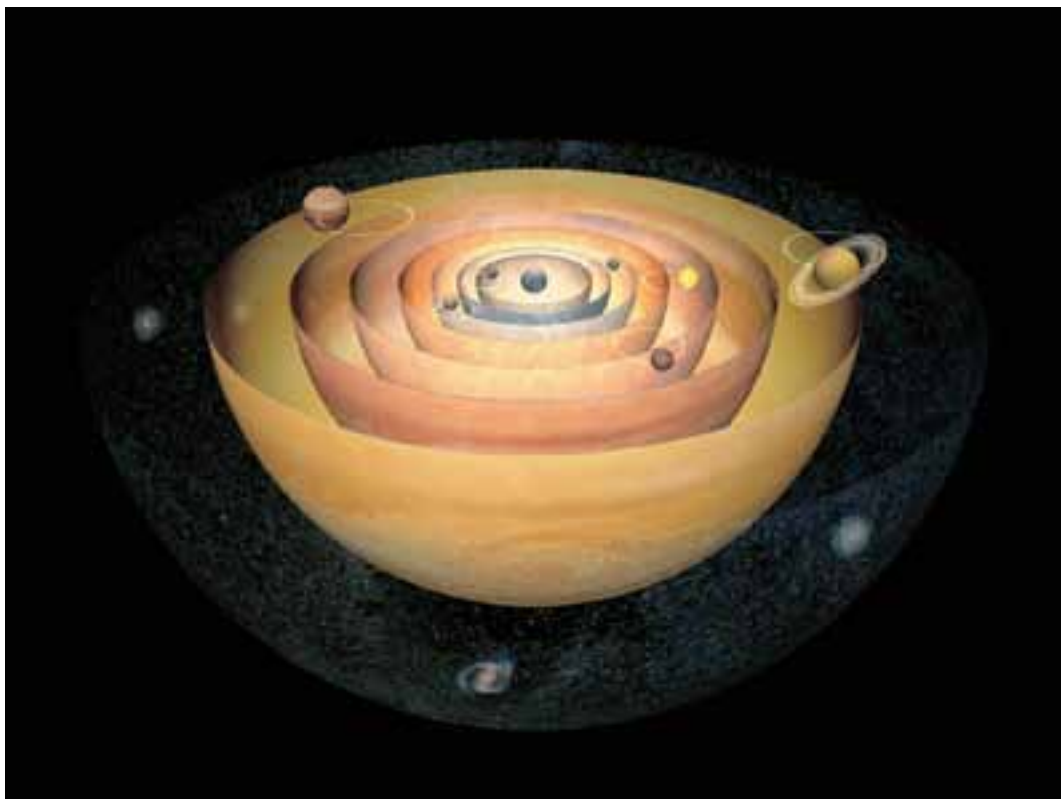
svetiel pohybujú spolu po nebi, päť z nich (ak nepočítame Mesiac) bolo výnimkou. Niekedy sa tieto svetlá zatúlali z pravidelnej cesty z východu na západ a išli opačne. Tieto svetielka nazvali planétami, čo je grécke slovo pre „tulákov“. Gréci pozorovali iba päť planét, pretože iba päť planét možno vidieť voľným okom: Merkúr, Venušu, Mars, Jupiter a Saturn. Dnes už vieme, prečo sa planéty pohybujú po takých nezvyčajných dráhach po oblohe: hoci sa hviezdy v porovnaní s naším hviezdny systémom sotva pohybujú, planéty krúžia okolo Slnka, a tak pohyb planét po nočnej oblohe je o dosť komplikovanejší ako pohyb vzdialených hviezd.

Aristoteles si myslel, že Zem sa nehýbe a Slnko, Mesiac, planéty a hviezdy sa pohybujú po kruhových dráhach okolo Zeme. Veril tomu, pretože cítil (pre náboženské dôvody), že Zem je stredom vesmíru a kruhový pohyb je najdokonalejší. V 2. storočí ďalší Grék – Ptolemaios – premenil Aristotelovu myšlienku v úplný model nebies. Ptolemaios bol veľmi zaniatený pre svoje skúmanie. „Keď s potešením vzhliadam k množstvu hviezd na ich kruhovej ceste,“ napísal, „moje nohy sa prestanú dotýkať zeme.“

V Ptolemaiovom modeli obklopovalo Zem osem rotujúcich sfér. Každá sféra bola väčšia než tá pod ňou vnútri, niečo ako ruská matrioška. Zem bola v strede týchto sfér. To, čo ležalo za poslednou sférou, nebolo nikdy jasné, ale určite to nebolo časťou vesmíru, ktorý sa dá pozorovať človekom. Takže tá najvzdialenejšia vonkajšia sféra bola určitou hranicou, akýmsi obalom pre vesmír. Hviezdy boli pevne spojené s touto sférou. Pri pohybe tejto sféry mali hviezdy vzhľadom na seba stále tú istú polohu. Pohybovali sa spoločne ako skupina cez celú oblohu presne tak, ako to vidíme. Vnútorne sféry niesli planéty, ktoré neboli pevne spojené so svojimi sférami ako hviezdy, ale pohybovali sa po malých kruhoch, tzv. ekliptikách. Tým, že sa otáčali nielen planetárne sféry, ale aj planéty krúžili vnútri sfér, ich dráhy vzhľadom na Zem boli zložitejšie. Týmto spôsobom mohol Ptolemaios vysvetliť skutočnosť, že dráhy planét sú o dosť komplikovanejšie ako jednoduché kruhy na oblohe.

Ptolemaiov model poskytol pomerne presný systém predpovedí polôh nebeských telies. Na to, aby mohol predpovedať tieto polohy správne, musel Ptolemaios predpokladať, že Mesiac sa pohybuje po takej dráhe, ktorá ho niekedy prinesie dvakrát bližšie k Zemi ako inokedy. To však znamenalo, že Mesiac by mal byť čas od času dvakrát taký veľký ako zvyčajne! Ptolemaios to sám uznal ako chybu, no napriek tomu bol jeho model všeobecne, aj keď nie úplne, prijatý. Kresťanská cirkev si ho osvojila ako obraz vesmíru, ktorý je v zhode s Bibliou, pretože ponechával dostatočne veľa priestoru pre peklo a raj za sférou s pevnými hviezdami.

V roku 1514 však poľský kňaz Mikuláš Kopernik navrhol iný model. (Spočiatku, azda pre strach, aby ho cirkev neoznačila za heretika, rozširoval svoj model anonymne.) Kopernik predostrel revolučnú teóriu, že nie všetky



Ptolemaiov model

V Ptolemaiovom modeli Zem predstavovala stred vesmíru. Obklopovalo ju osem sfér, v ktorých boli všetky známe nebeské telesá.

nebeské telesá krúžia okolo Zeme. Jeho myšlienkou bolo, že Slnko stojí v strede slnečnej sústavy a Zem, rovnako ako aj planéty, krúži po kruhovej obežnej dráhe okolo Slnka. Podobne ako Ptolemaiov model aj Kopernikov model fungoval dosť dobre, ale nezodpovedal presne pozorovaniam. Keďže bol jednoduchší ako Ptolemaiov model, dalo by sa očakávať, že ho ľudia ľahko prijmú. Muselo však prejsť takmer storočie, kým sa niekto začal vážne zaoberať jeho myšlienkou. V tom čase dvaja astronómovia – Nemecký Jo-

hannes Kepler a Talian Galileo Galilei – začali verejne podporovať Kopernikovu teóriu.

V roku 1609 začal Galilei pozorovať nočnú oblohu pomocou teleskopu, ktorý bol práve objavený. Pozorovaním planéty Jupiter zistil, že okolo nej krúži niekoľko menších telies. To však znamenalo, že nie všetko krúži okolo Zeme tak, ako si to predstavovali Aristoteles a Ptolemaios. V rovnakom čase Kepler vylepšil Kopernikovu teóriu tým, že pre planéty navrhol namiesto kruhových dráh eliptické dráhy. Pomocou tejto zmeny bola zrazu teória v zhode s pozorovaniami. Tieto objavy definitívne popreli Ptolemaiov model.

Hoci eliptické obežné dráhy vylepšili Kopernikov model, pre Keplera predstavovali iba provizórnu hypotézu. Bolo to preto, lebo Keplerove myšlienky vychádzali z istých predstáv, ktoré nemali oporu v pozorovaniach: podobne ako Aristoteles aj Kepler jednoducho veril, že eliptické dráhy sú menej perfektné ako kruhové. Predstava, že by sa planéty mali pohybovať po takých nedokonalých dráhach, mu pripadala nepekná na to, aby ju prijal ako konečnú pravdu. Ďalšia vec, ktorá trápila Keplera, bolo, že nevedel zosúladiť eliptické dráhy s predpokladom, že planéty krúžia okolo Slnka vďaka magnetickým silám. Napriek tomu, že sa Kepler mýlil v tom, že magnetické sily sú zodpovedné za pohyb planét, treba uznať, že si uvedomil nevyhnutnosť sily, ktorá núti planéty krúžiť okolo Slnka. Správne vysvetlenie, prečo planéty krúžia okolo Slnka, poskytol až v roku 1687 Isaac Newton, keď publikoval svoje dielo *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Táto práca je pravdepodobne jednou z najdôležitejších prác v oblasti prírodných vied.

V *Principiach* Newton sformuloval zákon, ktorý tvrdil, že všetky telesá, ktoré sú prirodzene v pokoji, ostanú v pokoji, pokiaľ na ne nepôsobí sila. Ďalej opísal, ako sila zapríčini pohyb alebo zmenu pohybu telesa. Prečo sa planéty pohybujú v elipsách okolo Slnka? Newton tvrdil, že zodpovedná je osobitná sila. Navyac táto sila je tou istou silou, ktorá zapríčini, že objekty radšej padnú na zem, akoby sa mali v pokoji vznášať, keď ich pustíte z rúk. Pomenoval túto silu gravitácia (pred Newtonom slovo gravitácia označovalo buď veľmi vážnu náladu, alebo vlastnosť, že je niečo ťažké). Newton tiež

vymyslel matematický aparát, ktorý umožňoval vyrátať, ako budú reagovať objekty, keď na ne pôsobí sila, akou je napríklad gravitácia. Potom vyriešil výsledné rovnice. Týmto spôsobom bol schopný ukázať, ako sa vďaka gravitačnej príťažlivosti Slnka Zem a ostatné planéty pohybujú po eliptických dráhach – presne tak, ako to predpovedal Kepler! Newton tvrdil, že jeho zákon platí pre všetko vo vesmíre od padajúceho jablka až po hviezdy a planéty. Po prvýkrát v dejinách niekto vysvetlil pohyb planét pomocou zákonov, ktoré tiež určujú pohyb Zeme. To bol začiatok súčasnej fyziky a tiež modernej astronómie.

Po prekonaní predstavy ptolemaiovských sfér nebol už viac dôvod predpokladať, že vesmír má prirodzenú hranicu (najvzdialenejšiu sféru). Navyiac, keďže sa zdalo, že hviezdy nevykonávajú iný pohyb okrem pohybu po nočnej oblohe, ktorý bol vysvetlený otáčaním sa Zeme okolo vlastnej osi, bolo prirodzené predpokladať, že hviezdy sú objekty podobné nášmu Slnku, ibaže sú veľmi vzdialené. Vzdali sme sa nielen myšlienky, že Zem je stredom vesmíru, ale dokonca aj myšlienky, že naše Slnko či celá slnečná sústava je niečo viac vo vesmíre.