

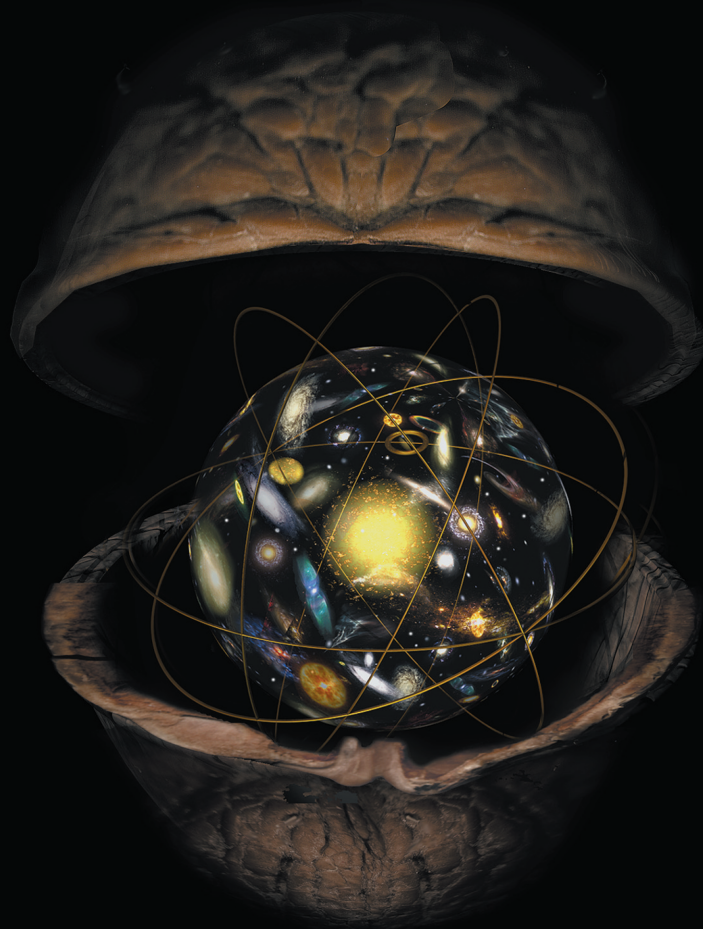
STEPHEN HAWKING

V E S M Í R

— v —

O R E C H O V E J

Š K R U P I N K E



Vesmír v orechovej škrupinke

STEPHEN HAWKING JE AUTOROM KNÍH

Stručná história času (A Brief History of Time, Bantam, 1988)

Čierne diery, detské vesmíry a iné eseje

(Black Holes and Baby Universes and Other Essays, Bantam, 1994)

Ilustrovaná stručná história času (Slovart, 2. vydanie 2010)

Ešte stručnejšia história času, *spolu s Leonardom Mlodinowom* (Slovart, 2006)

Veľký plán, *spolu s Leonardom Mlodinowom* (Slovart, 2011)

Moja stručná história (Slovart, 2014)

Stručné odpovede na veľké otázky (Slovart, 2019)

PRE DETI

Gregorove tajné výpravy do vesmíru, *spolu s Lucy Hawkingovou* (Slovart, 2008)

Gregorova vesmírna naháňačka za pokladom, *spolu s Lucy Hawkingovou* (Slovart, 2009)

Gregor a Veľký tresk, *spolu s Lucy Hawkingovou* (Slovart, 2011)

Gregorov nerozlúštiteľný kód, *spolu s Lucy Hawkingovou* (Slovart, 2016)

Gregor a modrý mesiac, *spolu s Lucy Hawkingovou* (Slovart, 2018)

Gregor a koráb času, *spolu s Lucy Hawkingovou* (Slovart, 2019)

Vesmír v orechovej škrupinke

Stephen Hawking

sloart

A Book Laboratory Book

VESMÍR V ORECHOVEJ ŠKRUPINKE

A Bantam Book / november 2001

Všetky práva vyhradené.

Copyright © 2001 by Stephen Hawking

Pôvodné ilustrácie © 2001 by Moonrunner Design Ltd. UK
and The Book Laboratory™ Inc.

Slovak edition © 2002, 2011 by Vydavateľstvo Slovart, spol. s r. o., Bratislava

Translation © 2002, 2011 by Igor Kapišinský and Zdena Kapišinská

Druhé slovenské vydanie

Z anglického originálu *The Universe in a Nutshell*
preložili RNDr. Igor Kapišinský, CSc., Zdena Kapišinská.
Verše z diela W. Shakespeara na s. 69 a 99 preložil Jozef Kot.

Odborná revízia Doc. RNDr. Vladimír Balek, CSc.,

Ing. Štefan Gmuca, CSc.,

RNDr. Anton Šurda, CSc.

Editorka Zita Ročkárová

Sadzba a zalomenie Alias Press, s. r. o., Bratislava

Tlač Neografia, a. s., Martin

Všetky práva vyhradené. Žiadna časť tejto publikácie nesmie byť
nijakou formou reprodukovaná, kopírovaná alebo rozmnožovaná
bez predchádzajúceho písomného súhlasu vydavateľa.

ISBN 978-80-556-0390-2

10 9

www.slovart.sk

OBSAH

PREDSLOV ~ vii

1. KAPITOLA ~ strana 3

Stručná história relativity

*Ako Einstein položil základy dvoch fundamentálnych teórií dvadsiateho storočia:
všeobecnej teórie relativity a kvantovej teórie.*

2. KAPITOLA ~ strana 29

Tvar času

Einsteinova všeobecná teória relativity dáva času tvar. Ako to možno dať do súladu s kvantovou teóriou.

3. KAPITOLA ~ strana 67

Vesmír v orechovej škrupinke

Vesmír má rozmanité histórie, z ktorých každá je určená drobným orieškom.

4. KAPITOLA ~ strana 101

Predpovedanie budúcnosti

Ako môže strata informácie v čiernych dierach obmedziť našu schopnosť predpovedať budúcnosť.

5. KAPITOLA ~ strana 131

Ochrana minulosti

Je možné cestovanie v čase? Mohla by sa vyspela civilizácia vrátiť a zmeniť minulosť?

6. KAPITOLA ~ strana 155

Naša budúcnosť? Star Trek áno alebo nie?

Ako sa bude biologický a elektronický život stále rýchlejšie vyvíjať k čoraz zložitejším štruktúram.

7. KAPITOLA ~ strana 173

Krásny bránový svet

Žijeme na bráne, alebo sme iba hologramy?

Slovník

Odporúčaná literatúra

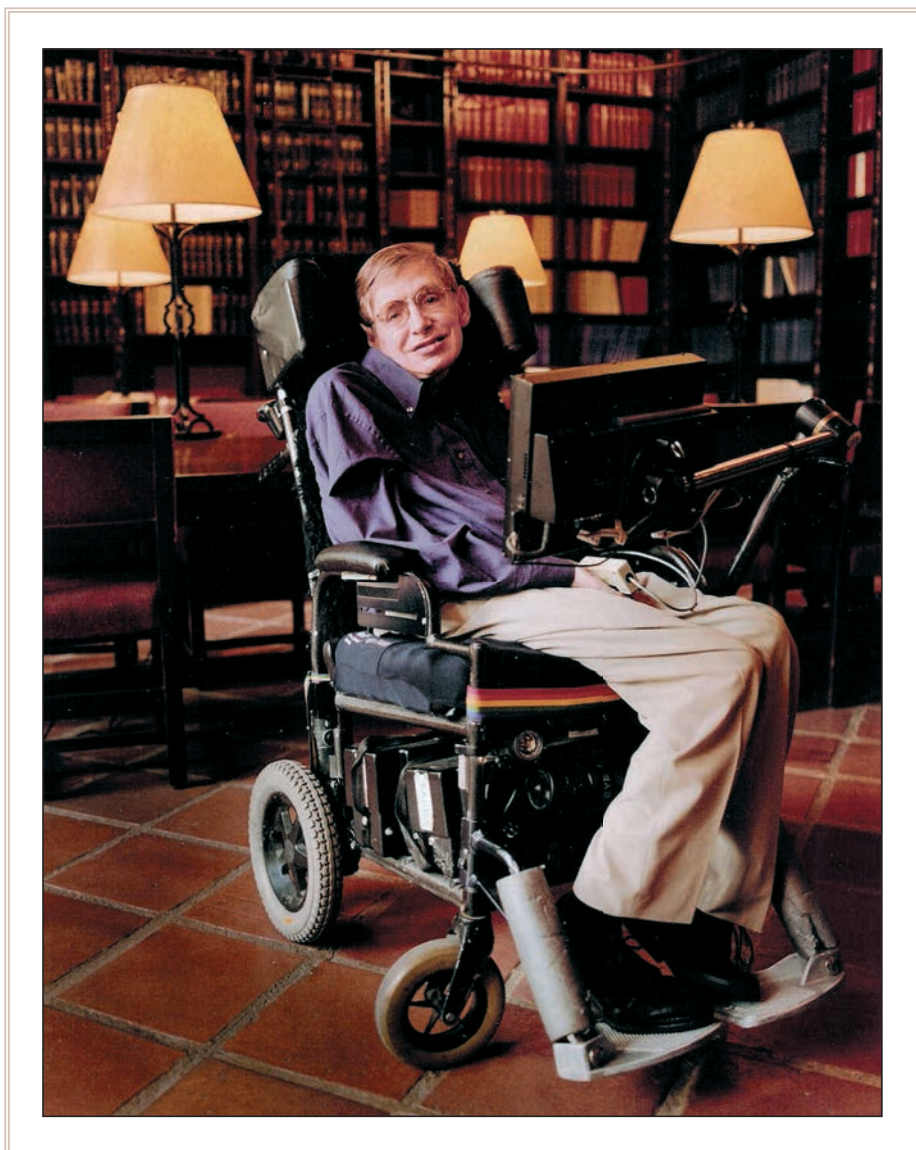
Podakovanie

Register



*Stephen Hawking
v roku 2001*

© Stewart Cohen





P R E D S L O V

N eočakával som, že moja populárno-vedecká kniha *Stručná história času* bude taká úspešná. Viac ako štyri roky bola na zozname bestsellerov londýnskych *Sunday Times*, čo je dlhšie ako ktorákoľvek iná kniha. Je to pozoruhodné, ak ide o knihu o vede, ktorá sa nečíta ľahko. Potom sa ma ľudia neustále pýtali, kedy napíšem pokračovanie. Odolával som, lebo som nechcel napísať *Stručnú históriu času II.* alebo *O čosi dlhšiu históriu času*, a tiež preto, lebo som bol zaneprázdnený vedou. Uvedomil som si však, že je tu priestor na iný druh knihy, ktorá by mohla byť zrozumiteľnejšia. *Stručnú históriu času* som písal lineárne – tak, že väčšina kapitol na seba logicky naväzuje. To sa niektorým čitateľom páčilo, ale niektorí sa v prvých kapitolách zasekli a nikdy sa nedostali k iným, vzrušujúcejším témam. Táto kniha je odlišná tým, že viac pripomína strom: 1. a 2. kapitola tvoria kmeň, z ktorého sa rozvetvujú ostatné kapitoly.

Jednotlivé vetvy sú navzájom pomerne nezávislé a môžete sa im venovať v akomkoľvek poradí, keď ste sa oboznámili s kmeňom. Zodpovedajú oblastiam, v ktorých som pracoval alebo o ktorých som rozmýšľal od vydania *Stručnej histórie času*. Zobrazujú teda niektoré z najaktívnejších oblastí súčasného vedeckého výskumu. Aj v rámci každej kapitoly som sa pokúsil vyhnúť jednoduchej lineárnej štruktúre. Ilustrácie a ich komentáre poskytujú alternatívny prístup k textu, podobne ako v *Ilustrovanej stručnej histórii času*, ktorá vyšla v roku 1996. Rámčeky alebo stĺpčeky po bokoch poskytujú ďalšiu príležitosť vniknúť do určitých tém detailnejšie, ako sa to dá v hlavnom texte.

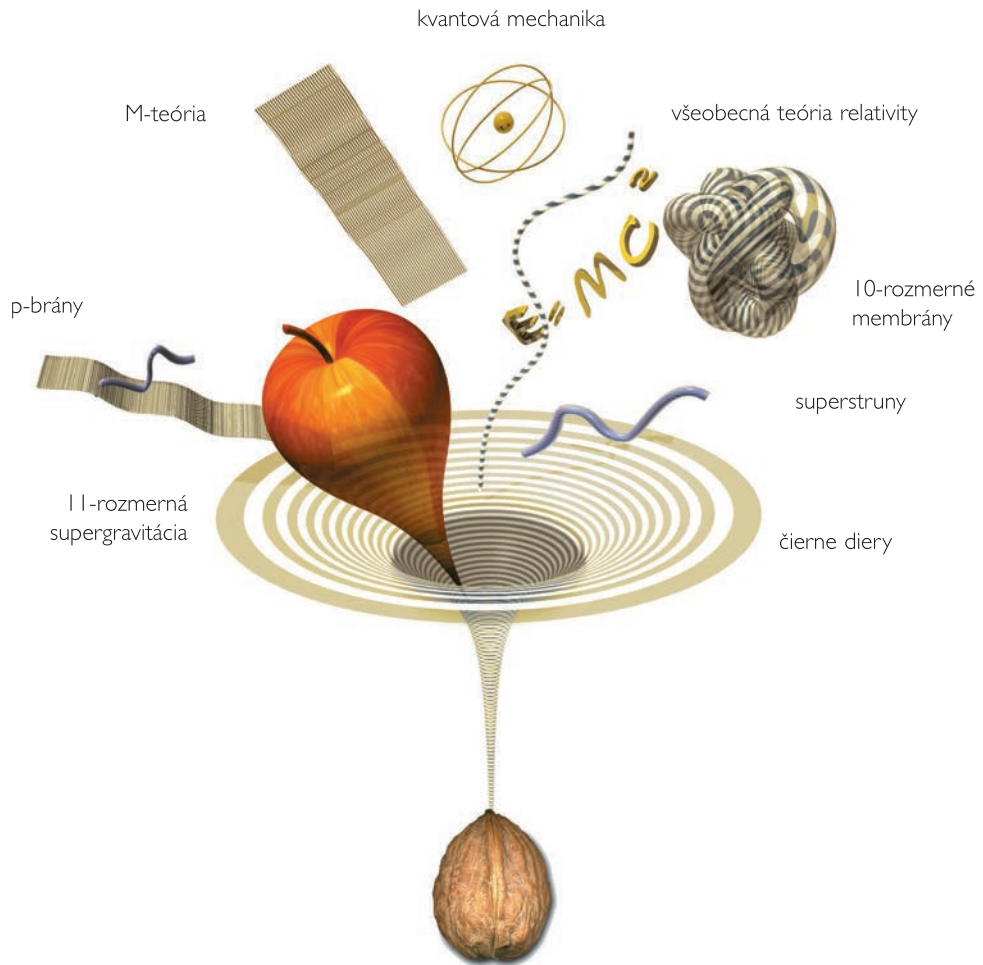


V roku 1988, keď bola prvýkrát publikovaná *Stručná história času*, sa zdalo, že konečná teória všetkého sa už vynára spoza obzoru. Ako sa odvtedy zmenila situácia? Sme aspoň o kúsok bližšie k cieľu? Ako sa dozvieme z tejto knihy, medzičasom sme prešli veľký kus cesty. Naša púť však pokračuje a jej koniec je stále v nedohľadne. Ako hovoria stará múdrosť, je lepšie putovať s nádejou, že dorazíme do cieľa, než tam naozaj doraziť. Naša snaha stať sa objaviteľmi podnecuje tvorivosť vo všetkých oblastiach ľudskej činnosti a nielen vo vede. Keď sa dostaneme na koniec cesty, duch ľudstva vyschne a zahynie. Ale nemyslím si, že sa niekedy zastavíme: naše poznanie bude čoraz komplexnejšie, aj keď možno nie hlbšie, a vždy budeme stredom rozširujúceho sa horizontu možností.

Chcem sa podeliť so svojím vzrušením, čo zažívam pri objavoch, ktoré sa práve robia, a pri obraze skutočnosti, ktorý sa pritom vynára. Sústredil som sa na oblasti, v ktorých som sám pracoval, pre väčší pocit bezprostredného zážitku. Detaily práce sú veľmi náročné, ale verím, že v hrubých rysoch sa dajú sprostredkovať i bez množstva matematickej príťažky. Zostáva mi len dúfať, že sa mi to podarilo.

S touto knihou mi pomáhalo veľa ľudí. Predovšetkým by som chcel spomenúť Thomasa Hertoga a Neela Shearera za pomoc s obrázkami, textami k nim a rámčekom, Annu Harrisovú a Kitty Fergusonovú, ktoré upravovali rukopis (alebo presnejšie, počítačové súbory, pretože všetko, čo napíšem, je v elektronickej forme) a Philipa Dunna z Book Laboratory a Moonrunner Design, ktorý vytvoril ilustrácie. Okrem toho chcem poďakovať všetkým tým, ktorí mi umožnili viesť pomerne normálny život a pracovať vo vedeckom výskume. Bez nich by som totiž túto knihu nemohol napísať.

Stephen Hawking
Cambridge 2. máj 2001



1. KAPITOLA

STRUČNÁ HISTÓRIA RELATIVITY

*Ako Einstein položil základy dvoch fundamentálnych teórií
dvadsiateho storočia: všeobecnej teórie relativity a kvantovej teórie.*



Professor Einstein

Albert Einstein™

LOW



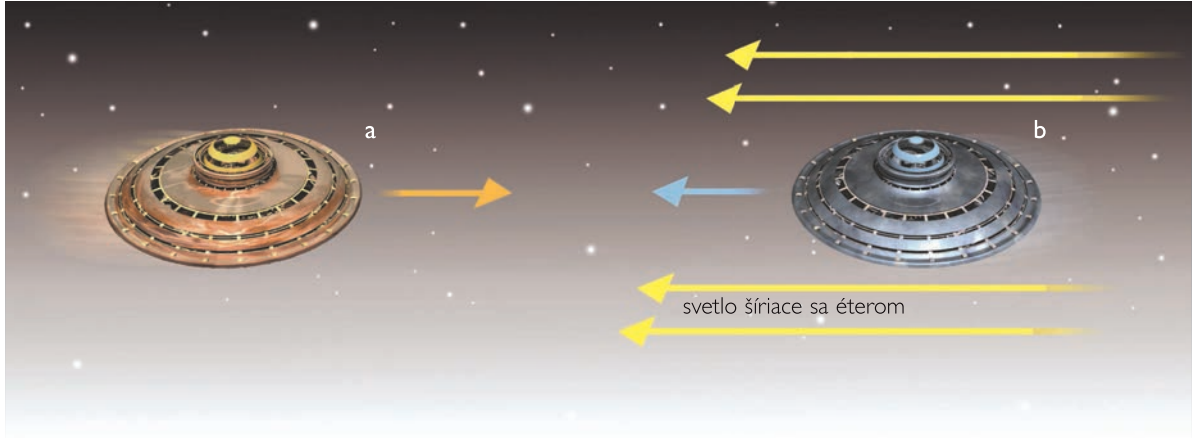
ALBERT EINSTEIN, OBJAVITEĽ ŠPECIÁLNEJ A VŠEOBECNEJ TEÓRIE relativity, sa narodil v Nemecku, v meste Ulm v roku 1879, ale hneď v nasledujúcom roku sa rodina presťahovala do Mníchova, kde si jeho otec Hermann so strýkom Jakobom založili malý, nevelmi prosperujúci podnik s elektrotechnickým tovarom. Albert nebol žiadne zázračné dieťa, ale tvrdenia, že v škole mal mizerné výsledky, sú prehnané. V roku 1894 podnik jeho otca už skrachoval a rodina sa preto presťahovala do Milána. Rodičia rozhodli, že by nemal pred dokončením opustiť školu, ale Albertovi sa autoritatívny prístup školy nepáčil a po pár mesiacoch zo školy odišiel, aby sa pripojil k rodine v Taliansku. Vzdelanie si doplnil neskôr, keď v roku 1900 získal absolventský diplom na vysoko uznávanej Spolkovej vysokej škole technickej (Eidgenössische Technische Hochschule) v Zürichu, známej ako ETH. Jeho konfrontačná povaha a neúcta k autoritám mu, samozrejme, u profesorov na ETH nezvýšila popularitu a žiadny z nich mu neponúkol funkciu asistenta, čo bol bežný štart do vedeckej kariéry. Konečne o dva roky neskôr získal miesto referenta vo Švajčiarskom patentovom úrade v Berne. Práve tu v roku 1905 napísal tri práce, ktoré ho zaradili medzi popredných svetových vedcov a súčasne odštartovali dve veľké pojmové revolúcie – revolúcie, ktoré zmenili naše predstavy o čase, priestore i o samotnej realite.

Na sklonku 19. storočia vedci verili, že už nie sú ďaleko od úplného opisu vesmíru. Predstavovali si, že priestor je vyplnený látkou nazývanou éter. Lúče svetla a rádiové signály sú v tomto éteri vlnením práve tak, ako je zvuk tlakovou vlnou vo vzduchu. Všetko, čo bolo ešte potrebné na skompletizovanie teórie, boli precízne merania pružných vlastností éteru. Na Harvardovej univerzite, keď sa pripravovali na tieto experimenty, vybudovali Jeffersonove laboratóriá bez použitia akýchkoľvek kovových klincov, aby nedochádzalo k rušivým efektom pri precíznych magnetických meraniach. Projektanti však zabudli, že červenkasto-hnedé tehly, z ktorých je laboratórium a väčšina Harvardu postavená, majú vysoký obsah železa. Budova sa aj dnes používa, aj keď si vedenie Harvardu nie je stále isté, aké veľké zataženie ešte znesie knižničné prízemie bez kovových klincov.



Albert Einstein™

Albert Einstein v roku 1920



(OBR. 1.1, hore)
TEÓRIA NEHYBNÉHO ÉTERU

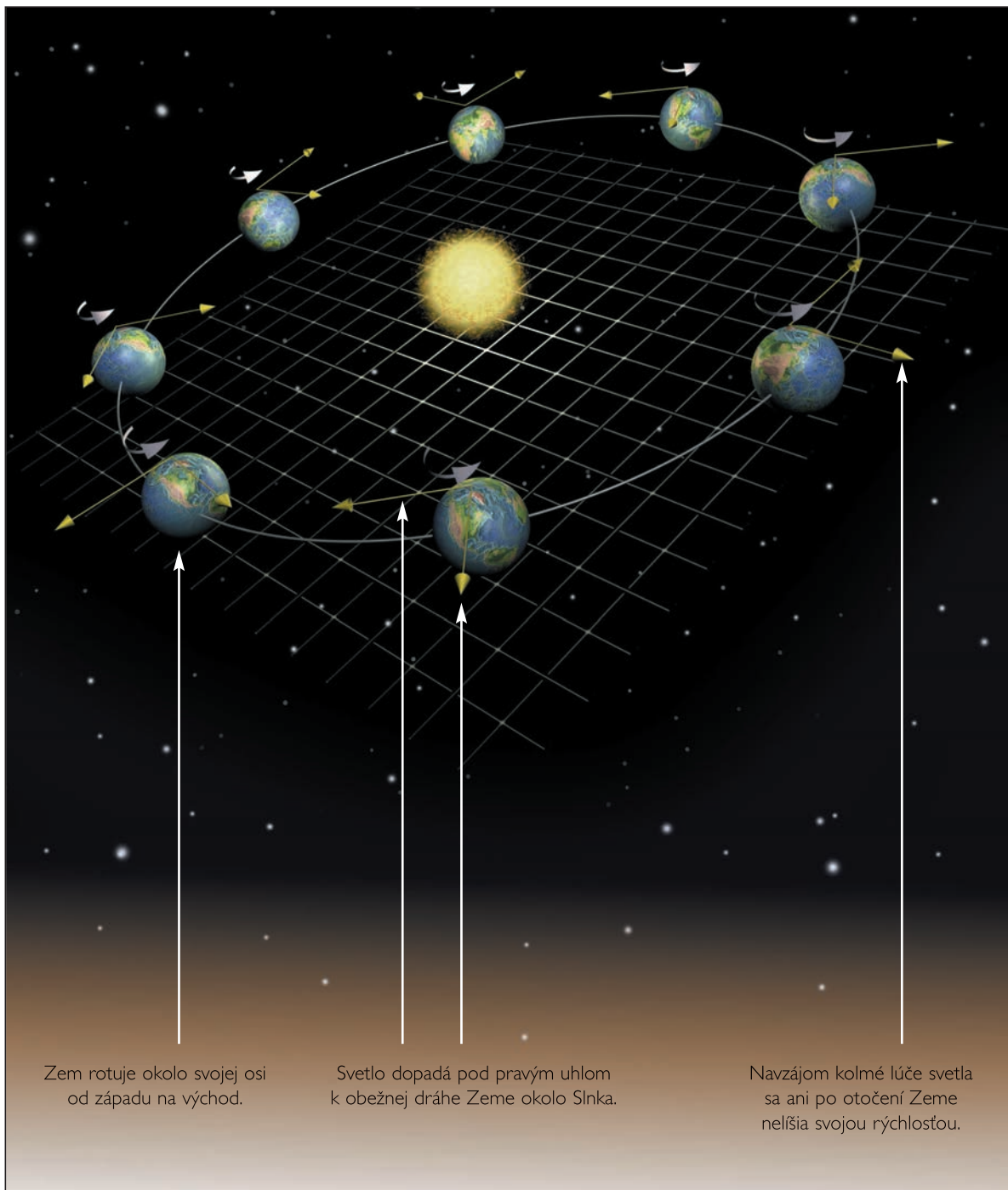
Ak by bolo svetlo vlnenie pružného prostredia nazývaného éter, rýchlosť svetla by sa javila vyššia pre pozorovateľa v kozmickej lodi (a) pohybujúcej sa smerom k nemu, ale nižšia pre toho, ktorý je na lodi (b) idúcej v tom istom smere ako svetlo.

(OBR. 1.2, oproti)
Pri meraní rýchlosti svetla v smere obežného pohybu Zeme a v smere kolmom na tento pohyb sa medzi nameranými hodnotami nenašiel nijaký rozdiel.

Ku koncu storočia sa začali objavovať rozpory v predstave všetko prenikajúceho éteru. Očakávalo sa, že ak by sa svetlo v éteri šírilo konštantnou rýchlosťou a vy by ste cestovali éterom rovnakým smerom ako svetlo, jeho rýchlosť by sa mala javiť nižšia, ale ak by ste cestovali opačným smerom ako svetlo, jeho rýchlosť by mala byť vyššia (obr. 1.1).

Séria experimentov na podporu tejto myšlienky vyšla naprázdno. Najstarostlivejší a najpresnejší z experimentov vykonali v roku 1887 Albert Michelson a Edward Morley v Caseovej škole aplikovaných vied (Case School of Applied Science) v Clevelande, v Ohio. Porovnali rýchlosť dvoch lúčov svetla, ktoré boli na seba navzájom kolmé. Pretože sa Zem otáča okolo svojej osi a obieha okolo Slnka, experimentálna aparátúra sa pohybuje éterom s premenlivou rýchlosťou a v rôznych smeroch (obr. 1.2). Michelson a Morley však nenašli žiadne denné alebo ročné rozdiely medzi dvoma lúčami svetla. Vyzeralo to, akoby sa svetlo šírilo stále tou istou rýchlosťou vzhľadom na pozorovateľa bez ohľadu na to, ako rýchlo a akým smerom sa pohybuje (obr. 1.3, s. 8).

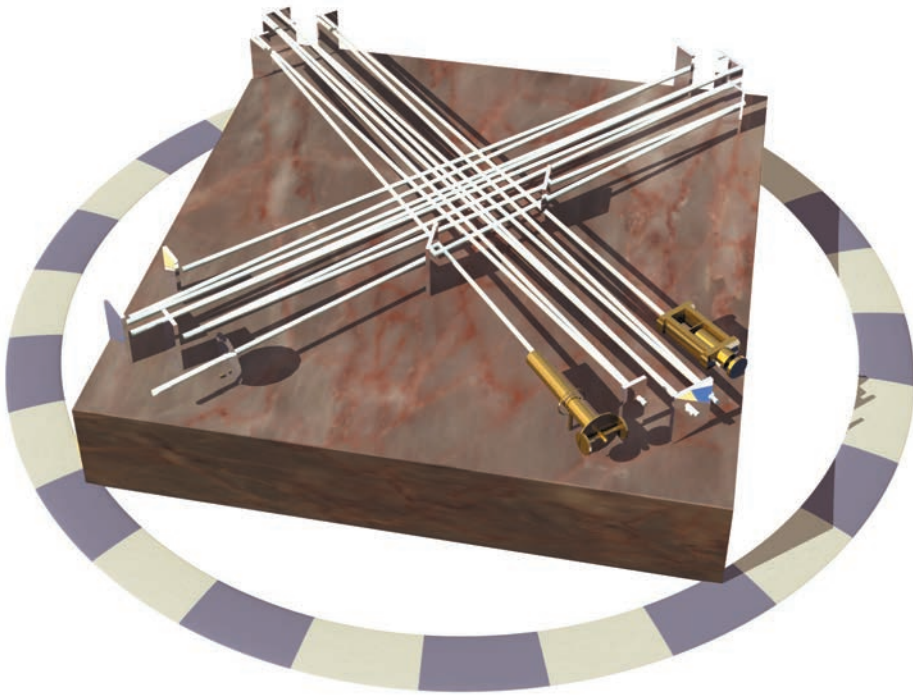
Na základe Michelsonovho-Morleyho experimentu írsky fyzik George FitzGerald a holandský fyzik Hendrik Lorentz navrhli, že telesá prechádzajúce éterom by sa mali skracovať a hodiny spomaľovať. Táto kontrakcia a spomaľovanie chodu hodín by malo byť také, že všetci ľudia by namerali rovnakú rýchlosť svetla, bez ohľadu na ich relatívny pohyb vzhľadom na éter. (FitzGerald a Lorentz stále považovali éter za reálnu látku.) Einstein v článku, ktorý napísal v júni 1905,



Zem rotuje okolo svojej osi od západu na východ.

Svetlo dopadá pod pravým uhlom k obežnej dráhe Zeme okolo Slnka.

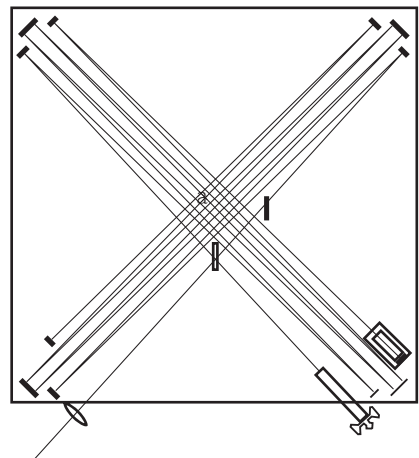
Navzájom kolmé lúče svetla sa ani po otočení Zeme nelíšia svojou rýchlosťou.

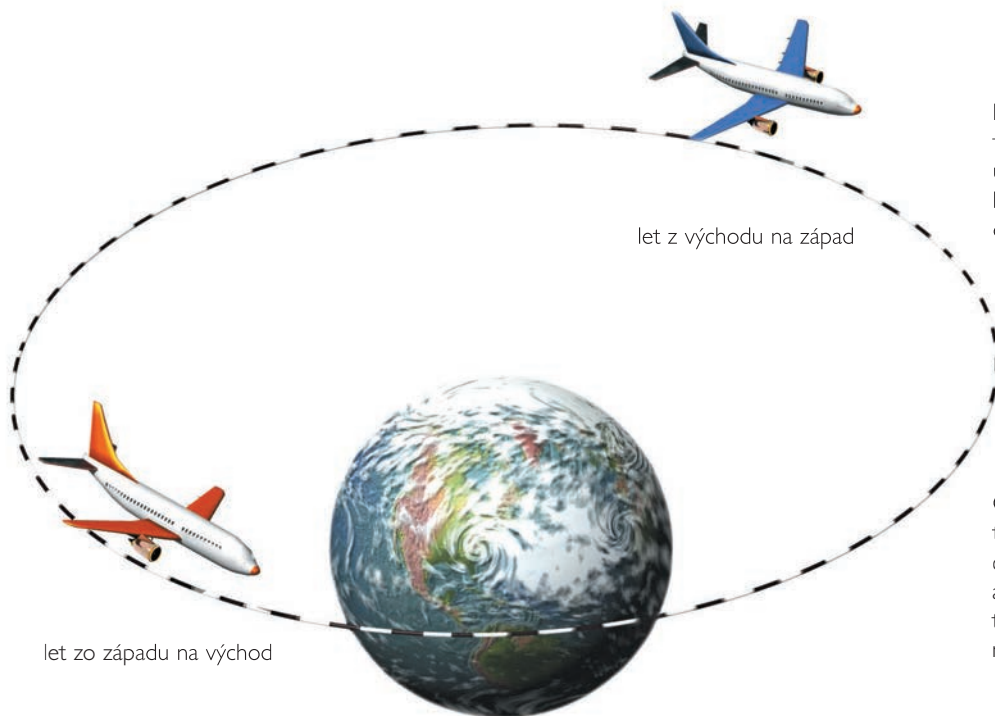


(OBR. 1.3) MERANIE RÝCHLOSTI SVETLA

V Michelsonovom-Morleyho interferometri svetlo putujúce zo zdroja sa po odraze na čiastočne postríebrenom zrkadle rozštiepi na dva lúče. Tieto dva lúče sa pohybujú vzájomne v kolmom smere a potom ich čiastočne postríebrené zrkadlo opäť spojí do jedného zväzku. Rozdiel v rýchlosti svetla, ktoré sa šíri v týchto dvoch smeroch, by znamenal, že hrebene vlny v jednom lúči dorazili v tom istom čase ako údolia vlny v druhom lúči a oba lúče by sa eliminovali.

Vpravo: Náčrt experimentu zrekonštruovaný podľa predlohy, ktorá sa objavila v *Scientific American* v roku 1887.





Na hodinách v lietadle letiacom smerom na západ uplynie viac času, ako na hodinách pohybujúcich sa opačným smerom.

Časový interval pre cestujúcich v lietadle letiacom na východ je menší, ako pre pasažierov v lietadle idúcom smerom na západ.

však poukázal na to, že ak sa nedá zistiť, či sa niečo priestorom pohybuje alebo nie, potom je hypotéza éteru nadbytočná. Namiesto toho vychádzal z postulátu, podľa ktorého by sa fyzikálne zákony mali javiť rovnako pre všetkých voľne sa pohybujúcich pozorovateľov. Medzi iným by všetci mali namerať tú istú rýchlosť svetla bez ohľadu na to, ako rýchlo by sa pohybovali. Rýchlosť svetla je nezávislá od ich pohybu a je vo všetkých smeroch rovnaká.

To si vyžadovalo opustiť predstavu, podľa ktorej existuje univerzálna veličina nazývaná čas, ktorú merajú všetky hodiny. Namiesto toho má každý svoj vlastný, osobný čas. Časy dvoch ľudí sa zhodujú, iba ak sú títo ľudia vzhľadom na seba v pokoji, ale nie vtedy, ak sa voči sebe pohybujú.

Potvrdili to mnohé pokusy vrátane toho, keď dvoje presných hodín letelo okolo zemegule v opačných smeroch a vrátilo sa s trocha rozdielnymi časmi (obr. 1.4). To by mohlo naznačovať, že ak by niekto chcel žiť dlhšie, mal by letieť smerom na východ, aby sa rýchlosť lietadla a rotačná rýchlosť Zeme sčítavali. No aj o ten zlomok času, ktorý by vďaka tomu získal, by prišiel konzumáciou nezdravých jedál na palube lietadla.

(OBR. 1.4)

Jedna verzia paradoxu dvojčiat (obr. 1.5, s. 10) sa experimentálne overovala letom dvoch presných hodín okolo zemegule v opačných smeroch.

Keď sa hodiny opäť stretli, tie, ktoré leteli na východ, namerali o máličko kratší čas letu.



(OBR. 1.5, vľavo)
PARADOX DVOJČIAT

V teórii relativity má každý pozorovateľ svoju vlastnú rýchlosť plynutia času. To nás môže do viesť k tzv. paradoxu dvojčiat.

Jedno z dvojčiat (**a**) sa vydá na dlhú kozmickú púť, počas ktorej cestuje rýchlosťou blízkou rýchlosti svetla (**c**), zatiaľ čo jeho brat (**b**) ostáva na Zemi.

V dôsledku pohybu dvojčata (**a**) dvojča pripútané k Zemi vidí, že čas v kozmickej lodi plynie pomalšie. Preto kozmický cestovateľ (**a2**) pri svojom návrate zistí, že jeho brat (**b2**) zostarol viac ako on sám.

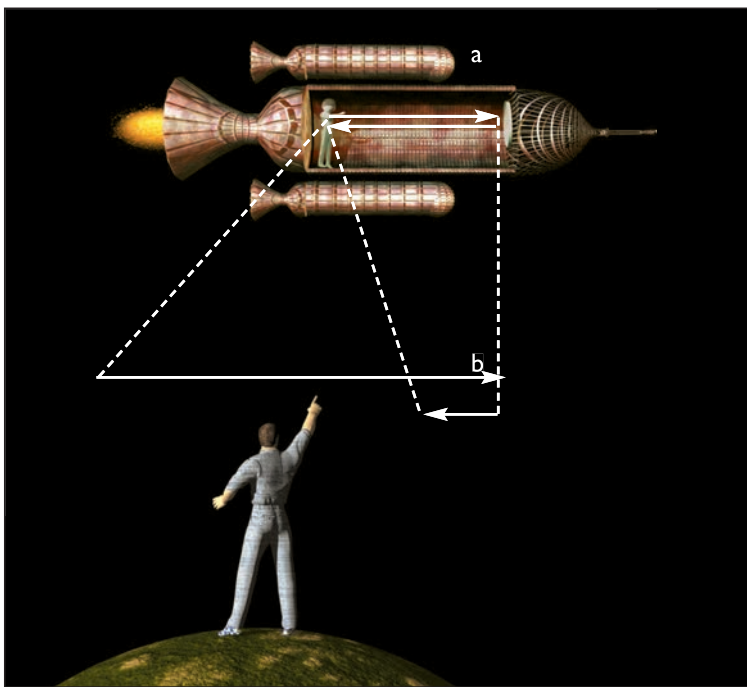
Aj keď sa to zdá proti zdravému rozumu, množstvo experimentov potvrdilo, že cestujúce dvojča by bolo v tomto scenári skutočne mladšie.

(OBR. 1.6, vpravo)

Kozmická loď mína Zem zľava doprava 4/5 rýchlosťou svetla. Svetelný záblesk vyslaný z jedného konca kabíny sa odrazil na jej druhom konci (**a**).

Ľudia na Zemi a na kozmickej lodi pozorujú svetlo. V dôsledku pohybu kozmickej lode sa nezhodnú na vzdialenosti, ktorú prekonal lúč (**b**).

Nezhodnú sa teda ani v určení času, počas ktorého sa svetlo šíri, keďže Einstein tvrdil, že rýchlosť svetla je rovnaká pre všetkých voľne sa pohybujúcich pozorovateľov.



Einsteinovo východisko, že prírodné zákony by mali byť rovnaké pre všetkých pozorovateľov, ktorí sa s ohľadom na seba pohybujú rovnomerne a priamočiari, bolo základom teórie relativity, ktorá tvrdila, že dôležitý je iba relatívny pohyb. Jej krása a jednoduchosť presvedčila mnohých mysliteľov, ale našlo sa aj mnoho oponentov. Einstein zavrhol dve absolútna vedy 19. storočia: absolútny pokoj, predstavovaný éterom, a absolútny alebo univerzálny čas, ktorý mali merať všetky hodiny. Pre mnohých ľudí to však bola znepokojujúca predstava. Pýtali sa, či to znamená, že *všetko* je relatívne, či neexistujú žiadne absolútne morálne normy. Tieto rozpaky trvali po celé 20. a 30. roky minulého storočia. Nobelovu cenu udelili Einsteinovi v roku 1921 za dôležitú, ale (vzhľadom na jeho úroveň) relatívne nevýznamnú prácu predloženú tiež v roku 1905. Nebola tu žiadna zmienka o relativite, ktorú vtedy považovali za príliš kontroverznú. (Ešte stále dostávam dva alebo tri listy týždenne, v ktorých mi oznakujú, že sa Einstein mýlil.) Vedecká komunita však dnes úplne akceptuje teóriu relativity a jej predpovede sa overili v nespočetných aplikáciách.



OBR. 1.7

Veľmi dôležitým dôsledkom teórie relativity je vzťah medzi hmotnosťou a energiou. Einsteinov postulát, že rýchlosť svetla by mala byť pre každého rovnaká, má za následok, že nič sa nemôže pohybovať rýchlejšie ako svetlo. Ide o to, že keď dodávame energiu na zrýchlenie hocičoho, či už častíc alebo kozmickej lode, hmotnosť zrýchľovaného objektu narastá a je čoraz ťažšie ďalej zvyšovať jeho rýchlosť. Zrýchliť časticu až na rýchlosť svetla by bolo nemožné, pretože by sme jej museli dodať nekonečné množstvo energie. Hmotnosť a energia sú ekvivalentné, ako to vyjadruje známa Einsteinova rovnica $E = mc^2$ (obr. 1.7). Je to asi jediná fyzikálna rovnica, ktorú pozná každý. Vďaka nej sme si medziiným uvedomili, že štiepenie jadra atómu uránu na dve jadrá s o niečo menšou celkovou hmotnosťou vyvolá uvoľnenie obrovského množstva energie (pozri strany 14 – 15, obr. 1.8).

V roku 1939, keď sa na obzore objavila hrozba ďalšej svetovej vojny, skupina vedcov vedomá si tohto dôsledku presvedčila Einsteina, aby prekonal svoje pacifistické výhrady a svojou autoritou podpo-





ril list prezidentovi Rooseveltovi, v ktorom naliehali, aby Spojené štáty odštartovali program jadrového výskumu.

To viedlo k projektu Manhattan a nakoniec k bombám, ktoré v roku 1945 vybuchli nad Hirošimou a Nagasaki. Mnohí ľudia za výrobu atómovej bomby vinili Einsteina, pretože objavil vzťah medzi hmotou a energiou; ale je to, akoby sme obviňovali Newtona za havárie lietadiel, pretože objavil gravitáciu. Einstein nemal žiadnu účasť v projekte Manhattan a zvrhnutím bomby bol zhrozený.

Svojimi priekopníckymi prácami v roku 1905 si Einstein vybudoval povesť významného vedca. Až v roku 1909 mu ponúkli miesto na univerzite v Zürichu a mohol odísť zo Švajčiarskeho patentového úradu. O dva roky neskôr prešiel na Nemeckú univerzitu v Prahe, no v roku 1912 sa opäť vrátil do Zürichu, tentoraz na ETH. Napriek antisemitizmu, ktorý bol veľmi rozšírený v Európe, dokonca aj na univerzitách, bol Einstein už vtedy vysokocenenou akademickou osobnosťou. Ponuky prišli z Viedne a Utrechtu, ale on si vybral vedecké miesto na Pruskej akadémii vied v Berlíne, kde nemal pedagogic-



EINSTEINOV PROROCKÝ LIST
PREZIDENTOVI ROOSEVELTOVI
V ROKU 1939

„V priebehu posledných štyroch mesiacov sa ukázalo - vďaka prácam Joliotu vo Francúzsku, ako aj Fermiho a Szilárda v Amerike - že bude pravdepodobne možné spustiť reťazovú jadrovú reakciu s veľkým množstvom uránu, pri ktorej sa vytvorí obrovské množstvo energie a veľa nových prvkov podobných rádiu. Dnes sa zdá takmer isté, že sa to môže podariť už v bezprostrednej budúcnosti.

Tento nový jav by viedol aj k výrobe bômb a možno si predstaviť - hoci s omnoho menšou istotou - že takto sa dajú vyrobiť mimoriadne účinné bomby nového typu.“