

Michio Kaku

**FYZIKA
NEMOŽNÉHO**

argo / dokořán

ARGO / DOKOŘÁN

Michio Kaku

**FYZIKA
NEMOŽNÉHO**

ARGO / DOKOŘÁN

Přeložil Petr Liebl

Physics of the Impossible by Michio Kaku
Copyright © 2008 by Michio Kaku
Translation © Petr Liebl, 2010

ISBN 978-80-257-0209-3 (Argo)

ISBN 978-80-7363-262-5 (Dokořán)

Věnováno mé milující
manželce Shizue
a Michelle s Alyson

OBSAH

	Předmluva	8
	Poděkování	16
I. ČÁST	NEMOŽNOSTI I. ŘÁDU	
KAPITOLA PRVNÍ	Silová pole	21
KAPITOLA DRUHÁ	Neviditelnost	32
KAPITOLA TŘETÍ	Fazery a hvězdy smrti	47
KAPITOLA ČTVRTÁ	Teleportace	63
KAPITOLA PÁTÁ	Telepatie	77
KAPITOLA ŠESTÁ	Psychokineze	92
KAPITOLA SEDMÁ	Roboti	104
KAPITOLA OSMÁ	Mimozemšťané a UFO	123
KAPITOLA DEVÁTÁ	Vesmírné lodě	146
KAPITOLA DESÁTÁ	Antihmota a antivesmíry	167
II. ČÁST	NEMOŽNOSTI II. ŘÁDU	
KAPITOLA JEDENÁCTÁ	Rychleji než světlo	181
KAPITOLA DVANÁCTÁ	Cestování v čase	197
KAPITOLA TŘINÁCTÁ	Paralelní vesmíry	207
III. ČÁST	NEMOŽNOSTI III. ŘÁDU	
KAPITOLA ČTRNÁCTÁ	Perpetuum mobile	229
KAPITOLA PATNÁCTÁ	Předvídání	241
EPILOG	Budoucnost nemožného	251
	<i>Poznámky</i>	267
	<i>Bibliografie</i>	277
	<i>Poznámka k překladu</i>	279
	<i>Rejstřík</i>	280

PŘEDMLUVA

Jestliže se myšlenka zpočátku nezdá absurdní, pak nemá naději.

ALBERT EINSTEIN

Bude jednoho dne možné procházet zdí? Stavět mezihvězdné koráby pohybující se rychleji než světlo? Číst cizí myšlenky? Stát se neviditelným? Pohybovat předměty silou myšlenky? Přenášet se v mžiku mezihvězdným prostorem?

Tyto otázky mě fascinují již od dětství. V době dospívání mě pak stejně jako mnohé další fyziky okouzlovaly paprskové pistole, silová pole, paralelní vesmíry a podobně. Kouzla, fantaskní vynálezy a sci-fi nesmírně podněcovaly mou představivost a stály na počátku mého celoživotního zaujetí nemožným.

Vzpomínám, jak jsem v televizi sledoval reprízu seriálu *Flash Gordon*. Každou sobotu jsem seděl u přijímače jak přikovaný a hltal dobrodružství Flashe, dr. Zarkova a Dale Ardenové i jejich oslňující futuristický arzenál: mezihvězdné koráby, štíty neviditelnosti, paprskové zbraně a vznášející se města. Nevynechal jsem ani jeden díl. Tento pořad mi otvíral nové světy. Vzrušovala mě představa, že mě jednoho dne raketová loď vynese k cizí planetě a já prozkoumám její neznámý povrch. Cítil jsem se vtahován do okruhu těchto fantastických vynálezů a věděl jsem, že můj život bude nějak spojen s vědeckými zázraky, které sliboval televizní seriál.

Ukazuje se, že v tom nejsem sám. Mnoho předních vědců se začalo zajímat o vědu právě díky sci-fi. Velkého astronoma Edwina Hubblea okouzila díla Julese Verna. Ovlivněn četbou verneovek zanechal Hubble slibné právnické kariéry a proti otcovu přání se dal na vědeckou dráhu. Nakonec se stal nejslavnějším astronomem 20. století. Carl Sagan, známý astronom a autor úspěšných románů, byl ovlivněn četbou knih E. R. Burroughse o dobrodruž-

stvích Johna Cartera na Marsu a snil o tom, že jednoho dne bude stejně jako Carter prozkoumávat písčiny na povrchu planety.

Vzpomínám si na den, kdy zemřel Albert Einstein. Byl jsem tehdy ještě dítě, přesto si vybavuji, jak si lidé o této události špitali. Následujícího dne noviny otiskly snímek jeho pracovního stolu s rukopisem jeho největšího, avšak nedokončeného díla. Říkal jsem si, jak důležitá asi musí být věc, kterou ani největší vědec naší doby nedokázal dokončit. V článku se psalo o tom, že Einsteinův sen byl nespelnitelný, neboť vyřešení úkolu, kterým se zabýval, je nad síly smrtelníků. Trvalo mi léta, než jsem zjistil, čeho se rukopis týkal: teorie velkého sjednocení, „teorie všeho“. Sen, který Einsteina provázel posledních třicet let jeho života, mi dopomohl k rozhodnutí: Chtěl jsem svým vlastním malým podílem přispět k úsilí završit Einsteinovo dílo, sjednotit fyzikální zákony do jediné teorie.

Jak jsem dospíval, začal jsem chápat, že i když hrdinou a miláčkem žen byl Flash Gordon, nejdůležitější postavou seriálu byl právě vědec. Bez doktora Zarkova by nebylo raketových lodí, cest na Mongo, ani záchrany světa. Přes všechno hrdinství nemůže sci-fi bez vědy existovat.

Uvědomil jsem si také, že tyto příběhy nejsou v souladu s vědeckými poznatky a jsou tedy jen pouhou fantazií. Dospět znamená tyto fantazie odložit. Bylo mi řečeno, že ve skutečném životě je třeba opustit nemožné a zabývat se praktickými věcmi.

Rozhodl jsem se však, že pokud má moje fascinace nemožným pokračovat, je klíčem k úspěchu fyzika. Bez pevného ukotvení v moderní fyzice bych jen stále přemítal o technologiích budoucnosti, aniž bych chápal, co je možné a co ne. Pochopil jsem, že se musím ponořit do vysoké matematiky a naučit se teoretickou fyziku. Tak jsem to tedy udělal.

Na střední škole jsem v rámci svého školního projektu sestavil v matčině garáži urychlovač částic. Od firmy Westinghouse jsem získal dvě stě kilogramů odpadních transformátorových plechů. Přes vánoční prázdniny jsem okolo školního hřiště navinul 35 km měděného drátu. Podařilo se mi postavit betatron, urychlovač elektronů s energií 2,3 MeV. Spotřebovával 6 kW (celkový elektrický příkon našeho domku) a vytvářel magnetické pole 20 000krát silnější než je magnetické pole Země. Cílem bylo generovat pa-prsek záření gama dostatečně silný, aby vznikala antihmota.

Se svým projektem jsem se dostal na Národní vědeckou výstavu a získal vysněné stipendium na Harvard. Tak jsem si splnil svůj sen stát se teoretickým fyzikem a následovat svůj velký vzor, Alberta Einsteina.

Dnes dostávám od spisovatelů a filmových tvůrců e-maily, v nichž mě žádají o radu, jak zdokonalit své příběhy tak, aby se dotkly hranic fyzikálních zákonů.

Pojem „nemožné“ je relativní

Jakožto fyzik jsem se naučil, že slovo „nemožné“ je často relativní pojem. Vzpomínám si, že když jsem byl malý, přistoupila jednou naše učitelka k nástěnné mapě světa a ukázala na pobřežní linii Jižní Ameriky a Afriky. „Není to podivná shoda, že do sebe tato dvě pobřeží zapadají, skoro jako puzzle?“ zeptala se. „Někteří vědci dokonce uvažují, že oba světadíly snad kdysi dávno tvořily jedinou velkou pevninu. Taková hloupost. Neexistuje přece síla, která by od sebe dokázala odtrhnout dva obrovské světadíly. Něco takového je nemožné,“ uzavřela svou úvahu.

Později téhož roku jsme probírali dinosaury. „Nepřipadá vám podivné,“ zeptala se učitelka, „že všichni ti dinosauři, kteří po miliony let vládli Zemi, jednoho dne zmizeli? Nikdo neví, proč zahynuli. Někteří paleontologové se domnívají, že je snad zahubil meteorit z vesmíru, ale to je nesmysl, který do vědy nepatří.“

Dnes víme, že působením tektoniky zemských ker se světadíly skutečně pohybují, a že gigantický meteorit o průměru deseti kilometrů, který dopadl na Zemi před 65 miliony lety, patrně skutečně vymazal dinosaury a většinu tehdejšího života z povrchu zemského. Za svůj krátký život jsem opakovaně zažil, že se ze zdánlivě nemožného stala vědecky ověřená skutečnost. Je tedy chybné představovat si, že jednoho dne budeme schopni teleportace nebo postavíme vesmírnou loď, která nás dopraví k hvězdám vzdáleným několik světelných let?

Takové výkony jsou dle současných fyziků považovány za neuskutečnitelné. Bude tomu za několik desetiletí jinak? Nebo za deset tisíc let, až naše technika pokročí? Nebo za milion let? Jinými slovy, kdybychom se nějakým způsobem setkali s civilizací o milion let pokročilejší, než je ta naše, nepřipadala by nám jejich každodenní technika jako magie? To je v podstatě základní téma celé této knihy; zůstane něco neuskutečnitelným po příští stovky nebo miliony let jen proto, že to není možné dnes?

Vzhledem k pozoruhodným vědeckým pokrokům minulého století, k nimž patří zejména vytvoření kvantové teorie a teorie obecné relativity, je dnes možné podat hrubé odhady, kdy a zda vůbec se některé tyto fantastické technologie uskuteční. S příchodem ještě pokročilejších teorií, jako je strunová teorie, nyní fyzikové přehodnocují pojmy hraničící se sci-fi, jako je cestování

v čase a paralelní vesmíry. Vzpomeňme na technické vymoženosti, které vědci ještě před sto padesáti lety prohlašovali za „nemožné“ a dnes jsou součástí našeho každodenního života. Roku 1863 napsal Jules Verne román *Paříž ve dvacátém století*, který ležel v zásuvce přes sto let, než jej jeho pravnuke náhodně objevil a roku 1994 poprvé uveřejnil. V románu Verne předpovídá, jak by mohla vypadat Paříž roku 1960. Román je plný technických vynálezů, považovaných v devatenáctém století za nerealizovatelné; k nim patří kupříkladu fax, mezinárodní komunikační síť, skleněné mrakodrapy, auta poháněná plynem nebo vysokorychlostní nadzemní vlaky.

Verne byl zcela pohroužen do vědeckého světa, velmi dobře rozuměl základním vědeckým principům a s vědci dokonce konzultoval i své nápady. Není tedy divu, že byl schopen tak překvapivě přesných předpovědí.

Někteří z největších vědců devatenáctého století bohužel zaujali opačné stanovisko a mnohé technologie prohlásili za naprosto vyloučené. Lord Kelvin, patrně nejslavnější fyzik viktoriánské éry, který je pohřben ve Westminsterském opatství hned vedle Isaaka Newtona, prohlásil, že nelze sestrojít letací stroje těžší než vzduch. Domníval se také, že rentgenové paprsky jsou podvod a že rozhlas nemá žádnou budoucnost. Lord Rutherford, objevitel atomového jádra, odmítal možnost sestrojít atomovou pumu a prohlásil celou věc za nesmysl. Chemici devatenáctého století považovali hledání kamene mudrců, bájně látky měnící olovo ve zlato, za slepou uličku vědy. Chemie devatenáctého století byla založena na zásadní neměnnosti prvků, jako například olova. Přesto jsme pomocí dnešních urychlovačů v podstatě schopni měnit atomy olova na zlato. Pomyslete jen, jak neuvěřitelné by lidem přelomu 19. a 20. století připadaly dnešní televize, počítače, internet.

Za sci-fi byly donedávna považovány i černé díry. Sám Einstein napsal roku 1939 článek, v němž „dokazoval“, že černá díra se nikdy nemůže vytvořit. Hubbleův vesmírný teleskop a rentgenový teleskop Chandra však dnes ukazují, že jich ve vesmíru existují tisíce.

Důvod, proč byly takové technologie považovány za „nemožné“, je, že v 19. a počátkem 20. století nebyly známy některé základní fyzikální zákony. Vzhledem k tehdejším obrovským mezerám v chápání vědy, zejména na atomární úrovni, není divu, že se takové pokroky považovaly za vyloučené

Studium nemožného

Je ironií, že vážné studium nemožného stálo mnohokrát u zrodu bohatých a zcela nečekaných vědeckých oblastí. Například marné hledání „perpetua

FYZIKA NEMOŽNÉHO

mobile“ trvající celá staletí, dovedlo fyziky k závěru, že takový stroj nelze sestrojít, což je přimělo vyslovit zákon zachování energie a tři zákony termodynamiky. Marná snaha o sestrojení perpetua mobile tak napomohla k otevření zcela nové oblasti termodynamiky, což zčásti vedlo k vynálezu parního stroje, průmyslové revoluci a vzniku moderní industriální společnosti.

Koncem 19. století vědci usoudili, že je „nemožné“, aby stáří Země čítalo miliardy let. Lord Kelvin rezolutně prohlásil, že žhavá Země by za 20-40 milionů let vychladla, což odporovalo tvrzení geologů a darwinistů, podle nichž by Země měla být stará miliardy let. Nakonec se však ukázalo, že nemožné je možné, když Madame Curie a její kolegové objevili jadernou energii a dokázali, že střed Země, ohříváný radioaktivním rozpadem, se skutečně mohl udržet tekutý po miliardy let.

Nemožné zavrhuje k vlastní škodě. Ve 20. a 30. letech se stal zakladatel moderního raketového průmyslu Robert Goddard cílem zničující kritiky těch, kteří mysleli, že rakety se nikdy nemohou pohybovat ve vzduchoprázdném prostoru, a jeho snahy nazývali bláznovstvím. Roku 1921 proti práci dr. Goddarda brojili vydavatelé listu New York Times: „Profesor Goddard nezná vztah mezi akcí a reakcí a není si vědom ani toho, že pro vznik reaktivní síly je třeba něčeho lepšího než vzduchoprázdna. Vypadá to, že mu chybí základní středoškolské znalosti.“ Rakety nemohou létat, rozhořčovali se redaktori, protože v prázdňém prostoru není vzduch, o který by se opíraly. Našla se bohužel jedna hlava státu, která význam Goddardových „nemožných“ raket pochopila, a sice Adolf Hitler. Ve 2. světové válce se na Londýn z německých „nemožně“ dokonalých raket V-2 snášela smrt a zkáza, a téměř město srazila na kolena.

Studium nemožného zřejmě změnilo i průběh světových dějin. Ve 30. letech se všeobecně věřilo (a věřil tomu i Einstein), že nelze sestrojít jadernou pumu. Fyzikové věděli, že podle Einsteinovy rovnice $E = mc^2$ je hluboko v jádru atomu uvězněna obrovská energie. Energie uvolněná z jediného jádra však byla příliš nepatrná. Atomový fyzik Leo Szilard si vzpomněl na román H. G. Wellse *Osvobození světa* z roku 1914, kde se předpovídá vývoj atomové bomby. Píše se v ní, že tajemství atomové bomby bude vyřešeno v roce 1933. Na tuto knihu Szilard náhodou narazil roku 1932. Podnícen tímto románem připadl na myšlenku znásobit sílu atomu pomocí řetězové reakce, čímž se energie štěpení jediného uranového jádra trilionkrát zvýší. Stalo se to přesně roku 1933, jak Wells předpověděl o dvě desetiletí dříve. Szilard pak zorganizoval sérii klíčových experimentů a tajnou schůzku mezi

Einsteinem a prezidentem F. Rooseveltem. To vedlo k projektu Manhattan a sestrojení atomové bomby.

Stále a znovu vidíme, že studium nemožného otevírá zcela nové pohledy, rozšiřuje hranice fyziky a chemie a nutí vědce, aby znovu definovali, co míní slovem „nemožné“. Jak jednou řekl Sir William Osler: „Filozofie jednoho věku se stanou absurditami věku příštího a bláznovství včerejška se stane moudrostí zítřka.“

Mnoho fyziků se hlásí k slavnému výroku T. H. Whitea, který napsal: „Cokoli není zakázané, je povinné!“ Ve fyzice na to narážíme stále. Pokud nový jev výslovně neznemožňuje některý z fyzikálních zákonů, dříve či později se jej podaří prokázat. (To se stalo několikrát při hledání nových jaderných částic. Při průzkumu hranic zakázaného fyzikové často nečekaně objevili nové fyzikální zákony.) Whiteův výrok bychom mohli shrnout slovy: „Cokoli není nemožné, je povinné!“

Kosmolog Stephen Hawking se kupříkladu snažil dokázat, že cestování v čase je nemožné, tím, že najde nový fyzikální zákon, který by je zakázal, takzvaný „princip ochrany chronologie“. Ani po létech tvrdé práce se mu však tento princip nepodařilo dokázat. Fyzikové nyní naopak ukázali, že zákon bránící cestování v čase je za hranicemi možností současné matematiky. Protože žádný fyzikální zákon nebrání existenci strojů času, musí nyní fyzikové brát tuto možnost zcela vážně.

Cílem této knihy je uvažovat o tom, které z technologií, považovaných dnes za „nemožné“ budou zcela běžné během několika desetiletí až staletí.

V současnosti se ukazuje, že jedna z takových „nemožných“ technologií uskutečnitelná je: je jí princip teleportace (přinejmenším na úrovni atomů). Ještě před několika lety fyzikové věřili, že přenos předmětu z jednoho místa na druhé porušuje zákony kvantové fyziky. Autorů původní verze seriálu *Star Trek* se kritika ze strany fyziků dotkla natolik, že do svých teleportačních zařízení přidali „Heisenbergovy kompenzátory“, a tak se vyrovnali s touto slabinou. Dnes se díky nedávnému průlomů daří fyzikům teleportovat atomy napříč místností nebo fotony pod řečištěm Dunaje.

Předpovídání budoucnosti

Vyslovovat předpovědi je vždy poněkud ošemetné, zvláště pak na století až tisíciletí do budoucna. Fyzik Niels Bohr rád říkal: „Předpovídání je velmi těžké. Zvláště pokud se týká budoucnosti.“ Jsou tu však základní rozdíly mezi časy Julese Verna a současností. Dnes již základním fyzikálním zákonům

FYZIKA NEMOŽNÉHO

v zásadě rozumíme. Dnešní fyzikové chápou základní zákony v rozsahu ohromujících 43 velikostních řádů, od vnitřku protonu až k rozpínajícímu se vesmíru. Díky tomu jsou schopni s rozumnou jistotou stanovit, jak bude zhruba vyhlížet budoucí technika, a lépe rozlišovat mezi vymoženostmi, které jsou jen nepravděpodobné, a těmi, které jsou skutečně nemožné.

V této knize proto dělím „nemožné“ do tří kategorií.

V první jsou ty, které nazývám „nemožnosti I. řádu“. Technologie z této kategorie v současnosti nemáme k dispozici, nijak však neporušují známé fyzikální zákony, a proto by se mohly v pozmeněné formě objevit již v tomto, nebo snad příštím století. Zahrnují teleportaci, motory na antihmotu, určité formy telepatie, psychokinezi a neviditelnost.

Druhou kategorií tvoří to, čemu říkám „nemožnosti II. řádu“. Patří sem technologie, které jsou na samé hranici našeho porozumění fyzikálnímu světu. Mohly by být vyvinuty v řádu tisíců až milionů let, pakliže jsou vůbec realizovatelné. Zahrnují stroje času, možnost cestování v hyperprostoru a procházení červími dírami.

Poslední kategorii nazývám „nemožnosti III. řádu“. To jsou technologie, které porušují známé fyzikální zákony. Je překvapivé, že takových technologií je jen velice málo. Jestliže by se však ukázalo, že možné jsou, představovalo by to zásadní posun v našem porozumění fyzice.

Taková klasifikace je podle mého názoru významná, protože mnohé technické vymoženosti známé ze sci-fi vědci odmítají jakožto naprosto nemožné, zatímco vlastně mají na mysli, že jsou nemožné pro primitivní civilizaci, jako je naše. Návštěvy z kosmu jsou kupříkladu obvykle považovány za vyloučené proto, že mezihvězdné vzdálenosti jsou tak velké. Avšak co je nemožné pro nás, může být dosažitelné pro civilizaci, která je proti naší o staletí, tisíciletí nebo miliony let napřed. Je proto zapotřebí takové „nemožnosti“ roztrždit. Výroky o tom, co je možné a co ne, musí počítat s technologií, která je oproti naší o tisíce nebo miliony let napřed.

Carl Sagan jednou napsal: „Co znamená, když řekneme, že je civilizace stará milion let? Radioteleskopy a vesmírné lodě jsou realitou několika desetiletí; naší technické civilizaci je několik málo set let ... pokročilá civilizace stará miliony let je nám vzdálená tak, jako jsme my vzdáleni pralesním poloopicím a makakům.“

Já se ve svém vlastním výzkumu zaměřuji na snahu splnit Einsteinův sen o „teorii všeho“. Osobně mi připadá velmi vzrušující pracovat na „konečné teorii“, která by mohla nakonec zodpovědět některé z nejobtížnějších, „ne-

možných“ vědeckých otázek dneška, jako zda je možné cestování v čase, co je ve středu černé díry nebo co bylo před velkým třeskem. Stále ještě sním o své celoživotní lásce k nemožnému a dohaduji se, kdy a jestli vůbec některé z těchto vynálezů vstoupí do naší každodennosti.

PODĚKOVÁNÍ

Materiál obsažený v této knize pokrývá množství oborů a disciplín a současně těží z práce mnoha vynikajících vědců. Rád bych poděkoval následujícím osobám, jež mi laskavě věnovaly čas, který jsme spolu strávili při dlouhých interview a konzultacích i zajímavých, podnětných rozhovorech.

Leon Lederman, laureát Nobelovy ceny, Illinois Institute of Technology

Murray Gell-Mann, laureát Nobelovy ceny, Santa Fe Institute a Caltech

† Henry Kendall, laureát Nobelovy ceny, MIT

Steven Winberg, laureát Nobelovy ceny, University of Texas, Austin

David Gross, laureát Nobelovy ceny, Kavli Institute for Theoretical Physics

Frank Wilczek, laureát Nobelovy ceny, MIT

Joseph Rotblat, laureát Nobelovy ceny, St. Bartholomew's Hospital

Walter Gilbert, laureát Nobelovy ceny, Harvard University

Gerald Edelman, laureát Nobelovy ceny, Scripps Research Institute

Peter Doherty, laureát Nobelovy ceny, St. Jude Children's Research Hospital

Jared Diamond, nositel Pulitzerovy ceny, UCLA

Stan Lee, tvůrce Marvel Comics a Spidermana

Brian Greene, Columbia University, autor knihy *Elegantní vesmír*

(*The Elegant Universe*)

Lisa Randallová, Harvard University, autorka knihy *Warped Passages*

(Zborcené průchody)

Lawrence Krauss, Case Western University, autor knihy *The Physics of*

Star Trek (Fyzika ve *Star Treku*)

J. Richar Gott III, Princeton University, autor knihy *Cestování časem*

v *Einsteinově vesmíru* (*Time Travel in Einstein's Universe*)

Alan Guth, fyzik, MIT, autor knihy *The Inflationary Universe* (Inflační vesmír)

John Barrow, fyzik, Cambridge University, autor knihy *Impossibility*

(Nemožnost)

Paul Davies, fyzik, autor knihy *Superforce* (Supersíla)

Leonard Susskind, fyzik, Stanford University
 Joseph Lykken, fyzik, Fermi National Laboratory
 Marvin Minsky, MIT, autor knihy *The Society of Minds*
 (Společnost lidských myslí)
 Ray Kurzweil, vynálezce, autor knihy *The Age of Spiritual Machines*
 (Věk oduševnělých strojů)
 Rodney Brooks, vedoucí Artificial Intelligence Laboratory na MIT
 Hans Moravec, autor knihy *Robot*
 Ken Croswell, astronom, autor knihy *Magnificent Universe* (Velkolepý vesmír)
 Don Goldsmith, astronom, autor knihy *Runaway Universe* (Uhánějící vesmír)
 Neil de Grasse Tyson, ředitel Haydenova planetária v New Yorku
 Robert Kirshner, astronom, Harvard University
 Fulvia Melia, astronomka, University of Arizona
 Sir Martin Rees, Cambridge University, autor knihy *Before the Beginning*
 (Před počátkem)
 Michael Brown, astronom, Caltech
 Paul Gilster, autor knihy *Centauri Dreams* (Sny o Alfě Centauri)
 Michael Lemmonick, hlavní vědecký redaktor časopisu *Time*
 Timothy Ferris, University of California, autor knihy *Coming of Age in the Milky Way* (Dospívání v Mléčné dráze)
 † Ted Taylor, projektant amerických jaderných hlavic
 Freeman Dyson, Institute for Advanced Study, Princeton
 John Horgan, Stevens Institute of Technology, autor knihy *The End of Science* (Konec vědy)
 † Carl Sagan, Cornell University, autor knihy *Kosmos* (*Cosmos*)
 Ann Druyanová, vdova po Carlu Saganovi, Cosmos Studios
 Peter Schwarz, futurista, zakladatel Global Business Network
 Alvin Toffler, futurista, autor knihy *The Third Wave* (Třetí vlna)
 David Goodstein, zástupce děkana na Caltechu
 Seth Lloyd, MIT, autor knihy *Programming the Universe* (Programování vesmíru)
 Fred Watson, astronom, autor knihy *Star Gazer* (Pohled ke hvězdám)
 Simon Singh, autor knihy *Velký třesk* (*The Big Bang*)
 Seth Shostak, SETI Institute
 George Johnson, autor článků o vědě v *New York Times*
 Jeffrey Hoffman, MIT, astronaut NASA
 Tom Jones, astronaut NASA
 Alan Lightman, MIT, autor knihy *Einstein's Dreams* (Einsteinovy sny)

FYZIKA NEMOŽNÉHO

Robert Zubrin, zakladatel Mars Society

Donna Shirleyová, marsovský program NASA

John Pike, GlobalSecurity.org

Paul Saffo, futurista, Institute of the Future

Louis Friedman, spoluzakladatel Planetary Society

Daniel Wertheimer, SETI@home, University of California, Berkeley

Robert Zimmerman, autor knihy *Leaving Earth* (Opouštění Země)

Marcia Bartusiaková, autorka knihy *Einstein's Unfinished Symphony*
(Einsteinova nedokončená symfonie)

Michael H. Salamon, program NASA s názvem Beyond Einstein

Geoff Andersen, U.S. Air Force Academy, autor knihy *The Telescope* (Teleskop)

Rád bych také poděkoval svému agentovi Stuartu Krichevskému, který mi stál celé ty roky po boku a doprovázel všechny moje knihy, a také Rogeru Schollovi, mému redaktoru, jehož pevná ruka, zdravý úsudek a redaktorské zkušenosti daly řadě mých knih směr. Chtěl bych poděkovat také svým kolegům ze City College of New York a Graduate Center of the University of New York, jmenovitě V. P. Nairovi a Danu Greenbergerovi, za čas, který laskavě věnovali našim debatám.

I. ČÁST

NEMOŽNOSTI

I. ŘÁDU

SILOVÁ POLE

I. Prohlásí-li významný starší vědec něco za možné, má téměř jistě pravdu. Prohlásí-li něco za nemožné, je pravděpodobné, že se mylí.

II. Jediným způsobem, jak poznat hranice možného, je překročit je směrem k nemožnému.

III. Každá rozvinutější technologie je nerozeznatelná od kouzla.

TŘI CLARKOVY ZÁKONY

„Zvedněte štíty!“

Tak zní první rozkaz, kterým kapitán Kirk v nesčetných epizodách seriálu *Star Trek* vyzývá mužstvo k aktivaci silového pole, které loď Enterprise ochrání před nepřátelskou palbou.

Silové pole hraje ve *Star Treku* důležitou roli; na základě jeho odolnosti je možné odhadnout délku celé bitvy. Jakmile totiž dojde k oslabení silových poli, dostává trup Enterprise více a více ničivých zásahů, až je nakonec kapitulace nezbytností.

Co je vlastně silové pole? Ve sci-fi je odpověď na tuto otázku na rozdíl od skutečnosti jednoduchá: je to tenká, neviditelná, avšak neproniknutelná bariéra schopná odklonit lasery i rakety. Na první pohled vypadá silové pole tak jednoduše, že bychom výrobu bitevních štítů na jeho principu mohli považovat za otázku nejbližší budoucnosti a očekávat, že nějaký podnikavý vynálezce co nevidět oznámí jeho objev. Skutečnost je ovšem mnohem složitější.

Stejně jako Edisonova žárovka změnila tvář moderní civilizace, mohlo by silové pole hluboce ovlivnit každou oblast našeho života. Vojáci by se vytvořením neproniknutelného štítu proti nepřátelským střelám a kulkám stali nezranitelnými. Ke stavbě mostů, dálnic a silnic by teoreticky stačilo stisknout

jediný knoflík. V pouštích by mohla v mžiku vyrůst celá města s mrakodrapy postavenými ze silových polí a silová pole vybudovaná nad městy by jejich obyvatelům umožnila dle libosti mírnit projevy počasí, jako jsou větrné smršti, sněhové bouře či tornáda. Pod bezpečným příkrovem silového pole bychom mohli stavět podmořská města. Silová pole by také zcela nahradila sklo, ocel a zdivo.

Vytvořit silové pole v laboratoři je však kupodivu snad jedním z nejtěžších úkolů. Někteří fyzikové se domnívají, že bez změny jeho očekávaných vlastností je něco takového vlastně nemožné.

Michael Faraday

Koncept silového pole vychází z prací velkého britského vědce 19. století Michaela Faradaye.

Faraday se narodil v dělnické rodině (otec byl kovářem) a začátkem 19. století se nuzně živil jako knihařský tovaryš. Již v mládí ho fascinovaly obrovské pokroky ve zkoumání záhadných vlastností dvou nových sil: elektřiny a magnetismu. Hltal vše, co si o těchto věcech mohl přečíst, a chodil na přednášky profesora Humphreya Davyho z londýnského Královského ústavu.

Poté, co si profesor Davy jednoho dne při chemické nehodě vážně poškodil zrak, najal Faradaye jako svého tajemníka. Faraday si postupně získal důvěru vědců z Královského ústavu, kteří, ač se mu často vysmívali, mu umožnili provádět významné pokusy. Postupem času vzrůstala žárlivost profesora Davyho na skvělé výsledky mladého asistenta, vycházející hvězdy mezi experimentátory, který svou slávou Davyho nakonec zcela zastínil. Po Davyho smrti v roce 1829 získal Faraday volnost a uskutečnil řadu důležitých objevů, vedoucích k vytvoření generátorů, které začaly zásobovat proudem celá města a změnily běh světové civilizace.

Klíčem k Faradayovým největším objevům byla jeho „silová pole“. Rozsypane-li kolem magnetu železné piliny, vidíme, že kolem něj vytvoří obrazec podobný pavučině. Jsou to Faradayovy silokřivky, které názorně ukazují, jak elektrická a magnetická síla prostupují prostorem. Když graficky znázorníme ku příkladu zemské magnetické pole, vidíme, že křivky vycházejí ze severní polární oblasti a vracejí se k Zemi v jižní polární oblasti. Kdybychom obdobně zakreslili elektrické silokřivky hromosvodu při bouřce, zjistili bychom, že se sbíhají na špičce hromosvodu. Pro Faradaye není prázdný prostor vůbec prázdný, nýbrž prostoupený silokřivkami, které jsou schopny pohybovat

vzdálenými předměty. (Faraday, jehož dětství bylo poznamenáno chudobou, byl matematicky negramotný. Důsledkem toho nezaplňují jeho poznámkové sešity rovnice, nýbrž ruční kresby diagramů těchto silokřivek. Je ironií, že nedostatek matematického vzdělání jej přinutil vytvářet ona překrásná schémata silokřivek, která nyní vidíme ve všech učebnicích fyziky. Pro vědu je fyzikální model často důležitější než jeho matematický popis.)

Historikové zvažovali, co Faradaye přivedlo k jeho objevu silových polí, jedné z nejdůležitějších koncepcí celé vědy. Ve skutečnosti je veškerý souhrn objevů moderní fyziky zapsán v jazyce Faradayových polí. Klíčový objev v oblasti silových polí, který navždy změnil celou civilizaci, učinil Faraday roku 1831. Když jednoho dne pohyboval dětským magnetem nad drátěnou smyčkou, všiml si, že se mu daří vyvolat v drátu elektrický proud, aniž by se ho vůbec dotkl. To znamenalo, že neviditelné pole magnetu je schopno přes prázdný prostor pohybovat elektrony v drátu a tak vyvolat proud.

Faradayova „silová pole“, která zpočátku vypadala jako neužitečné čmáranice, reprezentují reálné hmotné síly, schopné pohybovat předměty a vyrábět energii. Umělé světlo, s jehož pomocí dnes čtete tuto stránku, vzniká nepochybně na principu Faradayových objevů o elektromagnetismu. Rotující magnet vytváří změnu silového pole, která pohybuje elektrony v drátu a vyvolá jejich pohyb v elektrickém proudu. Této elektřiny v drátu pak lze použít k rozsvícení žárovky. Stejného principu se používá při výrobě elektřiny k zásobování všech měst světa. Voda shromážděná v přehradě roztáčí obrovský magnet v turbíně, který pohybuje elektrony v drátu a vytváří elektrický proud, který pak vedení vysokého napětí dopravuje do našich domovů.

Jinými slovy, silová pole Michaela Faradaye jsou silami, které pohánějí moderní civilizaci, od elektrických buldozerů k dnešním počítačům, internetu a iPodům.

Faradayova silová pole inspirují fyziky již půl druhého století. Einstein jimi byl ovlivněn natolik, že v pojmech silových polí popsal svou teorii gravitace. Faradayova práce nadchla i mne. Právě v jazyce Faradayových silových polí jsem před lety úspěšně zapsal strunovou teorii a položil tak základy teorie strunových polí. Když se ve fyzice o někom řekne, že „myslí jako silokřivka“, je to míněno jako velká poklona.

Čtyři síly

Jedním z vrcholných úspěchů fyziky posledních dvou tisíciletí je izolace a identifikace čtyř sil, které vládnou vesmíru. Všechny se dají popsat v jazyce

polí zavedeném Faradayem. Žádná z nich však naneštěstí nemá zcela vlastnosti silových polí popisovaných ve většině vědeckofantastických děl. Jsou to tyto síly:

1. Gravitace, tichá síla, která drží naše nohy na zemi, brání Zemi i hvězdám, aby se rozpadly, drží pohromadě Sluneční soustavu i Mléčnou dráhu. Bez gravitace by nás naše rotující planeta vyvrhla do vesmíru rychlostí 1600 kilometrů za hodinu. Problémem je, že gravitace má přesně opačné vlastnosti, než mají silová pole ve sci-fi. Gravitace je přitažlivá, nikoli odpudivá, v porovnání s ostatními silami je extrémně slabá a působí přes obrovské astronomické vzdálenosti. Jinými slovy, je téměř pravým opakem ploché, tenké, neprostupné bariéry, kterou známe z vědeckofantastických knih nebo filmů. K tomu, aby se peříčko sneslo k zemi, je zapotřebí přitažlivosti celé planety Země. Tuto sílu však můžeme přemoci jediným pohybem prstu, kterým peříčko opět zvedneme. Pohyb našeho prstu překoná gravitaci celé planety vážící přes šest kvadrilionů kilogramů.

2. Elektromagnetismus, síla, která osvětluje naše města. Lasery, rozhlas, televize, moderní elektronika, počítače, internet, elektřina, magnetismus - to vše jsou důsledky elektromagnetické síly. Je to snad nejúčinnější síla, kterou si člověk podřídil. Na rozdíl od gravitace může být jak přitažlivá, tak odpudivá. Je tu však několik důvodů, proč se nehodí k vytvoření silového pole. Především ji lze snadno zneškodnit. Silným elektrickým nebo magnetickým polem například snadno projdou umělé hmoty a jiné izolátory. Kus umělé hmoty vržený do magnetického pole jím tedy bez potíží proletí. Za druhé, elektromagnetismus působí na velké vzdálenosti a není snadné jej soustředit do jedné roviny. Zákony elektromagnetické síly jsou popsány Maxwellovými rovnicemi a tyto rovnice patrně nepřipouštějí jako své řešení silové pole.

3. a 4. Slabá a silná jaderná síla. Slabá síla je silou radioaktivního rozpadu. Je to síla, která zahřívá radioaktivní nitro naší Země, síla sopek, zemětřesení a kontinentálního driftu. Silná síla drží pohromadě jádro atomu. Z ní vychází energie Slunce a hvězd, to ona osvětluje vesmír. Problémem je, že jaderná síla je silou krátkého dosahu a působí především na vzdálenosti uvnitř atomového jádra. Je zcela svázána s vlastnostmi atomových jader, a proto je nesmírně těžké s ní zachá-

zet. V současnosti ji dokážeme využít pouze k rozbíjení jaderných částic v urychlovačích a vyrábění atomových pum.

Silová pole používaná ve sci-fi nejsou v souladu se známými fyzikálními zákony, přesto jsou tu však klíčky, které by vytvoření takových silových polí mohly umožnit. Předně může existovat pátá síla, kterou zatím v laboratořích nevidíme. Taková síla by například mohla místo astronomických vzdáleností působit jen na několik centimetrů nebo decimetrů. (Prvotní pokusy změřit přítomnost takové páté síly ovšem prozatím nepřinesly žádný úspěch.)

K napodobení některých vlastností silového pole bychom možná mohli použít také plazmatu. Plazma je „čtvrté skupenství hmoty“. Na Zemi se nejčastěji setkáváme s pevnými látkami, kapalinami a plyny, nejobvyklejší formou hmoty ve vesmíru je však plazma, plyn ionizovaných atomů. V atomech plazmatu jsou elektrony odtrženy od jader. Díky tomu získávají elektrický náboj a snadno se s nimi manipuluje pomocí elektrických a magnetických polí.

Plazma je nejhojnější formou viditelné hmoty ve vesmíru, skládá se z něj Slunce, hvězdy i mezihvězdný plyn. Pro nás není plazma obvyklé, protože na Zemi se s ním setkáváme jen zřídka, ale vidíme jej ve formě blesku, Slunce a uvnitř našeho plazmového televizoru.

Plazmová okénka

Zahřejeme-li plyn na dostatečně vysokou teplotu, vytvoří se plazma, se kterým můžeme manipulovat a formovat je pomocí magnetického a elektrického pole. Můžeme z něj například vytvořit desku nebo okno. Takového „plazmového okénka“ lze mimo jiné použít k oddělení vakua od běžného vzduchu. Díky němu by v zásadě bylo možno bránit vzduchu zevnitř vesmírné lodi, aby unikal do vnějšího prostoru, a tím vytvořit příhodné průhledné rozhraní mezi vzduchoprázdným prostorem a vesmírnou lodí.

V televizním seriálu *Star Trek* se takového silového pole užívá k oddělení přístaviště pro malé převozní čluny od vzduchoprázdna mezihvězdného prostoru. Nejen že to je chytrý způsob, jak ušetřit náklady na rekvizity, jedná se navíc o zařízení, které je technicky možné.

Plazmové okénko vynalezl roku 1995 v Brookhavenské národní laboratoři na Long Islandu v New Yorku fyzik Ady Herschcovitch. Vyvinul je, aby vyřešil problém sváření kovů pomocí elektronového paprsku. Svářečova acetylénová pistole používá proud horkého vzduchu, který nataví a následně

svaří kovové části. Paprskem elektronů však lze svářet kovy rychleji, čistěji a laciněji než obvyklými metodami. Problémem však je, že svařování elektronovým paprskem musí probíhat ve vakuu. To je velice obtížně splnitelný požadavek, neboť bychom potřebovali vytvořit vakuovou komoru velkou případně jako celá místnost.

Pro řešení tohoto problému vynalezl Dr. Herschcovitch plazmové okénko. To má rozměry asi 90 x 28 cm a zahřívá plyn na teplotu 7500 °C, čímž vytváří plazma uvězněné elektrickými a magnetickými poli. Částice plazmatu vytvářejí tlak, který brání vzduchu, aby proudil do vakuové komory, a tím jej oddělují od vzduchoprázdna. (Použije-li se v plazmovém okénku plynu argonu, září modře, stejně jako silové pole ve *Star Treku*.)

Plazmové okénko nalézá široké uplatnění v meziplanetárních letech i v průmyslu. Ve výrobě je často zapotřebí vakua při jemných procesech nebo při leptání pro průmyslové účely, avšak práce ve vzduchoprázdnu může být drahá. Pomocí plazmového okénka se však vakuum snadno a lacině udrží pouhým stisknutím knoflíku.

Je ovšem možné využít plazmového okénka jako neproniknutelného štítu? Odolá střele z děla? Je možné, že plazmová okénka budoucnosti budou mít mnohem vyšší energii a teplotu, které postačí k tomu, aby se dopadající střela zničila či vypařila. K vytvoření realističtějšího silového pole, takového, s jakým se setkáváme ve sci-fi, by však bylo patrně zapotřebí kombinace několika technik umístěných ve vrstvách. Jednotlivá vrstva by sama o sobě nemusela být schopna zastavit dělovou kouli, ale jejich kombinace by mohla postačit.

Vnější vrstvu by mohlo tvořit plazmové okénko, zahřáté na teploty, při níž se vypařují kovy. Druhou vrstvou by mohla být clona z vysokoenergetických laserových paprsků. Taková clona z tisíce křížujících se laserových paprsků by vytvořila mřížku, která by zahřála každý procházející předmět tak, že by se zcela vypařil. Lasery se budeme podrobně zabývat v další kapitole.

Za touto laserovou clonou si lze představit mřížku vytvořenou z „uhlíkových nanotrubiček“, nepatrných trubiček skládajících se z jednotlivých atomů uhlíku, jejichž tloušťka činí jeden atom a které jsou mnohokrát pevnější než ocel. I když současný světový rekord pro délku uhlíkové nanotrubičky je jen okolo 15 mm, není vyloučeno, že jednoho dne je budeme schopni vytvářet v libovolné délce. Za předpokladu, že lze z uhlíkových nanotrubiček utkat mřížku, bychom z nich mohli vytvořit štít nesmírné síly, schopný od-

klonit většinu předmětů. Tento štít by byl neviditelný, protože každá uhlíková nanotrubička má atomové rozměry, celá mřížka by však byla silnější než jakýkoli obvyklý materiál.

Lze si tedy představit, že by součinností plazmového okénka, laserové clony a mřížky z uhlíkových nanotrubiček vznikla neviditelná stěna, kterou by téměř nebylo možno proniknout.

Avšak ani takový vícevrstvý štít by zcela nesplňoval všechny vlastnosti silového pole známého ze sci-fi: protože by byl průhledný, nedokázal by zastavit laserový paprsek. V bitvě s laserovými děly by byl zcela neúčinný.

K zastavení laserového paprsku by štít musel mít také zdokonalenou vlastnost „fotochromatiky“. Tohoto jevu se používá ve slunečních brýlích, které samy ztmavnou, jsou-li vystaveny ultrafialovému záření. Fotochromatika je založena na molekulách, které mohou nabývat nejméně dvou různých stavů. V jednom ze stavů je molekula průhledná. Je-li však vystavena ultrafialovému záření, okamžitě nabude své druhé, neprůhledné formy.

Jednoho dne bychom mohli být schopni použít nanotechnologii k vytvoření látky pevné jako uhlíkové nanotrubičky a zároveň schopné změnit své optické vlastnosti při vystavení laserovému světlu. Takový štít by mohl chránit jak před laserovým útokem, tak před paprskem částic nebo palbou z děla. V současnosti však fotochromatická molekula schopná zastavit laserový paprsek neexistuje.

Magnetická levitace

Ve sci-fi mají silová pole i jinou funkci než odvracet útok paprskovým dělem, a sice překonávat gravitaci. Ve filmu *Návrat do budoucnosti* se Michael J. Fox pohybuje na „hoverboardu“, který vypadá jako skateboard, s tím rozdílem, že se vznáší nad ulicí. Sestrojit takové antigravitační zařízení je při dnešních znalostech fyzikálních zákonů nemožné (jak uvidíme v Kapitole 10). Magnety vybavené „hoverboardy“ a vznášející se auta by se však v budoucnu mohly stát realitou a my bychom skutečně mohli přimět velké předměty, aby se vznášely podle našeho přání. Jestliže v budoucnu dokážeme nastolit supravodivost při pokojové teplotě, mohli bychom nadnášet předměty s použitím magnetických silových polí.

Umístíme-li dva tyčové magnety za sebe tak, aby se jejich severní póly dotýkaly, budou se oba magnety odpuzovat. (Jestliže ovšem jeden z nich otočíme, aby se severního pólu druhého magnetu dotýkal svým jižním pólem, začnou se magnety vzájemně přitahovat.) Skutečností, že se severní póly

navzájem odpuzují, lze použít při zvedání těžkých předmětů. V několika zemích se již staví moderní vlaky systému „maglev“ (tedy vlaky na principu magnetické levitace), které se s použitím obyčejných magnetů vznášejí těsně nad kolejemi. Právě díky tomu, že plují po vzduchovém polštáři, mají nulové tření a mohou proto dosáhnout rekordních rychlostí.

První komerční automatická trať s magnetickou levitací byla uvedena do provozu roku 1984 ve Velké Británii, a sice z birminghamského mezinárodního letiště k místnímu nádraží. Vlaky typu maglev již nyní jezdí také v Německu, Japonsku a Koreji, nejsou však většinou projektovány pro vysoké rychlosti. První komerčně využívanou vysokorychlostní tratí s magnetickou levitací je IOS v Šanghaji, po níž vlaky jezdí rychlostí až 430 km/hod. Japonský vlak tohoto typu v prefektuře Jamanaši dosáhl rychlosti 580 km/hod, což je dokonce vyšší rychlost, než dosahují běžné vlaky jedoucí po kolejích.

Tato zařízení s magnetickou levitací jsou však velmi drahá. Jedním ze způsobů, jak zvýšit jejich účinnost, by bylo použití supravodivosti, při níž vodič, je-li ochlazen na teploty blízké se absolutní nule, zcela ztrácí elektrický odpor. Supravodivost objevil roku 1911 Heike Onnes. Jestliže jsou určité látky ochlazeny na teploty nižší než 20 K, mizí veškerý elektrický odpor. Jestliže snižujeme teplotu kovu, klesá obvykle jeho odpor postupně. (To je proto, že náhodné vibrace atomů brání průchodu elektronů drátem. Snižováním teploty se tyto náhodné pohyby redukuje a průchod proudu naráží na menší odpor.) Ke svému velkému překvapení však Onnes zjistil, že odpor určitých materiálů při jisté kritické teplotě náhle klesá k nule.

Fyzikové si okamžitě uvědomili důležitost tohoto výsledku. V elektrických vedeních se při přenosu elektřiny na velké vzdálenosti ztrácí významný podíl energie. Jestliže by se ovšem podařilo odstranit veškerý odpor, bylo by možné přenášet elektrickou energii téměř bez nákladů. A kdybychom přiměli elektřinu, aby obíhala v drátěné smyčce, pokračovala by v tom po miliony let bez jakéhokoli poklesu proudu. Pomocí těchto velkých proudů by navíc bylo snadno možné vytvářet elektromagnety neuvěřitelné síly a tudíž bez větší námahy zvedat obrovské náklady.

Přes tyto obrovské možnosti je tu se supravodivostí jistá potíž: držet velké magnety v nádržích s hluboce chladnou kapalinou je velmi nákladné. Pro udržení jejich nízké teploty je třeba obrovských chladicích zařízení, a to činí supravodivé magnety neúnosně drahými.

Jednoho dne by však mohli fyzikové vytvořit materiál supravodivý při pokojové teplotě – jakýsi svatý grál fyziky pevných látek. Vynález takových

materiálů by vedl k druhé průmyslové revoluci. Silná magnetická pole schopná zvedat auta a vlaky by byla tak levná, že vznášející se auta by mohla být běžně dostupnou záležitostí. S materiály, které by si uchovávaly supravodivost při pokojových teplotách, by se létající auta, která známe z filmů *Návrat do budoucnosti*, *Minority Report* nebo *Hvězdné války*, mohla stát skutečností.

V zásadě by bylo možno nosit pás ze supravodivých magnetů a díky němu se bez námahy vznášet. S takovým pásem bychom létali vzduchem jako Superman. Supravodivost při pokojové teplotě je natolik zajímavou myšlenkou, že vystupuje v četných sci-fi románech (kupříkladu v *Prstenci* Larryho Nivena z roku 1970).

Supravodiče fungující při pokojových teplotách hledají fyzikové bezúspěšně již celá desetiletí. Jedná se o zdlouhavý sled pokusů a omylů, při němž se zkoušel jeden materiál po druhém. Roku 1986 však byla objevena nová třída látek zvaných „vysokoteplotní supravodiče“, které se stávají supravodivými při zhruba 90 K (tedy 90 stupních nad absolutní nulou), což ve světě fyziky vyvolalo senzaci. Jako by se zvedla stavidla. Každý měsíc se fyzikové předháněli při lámání světových rekordů. Na krátkou chvíli se zdálo, že vysokoteplotní supravodiče přeskochí ze stránek sci-fi románů do našich domovů. Po několika málo letech závratné rychlosti se však výzkum vysokoteplotních supravodičů začal zpomalovat.

V současnosti drží světový rekord vysokoteplotního supravodiče směsný oxid thalia, rtuti, vápníku, mědi a barya, který přechází do supravodivého stavu při 138 K (-135 °C). Tato poměrně vysoká teplota je ovšem ještě velmi vzdálena pokojové teplotě, i přesto je onen teplotní rekord důležitý. Dusík se zkapalňuje při 77 K, a tekutý dusík stojí přibližně tolik co obyčejné mléko. Za použití obyčejného tekutého dusíku bychom tedy mohli vysokoteplotní supravodiče chladit docela lacino. (Skutečné supravodiče při pokojové teplotě by ovšem nepotřebovaly chlazení vůbec žádné.)

Je poněkud trapné, že v současnosti neexistuje žádná teorie, která by vysvětlovala vlastnosti těchto vysokoteplotních supravodičů. Na odvážného fyzika, jenž by takové vysvětlení podal, zcela jistě čeká Nobelova cena. (Vysokoteplotní supravodiče jsou tvořeny atomy uspořádanými do vzájemně oddělených vrstev. Mnoho fyziků se domnívá, že právě tato vrstevnatá struktura keramického materiálu umožňuje elektronům každou takovou vrstvou volně protékat, čímž vzniká supravodivost. Přesný mechanismus však zůstává záhadou.)

Pro tento nedostatek pochopení se fyzikové při hledání nových vysokoteplotních supravodičů uchylují k metodě pokusů a omylů. Je tedy možné, že onen bájný vysokoteplotní supravodič bude objeven zítra, za rok, nebo také nikdy. Nikdo neví, kdy, a jestli vůbec, se taková látka najde.

Jakmile se však supravodič fungující při pokojové teplotě objeví, vyvalí se patrně velká vlna komerčních aplikací. Díky němu bychom dokázali bez potíží vyrábět magnetická pole milionkrát silnější, než je magnetické pole Země (jehož síla je 0,5 gaussů).

Jednou z obecných vlastností supravodivosti je tak zvaný Meissnerův efekt. Umístíme-li magnet nad supravodič, bude se vznášet, jako by jej nadnášela neviditelná síla. (Příčinou Meissnerova efektu je, že magnet vytvoří uvnitř supravodiče jakýsi svůj „zrcadlový obraz“, takže původní magnet a jeho zrcadlový obraz se vzájemně odpuzují. Jiný způsob pohledu je, že magnetická pole nemohou proniknout do supravodiče. Silokřivky jsou naopak vytěsňovány. Držíme-li tedy magnet nad supravodičem, supravodič jeho silokřivky vytěsňuje, a ty následně tlačí magnet nahoru a tím způsobí jeho levitaci.)

Je možné, že v budoucnosti budou Meissnerova efektu využívat silnice vyrobené z tohoto speciálního keramického materiálu. Pak by nám magnety umístěné na opasku nebo v pneumatikách umožnily magicky plout k cíli bez jakéhokoli tření a ztráty energie.

Meissnerův efekt působí pouze na magnetické materiály, jako jsou kovy. Supravodivých magnetů je však možno použít i k levitaci nemagnetických materiálů, které jsou buď paramagnetické, nebo diamagnetické. Tyto materiály nemají vlastní magnetismus, magnetickými se stávají teprve v přítomnosti vnějšího magnetického pole. Paramagnetické látky jsou vnějším magnetem přitahovány, zatímco diamagnetické jím jsou odpuzovány.

K diamagnetickým látkám patří kupříkladu voda. Všechny živé bytosti se skládají (mimo jiné) z vody, a mohou proto v přítomnosti silného magnetického pole levitovat. Vědcům se podařilo nechat v magnetickém poli o síle přibližně 15 tesla (což je třicetitisícinásobek síly zemského magnetického pole) vznášet malé živočichy, například žáby. Jestliže se však stanou realitou supravodiče při pokojové teplotě, mělo by být možné díky jejich diamagnetickým vlastnostem nadnášet i velké nemagnetické objekty.

Závěrem je možno říci, že silová pole běžně vystupující ve sci-fi neodpovídají vlastnostem čtyř základních vesmírných sil. Mnohé vlastnosti silových polí bychom však mohli dokázat napodobit pomocí vícevrstvých štítů,

skládajících se z plazmového okénka, laserové clony, uhlíkových nanovláken a fotochromatických molekul. Vývoj takového štítu je však možná vzdálen mnoho desetiletí a snad i staletí. Jestliže se navíc podaří objevit materiály supravodivé při pokojové teplotě, mohla by se silná magnetická pole použít k levitaci aut a vlaků a vznášení ve vzduchu, jak to vidíme ve vědeckofantastických filmech.

Na základě těchto úvah bych silová pole zařadil mezi nemožnosti I. řádu - tedy mezi věci, které jsou za použití dnešní techniky nemožné, v jisté obměně by však mohly být uskutečnitelné přibližně za sto let.

NEVIDITELNOST

*Nemůžete se spolehnout na svůj zrak,
máte-li rozostřenou představivost.*

MARK TWAIN

Ve filmu *Star Trek IV: Cesta domů* unese posádka lodi Enterprise bitevní křižník Klingonů. Na rozdíl od hvězdných korábů loďstva Federace jsou lodě klingonské říše vybaveny jakýmsi tajným „maskovacím zařízením“, jehož působením se stávají pro světlo nebo radar neviditelnými, takže se mohou zezadu přikrást k lodím Federace a beztréstně je přepadat. Toto zneviditelňující zařízení dává klingonské říši strategickou výhodu nad Spojenou federací planet.

Je takové zařízení opravdu technicky možné? Neviditelnost je jedním ze zázraků, které se ve sci-fi a fantastice objevují již dlouhou dobu, od stránek *Neviditelného* přes kouzelný plášť neviditelnosti Harryho Pottera po prsten v *Pánu prstenů*. Avšak fyzikové již nejméně sto let odmítají možnost plášťů neviditelnosti a bez okolků je prohlašují za nemožné, neboť odporují zákonům optiky a nejsou v souladu se známými vlastnostmi hmoty.

Dnes se však nemožné může stát možným. Nedávné pokroky při vývoji „metamateriálů“ si vynucují zásadní přehodnocení učebnic optiky. Funkční vzorky těchto materiálů, které se podařilo vytvořit v laboratořích, a tedy i možnost učinit viditelné neviditelným, vyvolaly velký zájem v médiích, v průmyslu i vojenství.

Dějiny neviditelnosti

Dosažení neviditelnosti je jednou z nejstarších myšlenek, které se objevují v antické mytologii. Co lidská paměť sahá, báli se lidé, kteří se octli v nevlídné noci sami, neviditelných duchů mrtvých a ve tmě číhajících duší dávno zemřelých. Řecký hrdina Perseus, jsa vyzbrojen přilbou neviditelnosti,

skolil zlou Medúzu. O zařízení způsobujícím neviditelnost snili i generálové; díky němu by mohli snadno proniknout do nepřátelských linií a zaskočit nepřítele. Zločinci by neviditelnosti využívali k odvážným loupežím.

Neviditelnost hraje ústřední roli v Platónově teorii mravnosti a ctnosti. Ve svém filozofickém arcidíle *Ústava* připomíná mýtus o Gýgově prstenu. Chudý, avšak poctivý lýdský pastýř Gýges vejde do skryté jeskyně a najde hrobku, v níž je uložena mrtvola se zlatým prstenem na prstu. Gýges zjistí, že tento prsten má kouzelnou moc učinit jej neviditelným. Moc, kterou mu prsten dává, chudého pastýře omámí. Gýges se vloudí do královského paláce, s použitím své moci svede královnu, s její pomocí krále zavraždí a stane se novým králem Lýdie.

Z tohoto příběhu chtěl Platón vyvodit poučení, že pokušení krást a vraždit dle libosti nelze odolat. Všichni lidé jsou zkorumpovatelní a morálka je společenská konstrukce vnucená zvnějšku. Člověk se může zdát na veřejnosti morálním, aby si zachoval svou poctivou pověst, jakmile však získá schopnost neviditelnosti, stane se užití této moci neodolatelným. (Někteří lidé se domnívají, že tento příběh byl též inspirací pro Tolkienovu trilogii *Pán prstenů*, v níž je prsten, zaručující nositeli neviditelnost, zároveň zdrojem zla.)

Neviditelnost je též běžným prvkem sci-fi. V seriálu *Flash Gordon* z třicátých let se Flash stane neviditelným a unikne tak popravčí četě Nelítostného Minga. V knihách a filmech o Harry Potterovi si Harry přes sebe přehodí zvláštní pláštěnku, která mu umožní procházet nepozorován zámkem v Bradavicích.

Tento mytologický prvek využil také H. G. Wells ve svém památném románu *Neviditelný*, v němž se student medicíny, který náhodně odhalí sílu čtvrtého rozměru, stane neviditelným. Této nadpřirozené schopnosti bohužel zneužije pro vlastní prospěch: začne s řadou drobných zločinů, a nakonec hyne při zoufalé snaze uniknout policii.

Maxwellovy rovnice a tajemství světla

Porozumění zákonům optiky přineslo až dílo skotského fyzika J. C. Maxwella, jednoho z velikánů fyziky devatenáctého století. Maxwell byl v jistém smyslu opakem Michaela Faradaye. Zatímco Faraday měl skvělý cit pro experiment bez jakéhokoli formálního vzdělání, byl jeho současník Maxwell mistrem vysoké matematiky. Vynikl již během studií matematické fyziky v Cambridgi, kde o dvě století dříve pracoval Isaac Newton.

Newton vypracoval matematickou analýzu a vytvořil jazyk „diferenciálních rovnic“, které popisují, jak při změně času a místa předměty plynule procházejí nekonečně malými změnami. Právě pomocí diferenciálních rovnic můžeme popsat pohyb mořských vln, kapalin, plynů či dělových koulí. Maxwell si vytkl jasný cíl: vyjádřit revoluční Faradayovy objevy a jeho silová pole pomocí přesných diferenciálních rovnic.

Vyšel z Faradayova objevu, že elektrická pole se mění v pole magnetická a naopak. Vzal Faradayovo znázornění silových polí a přepsal je do exaktního jazyka diferenciálních rovnic. Vytvořil tak jednu z nejdůležitějších soustav rovnic v moderní vědě. Je to soustava osmi složitě vyhlížejících diferenciálních rovnic, nad nimiž se v prvních ročnících vysoké školy musí při studiu elektromagnetismu potit každý fyzik i inženýr na světě.

Poté si Maxwell položil osudovou otázku: Jestliže se magnetická pole mohou měnit v pole elektrická a naopak, co se stane, když se neustále mění jedno v druhé? Maxwell zjistil, že by taková elektromagnetická pole vytvořila vlnu, obdobnou vlně mořské. Vypočetl její rychlost a ke svému údivu zjistil, že se rovná rychlosti světla! Když roku 1864 tuto skutečnost objevil, napsal prorocky: „Tato rychlost je tak blízká rychlosti světla, že se zdá, že máme dobrý důvod usoudit, že světlo samo ... je elektromagnetický vzruch.“

Byl to patrně největší objev v lidských dějinách. Poprvé se konečně podařilo vysvětlit tajemství světla. Maxwell si náhle uvědomil, že zářivý východ slunce, oslnivé barvy jeho západu, neskutečné barvy duhy, světlo hvězd na noční obloze, toto vše lze vyjádřit pomocí vln, jejichž rovnice si načrtl na kousku papíru. Dnes zjišťujeme, že celé elektromagnetické spektrum - od radaru po televizi, mikrovlnné záření, infračervené světlo, viditelné světlo, UV záření, rentgenové paprsky a paprsky gama - není nic jiného než Maxwellovy vlny, což jsou vlastně vibrující Faradayova silová pole.

Einstein o důležitosti Maxwellových rovnic napsal, že jsou „tím nejhlubším a nejprínosnějším, co se ve fyzice událo od Newtonových dob.“

(Je tragické, že Maxwell, jeden z největších fyziků devatenáctého století, zemřel poměrně mlád ve 48 letech na rakovinu žaludku, nemoc, která patrně zahubila ve stejném věku i jeho matku. Kdyby žil déle, mohl by objevit, že jeho rovnice připouštějí deformace prostoročasu, které vedou k přímo k Einsteinově teorii relativity. Je ohromující, když si uvědomíme, že kdyby Maxwell žil déle, mohla být relativita objevena v době americké občanské války.)

Maxwellova teorie světla a atomová teorie podávají dohromady jednoduché vysvětlení optických jevů a neviditelnosti. V pevných látkách jsou

atomy naměstnány k sobě, zatímco v kapalinách nebo plynech jsou od sebe molekuly více vzdáleny. Většina pevných látek je neprůhledná, protože světelné paprsky nemohou proniknout těsnou strukturou atomů, které působí jako cihlová zeď. Mnoho kapalin a plynů je naopak průhledných, neboť světlo snáze prochází velkými mezerami mezi jejich atomy, které jsou větší než vlnová délka viditelného světla. Například voda, líh, čpavek, aceton, peroxid vodíku, benzín atd. jsou všechny průhledné, a stejně tak plyny jako kyslík, vodík, dusík, oxid uhličitý, metan a další.

Toto pravidlo má několik důležitých výjimek. Mnoho krystalů je současně pevných a průhledných. Atomy krystalu jsou však uspořádány do přesných mřížkovitých struktur, v pravidelných řadách s rovnoměrnými rozestupy. Světelný paprsek proto může mřížkou procházet mnoha způsoby. Ačkoli jsou tedy v krystalu atomy uspořádány stejně těsně jako v jiných pevných látkách, dokáže jím světlo projít.

Za jistých okolností může být pevná látka průhledná, i když jsou atomy uspořádány náhodně. Toho se dá dosáhnout, když se jisté materiály zahřejí na vysokou teplotu a pak se rychle ochladí. Sklo je kupříkladu pevná látka, která právě pro své náhodné uspořádání atomů sdílí mnohé vlastnosti s kapalinami. Z podobných důvodů jsou průhledné i některé bonbony.

Neviditelnost je tedy zjevně vlastnost vznikající na atomové úrovni, skrze Maxwellovy rovnice, a tak by bylo patrně nadmíru obtížné, ne-li nemožné, realizovat ji obvyklými metodami. Aby se Harry Potter stal neviditelným, museli bychom ho zkapalnit, vařit tak dlouho, až by se vypařil, nechat ho vykristalizovat, opět jej zahřát a pak rychle ochladit, což by bylo docela obtížné, a to i pro čaroděje!

Přestože armáda není schopná vyrobit neviditelná letadla, snaží se tomuto ideálu alespoň co nejvíce přiblížit: vyvinula technologii „stealth“, díky níž jsou letadla pro radar neviditelná. Technologie vychází z Maxwellových rovnic, na jejichž základě vytváří řadu triků. Bojové letadlo tohoto typu je lidským okem beze všeho viditelné, jeho obraz na obrazovce nepřátelského radaru však není větší než obraz většího ptáka. (Technologie stealth je ve skutečnosti pestrou směsicí triků. Záměnou materiálů uvnitř letadla (částečným nahrazením oceli umělými hmotami), změnou úhlů na trupu a křídlech, novým uspořádáním výfukových trysek a podobně lze dosáhnout toho, že se paprsek nepřátelského radaru poté, co se odrazí od letadla, rozptýlí do všech směrů a nikdy se tak nedostane zpátky na obrazovku radaru. Avšak ani s pomocí technologie stealth není stíhací letoun zcela neviditelný; jen

rozptýlil a odrazil do různých směrů tolik z energie radaru, kolik je jen technicky možné.

Metamateriály a neviditelnost

Snad nejslibnější novou technologií, která má co do činění s neviditelností, je exotický materiál zvaný „metamateriál“, s jehož pomocí se jednoho dne mohou stát předměty opravdu neviditelnými. Vytvoření metamateriálů se kdysi považovalo za nemožné, protože prý porušují zákony optiky. Roku 2006 však výzkumníci na Dukeově univerzitě v Durhamu v Severní Karolíně a na Královské univerzitě v Londýně úspěšně překonali tradované myšlenky a s použitím metamateriálů učinili předmět neviditelným pro mikrovlnné záření. Přestože bude třeba překonat spoustu překážek, podařilo se nám poprvé v historii najít způsob, jak učinit obyčejné předměty neviditelnými. (Tento výzkum financuje výzkumná agentura Pentagonu DARPA.)

Bývalý technologický šéf Microsoftu Nathan Myhrvold říká, že revoluční potenciál metamateriálů „zcela změní způsob, jakým přistupujeme k optice a téměř každé stránce elektroniky ... Některé tyto materiály dovedou věci, které bychom před několika desetiletími nutně považovali za zázračné.“

Co vlastně jsou metamateriály? Jsou to látky s optickými vlastnostmi, které se v přírodě nevyskytují. Vytvářejí se vkládáním nepatrných implantátů do hmoty, které přimějí elektromagnetické vlny, aby se ohýbaly neobvyklým způsobem. Na Dukeově univerzitě vložili vědci nepatrné elektrické obvody do měděných pásů, uspořádaných do plochých soustředných kruhů (poněkud připomínajících topné články v elektrické troubě). Výsledkem je složitá směs keramiky, teflonu, kompozitních materiálů a kovových složek. Tyto drobné implantáty zabudované v mědi umožňují ohýbat a vést směr mikrovlnného záření zcela určitým způsobem. Všimněme si, jak řeka obtéká balvan. Proud vody se za kamenem brzy opět spojí a dál po proudu je proto přítomnost balvanu v řece neznatelná. Mikromateriály mění a ohýbají cestu mikrovln obdobjím způsobem. Postavíme-li do cesty kupříkladu válcovou překážku, mikrovlny ji obtečou, takže ve výsledku se celý vnitřek válce stane pro mikrovlny neviditelným. Jestliže je metamateriál schopen vymazat všechny odrazy a stíny, je pak pro tuto formu záření předmět zcela neviditelný.

Vědci tento princip úspěšně předvedli na zařízení skládajícím se z deseti prstenců ze skelných vláken pokrytých měděnými komponenty. Pro mikrovlnné záření se měděný prstenec uvnitř zařízení ukázal jako téměř neviditelný, vrhal jen nepatrný stín.

Podstatou metamateriálů je jejich schopnost manipulovat s takzvaným „indexem lomu“. Lom světla je jev, který mění dráhu světla při jeho průchodu průhledným materiálem. Ponoříme-li ruku do vody nebo se podíváme skrze brýle, vidíme, že voda i sklo mění dráhu obyčejného světla.

Důvodem, proč světlo při průchodu vodou nebo sklem mění svůj směr, je skutečnost, že se světlo při vstupu do hustší průhledné látky zpomalí. Rychlost světla ve vzduchoprázdnu je stále stejná, avšak při průchodu sklem nebo vodou se setkává s triliony atomů, a proto se zpomalí. Vydělíme-li rychlost světla ve vakuu poněkud nižší rychlostí světla v hmotě, získáme index lomu. Ten je vždy stejný nebo větší než číslo 1. Například index lomu vzduchoprázdna je roven 1,00, vzduchu 1,0003, skla 1,5, diamantu 2,4. Obvykle platí, že čím je látka hustší, tím víc se světlo láme a tím vyšší je index lomu této látky.

Známým příkladem, kde se uplatňuje lom světla, je fata morgana. Když za horkého dne řídíte vůz a podíváte se přímo na obzor, blyští se někdy silnice jako jezero. Putujete-li pouští, můžete občas spatřit obrysy vzdálených měst nebo hor. To proto, že horký vzduch vznikající nad asfaltem nebo pouštním pískem má hustotu nižší než okolní chladnější vzduch, a tedy i nižší index lomu, a proto se světlo odrážející se od vzdálených objektů může zlomit o horký povrch a doputovat až do našeho oka, čímž vzniká iluze, že vidíme vzdálené objekty.

Obvykle je index lomu konstantní. Úzký paprsek světla se zlomí v místě, kde vstoupí do skla, a dál pokračuje opět přímo. Předpokládejme však, že bychom byli schopni měnit index lomu libovolně během celé cesty paprsku skrze sklo. Světlo by mohlo při průchodu takovým materiálem zatačet do stále nových směrů, plazit se jako had.

Kdybychom mohli ovlivňovat index lomu uvnitř metamateriálu tak, aby světlo určitý předmět obešlo, stal by se pak tento předmět neviditelným. Abychom toho dosáhli, musel by metamateriál mít záporný index lomu, což je dle učebnic optiky nemožné. (Metamateriály poprvé teoreticky popsal roku 1967 ve svém článku sovětský fyzik Viktor Veselago. Veselago poukázal na to, že by tyto materiály musely mít nepřírozené optické vlastnosti, jako například záporný index lomu nebo obrácený Dopplerův efekt. Metamateriály jsou tak bizarní a neuvěřitelné, že v jejich vyvinutí nikdo nevěřil. Během posledních několika let však byly metamateriály v laboratoři skutečně zhotoveny a dříve zdráhaví fyzikové byli nuceni přepsat všechny učebnice optiky.)

Výzkumníky v oboru metamateriálů neustále obtěžují novináři s otázkami, kdy už budou pláště neviditelnosti na trhu. Odpovědí je, že to se jen tak nestane.

David Smith z Dukeovy univerzity vypráví: „Reportéři volají a chtějí, abych vyslovil nějaké číslo. Počet měsíců, počet let. Stále naléhají, a tak nakonec řeknete, dobrá, přibližně za patnáct let. A co se nestane? V novinách vyjde titulek typu ‚Za patnáct let budeme mít plášť Harryho Pottera‘.“ Proto nyní odmítá udávat jakékoli termíny. Příznivci Harryho Pottera a *Star Treku* si budou muset počkat. Skutečný plášť neviditelnosti při dodržení fyzikálních zákonů technicky možný je, na tom se shodne většina fyziků, avšak dříve, než bude moci pracovat s viditelným světlem a ne jen s mikrovlnnou radiací, bude třeba překonat řadu nelehkých překážek.

Obecně vzato musí být implantované vnitřní struktury menší než vlnová délka záření. Například mikrovlnné záření může mít vlnovou délku kolem tří centimetrů, takže aby metamateriál ohýbal cestu mikrovln, musí mít v sobě implantáty menší než 3 cm. Aby však byl předmět neviditelný i při zeleném světle, které má vlnovou délku 500 nm, musel by metamateriál obsahovat struktury dlouhé pouhých 500 nm – což jsou velikosti na atomární úrovni, vyžadující použití nanotechnologií. (1 nm je miliontina milimetru. Pět atomů vedle sebe vytvoří řadu o délce přibližně 1 nm.) To je při vyvíjení skutečného neviditelného pláště patrně klíčový problém. K tomu, abychom přiměli světelný paprsek kroužit se jako had, bychom uvnitř metamateriálu museli měnit jednotlivé atomy.

Metamateriály pro viditelné světlo

Závod už začal.

Jakmile bylo oznámeno, že se v laboratoři podařilo vyvinout metamateriály, pustili se vědci do překotného výzkumu a každých několik měsíců ohlašovali nový poznatek nebo překvapující průlom. Cíl byl jasný: vytvořit s pomocí nanotechnologií metamateriál, který ohýbá nejen mikrovlny, ale i viditelné světlo. K tomu bylo navrženo několik vesměs slibných přístupů.

Jedním ze způsobů je použít některé ze známých technologií, to jest vypůjčit si pro vytvoření nových metamateriálů postupy z polovodičového průmyslu. Klíčem k miniaturizaci počítačů a hnací silou počítačové revoluce je technologie zvaná fotolitografie. S její pomocí umisťují inženýři stovky milionů tranzistorů na křemíkový čip velký jako nehet.

Mooreův zákon říká, že rychlost a kapacita počítačů se zdvojnásobuje každých osmnáct měsíců. Důvodem je, že vědci s použitím ultrafialového záření leptají do povrchu křemíkového čipu stále menší a menší útvary. Jedná se o postup velice podobný tomu, jakým se pomocí matrice tisknou barevné nápisy na trička. Počítačovní inženýři vezmou tenký čip, který pokryjí mimořádně tenkými povlaky z různých materiálů. Pak se čip překryje umělohmotnou maskou, která slouží jako vzor. Na masce jsou vyznačeny složité obrysy vodičů, tranzistorů a počítačových prvků, které jsou základem počítačových obvodů. Čip se ozáří ultrafialovým světlem s velice krátkou vlnovou délkou, a tím se vzorek natiskne na povrch čipu, který je na světlo citlivý. Poté se na čip působí speciálními plyny a kyselinami, čímž se složité schéma masky vyleptá do povrchu čipu tam, kde bylo vystaveno ultrafialovému světlu. Tímto postupem se vytvoří čip se stovkami milionů nepatrných prohlubní, které tvoří obrysy tranzistorů. V současnosti jsou nejmenší prvky, které lze tímto leptáním vytvořit, asi 30 nm velké (v jednom směru tedy obsahují asi 150 atomů).

Milníkem ve směřování k neviditelnosti byl okamžik, kdy skupina vědců použila této techniky leptání křemíkového čipu k vytvoření prvního metamateriálu fungujícího v oblasti viditelného světla. Vědci z Německa a z amerického Ministerstva energetiky začátkem roku 2007 oznámili, že poprvé v dějinách vyrobili metamateriál pracující s červeným světlem. „Nemožné“ se zdařilo během pozoruhodně krátké doby.

Fyzikovi Costasu Soukoulisovi z Amesovy laboratoře v Iowě se spolu se Stefanem Lindenem, Martinem Wegenerem a Gunnarem Dollingem z univerzity v německém Karlsruhe podařilo vytvořit metamateriál s indexem lomu $-0,6$ pro červené světlo o vlnové délce 780 nm. Do té doby držel prvenství metamateriál, který ohýbal záření s vlnovou délkou rovnou 1400 nm, která leží mimo oblast viditelného světla, v infračerveném pásmu.

Vědci vzali skleněnou tabuli, kterou pokryli tenkou vrstvou stříbra, poté fluoridem hořčíku a nakonec opět vrstvou stříbra, takže vytvořili jakýsi „sendvič“ o tloušťce pouhých 100 nm. V tomto sendviči pak s pomocí standardních leptacích technik vytvořili velké pole mikroskopických čtvercových otvorů, takže vznikla mřížka podobná rybářské síti. Otvory v mřížce byly široké pouhých 100 nm, což je mnohem méně než vlnová délka červeného světla.

Když tento materiál osvětlili paprskem červeného světla, naměřili index lomu o hodnotě $-0,6$.

Autoři pokusu předvídají technologii mnohá uplatnění. Metamateriály „by mohly vést k vyvinutí ploché superčočky, která by fungovala při viditelném světle,“ poznamenává Dr. Soukoulis. „Tato čočka by dosahovala mnohem vyššího rozlišení než konvenční technika a vedla by k zachycení detailů mnohem menších, než je vlnová délka světla.“ Bezprostřední využití by takové „superčočky“ našly při pořizování fotografií mikroskopických objektů velmi vysoké jasnosti, jako například vnitřku živé lidské buňky, nebo při stanovení diagnózy u nemocného dítěte uvnitř mateřského lůna. Teoreticky by bylo možné pořídit dokonce i fotografie jednotlivých složek molekuly DNA, aniž by bylo nutné používat hrubé rentgenové krystalografie.

Prozatím předvedli tito vědci záporný index lomu pouze pro červené světlo. Dalším krokem bude použití této techniky k vytvoření metamateriálu, který by červené světlo kolem dané překážky zcela obtočil a tím ji učinil pro toto světlo neviditelnou.

Další pokrok v tomto směru by mohl nastat v oblasti „fotonických krystalů“. Cílem této technologie je vytvořit čip, jenž by ke zpracovávání informace užíval světla místo elektřiny. To obnáší vyleptat s použitím nanotechnologií na destičku čipu komponenty tak, aby každý z nich měnil index lomu. Tranzistory pracující se světlem mají před elektrickými tranzistory řadu výhod. Fotonické krystaly mají například mnohem menší tepelné ztráty. (U moderních křemíkových čipů stačí uvolněné teplo k usmažení vajíčka. Musí se průběžně chladit, aby se neznehodnotily, což je velmi nákladné.) Nijak nepřekvapuje, že technika fotonických krystalů se skvěle hodí pro metamateriály. Obě technologie jsou totiž založeny na změně indexu lomu na malých vzdálenostech.

Neviditelnost prostřednictvím plazmoniky

Pozadu nechtěli zůstat ani ostatní. Další skupina vědců v polovině roku 2007 oznámila, že vytvořila metamateriál ohýbající světlo pomocí zcela jiného principu, zvaného „plazmonika“. Fyzikové Henri Lezec, Jennifer Dionnová a Harry Atwater z Caltechu (Kalifornského technologického institutu) oznámili vytvoření metamateriálu se záporným indexem lomu pro obtížnější modrozelenou oblast viditelného světla.

Cílem plazmoniky je „stlačit“ světlo natolik, abychom mohli pracovat s velmi malými objekty, především s objekty na povrchu kovů. Důvodem, proč kovy vedou proud, je skutečnost, že elektrony jsou vázány na kovové atomy jen volně, takže se mohou volně pohybovat po povrchu kovové mříž-

ky. Příkladem takového volného toku elektronů slabě svázaných s kovovým povrchem je proud protékající kabely ve vaší domácnosti. Avšak za určitých okolností, když světelný paprsek narazí na kovový povrch, mohou elektrony vibrovat ve stejném rytmu jako výchozí světelný paprsek. Těmto vlnovitým pohybům elektronů na kovovém povrchu, které jsou spřažené s původním paprskem světla, se říká plazmony. Tyto plazmony lze navíc „stlačit“ tak, že mají stejný kmitočet jako původní paprsek (a nesou tedy stejnou informaci), mají však při tom mnohem kratší vlnovou délku. Takto stlačené vlny je pak možno vměstnat na nanodráty. Obdobně jako u fotonických krystalů je konečným cílem plazmoniky vytvoření počítačových čipů, které místo elektřiny pracují se světlem.

Zmíněná skupina vědců z Caltechu svůj metamateriál vytvořila ze dvou vrstev stříbra, proložených izolátorem z nitridu křemíku o síle pouhých 50 nm, který působil jako vlnovod schopný usměrňovat plazmonické vlny. Laserové světlo vstupuje do zařízení štěrbínou vyrytou do metamateriálu a stejným způsobem je opouští. Zkoumáním úhlů, pod nimiž se ohýbá, můžeme ověřit, že index lomu světla je záporný.

Budoucnost metamateriálů

Již nyní panuje velký zájem o vývoj tranzistorů, které místo elektřiny pracují se světelnými paprsky. Z toho důvodu se v budoucnosti pokrok ve vývoji metamateriálů urychlí. Výzkum neviditelnosti proto současného výzkumu fotonických krystalů a plazmoniky využije při hledání náhrady za křemíkový čip. Do vytvoření náhrady za křemíkovou technologii již byly vloženy stovky milionů dolarů, a výzkumu metamateriálů toto úsilí jen prospěje.

K průlomovým objevům dochází v této oblasti každých několik měsíců. Proto nepřekvapuje, že někteří fyzikové očekávají, že nějaký typ skutečného štítu neviditelnosti vyjde z laboratoří během několika desetiletí. Vědci jsou si například jisti, že během několika málo let vytvoří metamateriály, schopné zcela zneviditelnit daný předmět pro jeden kmitočet viditelného světla, a to alespoň ve dvou rozměrech. To by vyžadovalo vložit do materiálu nanoimplantáty nikoli pravidelně, ale podle složitého schématu, díky čemuž by se světlo hladce ovinulo kolem daného předmětu.

Dalším krokem bude vytvoření metamateriálů, schopných zakřivit světlo nejen na dvourozměrných plochách, nýbrž ve třech rozměrech. Fotolitografie je ideální pro výrobu plochých křemíkových čipů, avšak tvorba třírozměrných metamateriálů bude vyžadovat složité vrstvení čipů.

Poté budou vědci nuceni řešit problém tvorby metamateriálů, které nezakřivují světlo jen jednoho, nýbrž mnoha kmitočtů. To bude možná ze všeho nejobtížnější, protože doposud vyráběné miniimplantáty ohýbají pouze světlo o jediném, přesně stanoveném kmitočtu. Vědci možná budou muset vytvářet metamateriály složené z vrstev, z nichž každá bude působit na světlo určitého kmitočtu. Řešení tohoto problému zatím není jasné.

Až se jednou přece jen podaří štít neviditelnosti sestrojít, bude se patrně jednat o neohrabané zařízení. Plášť Harryho Pottera byl vyroben z tenké ohebné látky a činil neviditelným každého, kdo se do něj zahalil. Ve skutečnosti by se ale u vlajícího pláště musel index lomu uvnitř látky neustále složitě měnit, což je neproveditelné. Skutečný „plášť“ neviditelnosti by musel být, alespoň zpočátku, téměř s jistotou vyroben z pevného válce z metamateriálů. Tímto způsobem by bylo možné zaručit index lomu uvnitř válce. Pokročilejší verze by nakonec mohly obsahovat metamateriály tak pružné, že by se mohly ohýbat, a přesto zaručit tok světla metamateriálem po předem určené cestě. To by poskytlo majiteli pláště jistou volnost pohybu.

Někteří vědci již poukázali na slabinu štítu neviditelnosti: kdokoli by byl uvnitř, nemohl by se dívat ven, aniž by sám byl vidět. Představme si Harryho Pottera zcela neviditelného až na jeho oči, které by se jakoby vznášely ve vzduchu. Jakákoli kukátka v plášti neviditelnosti by byla zvenjšku jasně vidět. Kdyby byl Harry Potter zcela neviditelný, sám by ze svého pláště nic neviděl. Možným řešením tohoto problému by bylo umístit místo průhledů dvě malé skleněné destičky. Ty by štěpily světelný paprsek tak, že by se z dopadajícího světla nepatrný podíl odštěpil a nasměroval do očí. Tímto způsobem by téměř veškeré dopadající světlo plášť obtékalo, čímž by člověk uvnitř byl neviditelný, a malý podíl světla by se odklonil do očí.

Jakkoli velké jsou tyto potíže, jsou vědci i inženýři optimističtí a věří, že nějaký druh štítu neviditelnosti by se v nejbližších desetiletích mohlo podařit sestrojít.

Neviditelnost a nanotechnologie

Již dříve jsem zmínil, že klíčem k neviditelnosti by mohly být nanotechnologie, tedy schopnost manipulovat se strukturami o velikosti atomu, neboli o průměru přibližně jedné miliardtiny metru.

U zrodu nanotechnologií stála slavná přednáška nositele Nobelovy ceny Richarda Feynmana, přednesená před Americkou fyzikální společností pod poťouchlým názvem „Tam dole je spousta místa“. V přednášce se Feynman

zamýšlel nad tím, jak asi by mohly, v souladu s fyzikálními zákony, vyhlížet nejmenší stroje. Uvědomil si, že je možné sestrojovat stále menší stroje, a ve chvíli, kdy bychom dosáhli atomových vzdáleností, bychom mohli začít stavět stroje ze samotných atomů. Kladky, páky nebo kola o rozměrech několika atomů fyzikálním zákonům nijak neodporují, bude ovšem nesmírně těžké je sestrojit.

Nanotechnologie pak po léta nijak nepokročily, protože manipulovat s jednotlivými atomy bylo mimo možnosti tehdejší techniky. K průlomů došlo až roku 1981, s vynálezem skenovacího tunelového mikroskopu, za nějž dostali Gerd Binnig a Heinrich Rohrer z laboratoří IBM v Curychu Nobelovu cenu za fyziku.

Najednou měli fyzikové možnost získat ohromující „obrázky“ jednotlivých atomů uspořádaných jako na ilustracích z učebnic chemie, což kdysi kritikové atomové teorie považovali za nemožné. Podařilo se pořídit nádherné fotografie atomů srovnaných v krystalu nebo na povrchu kovů. Složité chemické vzorce, dosud vystupující jen ve vědecké literatuře, byly najednou viditelné pouhým okem. Skenovací tunelový mikroskop navíc umožňuje manipulovat i s jednotlivými atomy. Sestavení třípísmenné zkratky „IBM“ z jednotlivých atomů vyvolalo ve vědeckém světě naprostou senzaci. Nyní již vědci nemusí manipulovat s atomy „poslepu“, mohou je skutečně vidět a přemísťovat dle libosti. Skenovací tunelový mikroskop je překvapivě jednoduchým zařízením. Obdobně jako sleduje gramofonová jehla drážku na desce, pohybuje se ostrá sonda pomalu nad povrchem materiálu, který se má zkoumat. (Špička sondy je tak ostrá, že se skládá z jediného atomu.) Na sondu se umístí malý elektrický náboj a proud protéká zkoumaným materiálem ze sondy do podložky. Síla protékajícího proudu se při pohybu nad jednotlivými atomy mění a tyto změny jsou zaznamenávány. Jak sonda prochází nad atomem, proud stoupne a zase poklesne, čímž pozoruhodně detailně zachytí jeho tvar. Prozkoumáním povrchu a sledováním změn v průtoku proudu se dají získat překrásné obrázky atomů uspořádaných do mřížek.

Fungování skenovacího tunelového mikroskopu umožňuje jeden z podivných zákonů kvantové fyziky. Elektrony nemají za normálních okolností dost energie, aby přešly ze sondy do vzorku a dále do podložky. Díky principu neurčitosti však existuje malá pravděpodobnost, že elektron „protuneluje“ potenciálovou bariérou, byť něco takového newtonovská fyzika zakazuje. Síla proudu procházejícího vzorkem je tedy závislá na jemných

kvantových jevech v materiálu. O důsledcích kvantové teorie se podrobně zmíním později.

Sonda je též dostatečně citlivá, aby mohla pohybovat jednotlivými atomy a vytvářela z nich jednoduché „stroje“. Technika mezitím již pokročila natolik, že dokážeme zobrazit shluk atomů na obrazovce počítače a pak s nimi pohybem myši jednoduše libovolně manipulovat. S tucty atomů tak můžeme pohybovat podobně, jako by to byly kostky lega. Z jednotlivých atomů lze nejen sestavovat písmenka, ale také atomové hračky, například počítadlo. V něm jsou atomy uspořádány na povrchu se svislými štěrbinami. Do těchto štěrbin se umístí fullereny, v nichž jsou jednotlivé uhlíkové atomy uspořádány do kulového útvaru, připomínajícího fotbalový míč. S těmi pak můžeme pohybovat podél jednotlivých štěrbin a zacházet s nimi jako s kuličkami počítadla.

Elektronové paprsky lze použít také k vykrajování nástrojů atomových rozměrů. Vědci z Cornellovy univerzity tímto způsobem například vyrobili nejmenší kytaru na světě, dvacetkrát tenčí než tloušťka lidského vlasu. Nástroj je z krystalického křemíku, má šest strun, každou o průměru sto atomů, a lze na něj drnkat pomocí atomového mikroskopu. Kytara skutečně hraje, avšak její kmitočty jsou daleko mimo rozsah slyšitelný lidským uchem.

Doposud vytvořené nanotechnologické „stroje“ jsou pouhé hračky. Složitější stroje s převody a kuličkovými ložisky teprve čekají na sestavení. Mnozí inženýři jsou přesvědčeni, že přichází doba, kdy svedeme sestavovat skutečné atomové stroje. (S atomovými stroji se vlastně setkáváme v přírodě. Například buňky volně plavou ve vodě tak, že pohybují drobnými chloupky. Zkoumáme-li však spojení mezi chloupkem a buňkou, ukáže se, že pohyb chloupku všemi směry umožňuje právě atomový stroj. Jedním z klíčů k rozvoji nanotechnologií je proto napodobování přírody, která ovládla umění atomových strojů již před miliardami let.)

Holografie a neviditelnost

Další možností, jak učinit člověka neviditelným, je vyfotografovat scénu za ním a poté pořízený obraz promítnout onomu člověku na šaty, nebo na plátno před ním. Při pohledu zepředu se zdá, jako by se člověk stal průhledným, jako by světlo procházelo přímo jeho tělem.

Naoki Kawakami z laboratoří Tachi na Tokijské univerzitě, který se tímto procesem, jež nazývá „optická kamufláž“, intenzivně zabývá, o něm říká:

„Umožnilo by to pilotovi vidět podlahou na přistávací dráhu pod sebou nebo řidiči vidět při parkování skrz blatník.“ Kawakamiho „plášť“ je pokryt drobnými perličkami, které odrážejí světlo a fungují jako promítací plátno. Videokamera snímá pozadí za pláštěm. Tento obraz přichází do projektoru, který svítí na přední stranu pláště, čímž se vytváří zdání, že světlo prošlo skrz.

Prototypy optické kamufláže reálně existují v laboratořích. Díváte-li se na člověka, zahaleného do pláště fungujícího jako promítací plátno, vypadá to, že zmizel, protože vidíte to, co se nachází za ním. Pohnete-li ovšem nepatrně očima, obraz na plášti se nezmění a vy tak poznáte, že jde o podvod. Aby optická kamufláž byla realističtější, bylo by třeba vytvořit iluzi třírozměrného obrazu. K tomu by bylo zapotřebí holografie.

Hologram je třírozměrný obraz vytvářený lasery (holografický je například třírozměrný obraz princezny Leiy ve *Hvězdných válkách*). Člověka by bylo možno učinit zdánlivě neviditelným tak, že by prostředí za ním snímala speciální holografická kamera a holografický snímek by se následně promítl speciálním holografickým stínítkem umístěným před dotyčným. Pozorovatel, stojící před „neviditelnou“ osobou, by viděl pouze holografické stínítko ukazující třírozměrný pohled na samotné pozadí. Vypadalo by to, jako by dotyčný skutečně zmizel, neboť na jeho místě by byl přesný obraz pozadí. Ani kdybyste pohnuli očima, nepoznáte, že podléháte klamu.

Takové třírozměrné obrazy dokážeme vytvořit díky tomu, že světlo laseru je „koherentní“ - to znamená, že všechny vlny kmitají synchronizovaně. Hologram se zhotoví tak, že se koherentní laserový paprsek rozštěpí, polovina paprsku osvítí fotografický film a druhá polovina osvítí předmět, odrazí se od něj a dopadne na stejný film. Na filmu dojde k interferenci obou paprsků a vznikne interferenční obrazec, který obsahuje všechnu informaci původní třírozměrné vlny. Když se film vyvolá, nevypadá nijak zvláštně, je na něm vidět jen složitá spleť vln a čar. Osvítíme-li ho však laserovým paprskem, náhle se jako mávnutím kouzelného proutku objeví přesný třírozměrný obraz původního předmětu.

Technické problémy s holografickou neviditelností jsou však stále velké. Jedna z obtíží spočívá v tom, že je třeba sestavit holografickou kameru schopnou snímat rychlostí alespoň 30 obrázků za sekundu. Další výzvou je nalezení způsobu, jak tato data ukládat a zpracovávat. Konečně by bylo třeba promítnout obraz na stínítko tak, aby vypadal realisticky.

Neviditelnost přes čtvrtý rozměr

Měli bychom zmínit, že ještě elegantnější způsob, jak se stát neviditelným, zmiňuje H. G. Wells ve své knize *Neviditelný*. Tento způsob zahrnuje použití čtvrtého rozměru. (Možnou existencí vyšších rozměrů se budu podrobněji zabývat v dalších kapitolách.) Mohli bychom snad opustit náš třírozměrný vesmír a vznášet se nad ním ve čtvrtém rozměru? Obdobně jako třírozměrný motýl, který se vznáší nad dvourozměrným listem papíru, bychom i my byli neviditelní pro každého, kdo žije ve vesmíru pod námi. Problémem je, že se existenci vyšších rozměrů doposud nepodařilo prokázat. Případný výlet do vyššího rozměru by navíc vyžadoval mnohem vyšší energie, než jaké jsou dosažitelné současnou technikou. Jakožto možný způsob dosažení neviditelnosti je tato metoda zřejmě mimo naše dnešní vědomosti a schopnosti.

Vezmeme-li v úvahu obrovské pokroky, kterých jsme dosáhli v úsilí o neviditelnost, je zřejmé, že se jedná o nemožnost I. řádu. Během několika málo nejbližších desetiletí, nebo alespoň během tohoto století, by se některý ze způsobů dosažení neviditelnosti mohl stát každodenní skutečností.

FAZERY A HVĚZDY SMRTI

Rádio nemá budoucnost. Letadla těžší než vzduch nemohou létat. Ukáže se, že rentgenové paprsky jsou podvod.

FYZIK LORD KELVIN, 1899

*(Atomová) bomba nikdy nevybuchne.
To říkám jako odborník na výbušniny.*

ADMIRÁL WILLIAM LEAHY

Čtyři-tři-dva-jedna-pal!

Hvězda smrti je úžasná zbraň velikosti Měsíce. Pálí přímo na bezbrannou planetu Alderaan, domovskou planetu princezny Leiy. Planeta vzplane, exploduje a její úlomky se rozptýlí po celé sluneční soustavě. Miliarda duší vykřikne hrůzou, což vyvolá poruchu silového pole citelnou v celé galaxii.

Je však zbraň, jakou je hvězda smrti z *Hvězdných válek*, skutečně možné sestrojít? Mohla by taková zbraň nasměrovat baterii laserových děl tak, že by se celá planeta vypařila? A co slavné světelné meče, jimiž vládnu Luke Skywalker a Darth Vader a které, ač jsou tvořeny světelnými paprsky, dokážou projít kalenou ocelí? Je možné, že paprskovými zbraněmi, jako jsou například fazery v seriálu *Star Trek*, budou jednoho dne disponovat budoucí generace policistů a vojáků?

Originální a strhující speciální efekty použité v *Hvězdných válkách* oslnily miliony diváků, avšak nenadchly některé kritiky, kteří je strhali s tím, že jsou sice velmi zábavné, ale technicky zcela nemožné. Tvrdili, že paprskové zbraně velikosti Měsíce schopné ničit celé planety jsou naprostým výmyslem, který se nemůže vyskytovat ani v těch nejvzdálenějších galaxiích, a stejně tak meče ze zhmotnělých světelných paprsků. George Lucas, mistr speciálních efektů, zřejmě tentokrát zašel příliš daleko.

Je to možná těžko uvěřitelné, ale ve skutečnosti neexistují žádné fyzikální meze pro množství energie, kterou lze vložit do světelného paprsku. Neexistuje žádný fyzikální zákon, který by bránil vytvoření hvězdy smrti nebo světelných mečů. Naopak, proudy paprsků gama schopné roztržít planetu v přírodě existují. Enormní výtrysk radiace ze vzdáleného zdroje gama paprsků dokáže vytvořit výbuch srovnatelný jen se samotným velkým třeskem. Každá planeta, která by se ocitla v dráze takového výtrysku gama záření, by se skutečně upekla nebo roztržila na kusy.

Paprskové zbraně v minulosti

Sen o vytvoření paprsků energie není nijak nový – jeho počátky nacházíme již ve starých bájích. Řecký bůh Zeus je znám tím, že metal na smrtelníky blesky. Severský bůh Tór k témuž účelu používal magického kladiva Mjöllni, zatímco hinduistický bůh Indra vystřeloval proudy energie z kouzelného oštěpu.

Myšlenka použití paprsků jakožto praktické zbraně vychází zřejmě z práce velkého řeckého matematika Archiméda, patrně největšího vědce celého starověku, jenž již před dvěma tisíci let, dlouho před Newtonem a Leibnizem, objevil jakousi primitivní formu diferenciálního počtu. Traduje se, že když za druhé punské války roku 214 př. Kr. pomáhal bránit Syrakusy, vytvořil velké baterie zrcadel, jimiž soustředil sluneční světlo na plachty nepřátelských lodí a tím je zapálil. (Vědci se ještě dnes přou, zda se skutečně jednalo o funkční paprskovou zbraň; několik vědeckých týmů se snažilo, se střídavými úspěchy, tento výkon zopakovat.)

Paprskové zbraně vtrhly do sci-fi roku 1889 spolu se slavným Wellsovým románem *Válka světů*, v němž vetřelci z Marsu ničí celá města vypouštěním proudů tepelné energie z děl umístěných na trojnožkách. Během 2. světové války experimentovali nacisté, kteří měli vždy snahu využít posledních úspěchů vědy k dobytí světa, s různými formami paprskových zbraní, včetně sonického zařízení s parabolickými zrcadly, která soustřeďovala intenzivní svazky zvuku.

Zbraně založené na zaostřených světelných svazcích vstoupily do obecného povědomí s bondovkou *Goldfinger*, prvním hollywoodským filmem, kde vystupuje laser. (K legendárnímu britskému agentovi, připoutanému ke kovové desce, se pomalu přibližuje silný laserový paprsek, postupně taví desku mezi jeho nohama a hrozí, že jej rozkrojí vejpůl.)

Fyzikové se zpočátku myšlence paprskových zbraní vystupujících ve Wellsově románu vysmívali, neboť odporovala zákonům optiky. Podle Max-

wellových zákonů se světlo, které vidíme kolem sebe, rychle rozptyluje, a kromě toho je nekoherentní (je tedy shlukem vln různých délek a fází). Domnívali se, že je nemožné vytvořit koherentní, zaostřené a stejnorodé světelné svazky, jaké dnes vidíme u laserových paprsků.

Kvantová revoluce

To vše se změnilo s příchodem kvantové teorie. Na přelomu století bylo jasné, že ačkoli Newtonovy zákony a Maxwellovy rovnice jsou při vysvětlování pohybu planet a chování světla jednoznačně úspěšné, nejsou schopny objasnit celou řadu jevů. Zcela selhaly při vysvětlení, proč látky vedou proud, proč kovy tají při určité teplotě, proč plyny při zahřátí svítí, proč se jisté látky při nízké teplotě stávají supravodivými - neboť to vše vyžaduje porozumět vnitřní dynamice atomů. Nastal čas pro revoluci. Dvě stě padesát let stará newtonovská fyzika měla být svržena a o slovo se hlásila fyzika nová.

Roku 1900 vyslovil Max Planck v Německu domněnku, že energie není spojitá, jak se domníval Newton, nýbrž vystupuje v malých oddělených balíčcích, zvaných „kvanta“. Einstein pak roku 1905 přišel s myšlenkou, že z těchto malých oddělených balíčků (kvant), které byly později nazvány „fotony“, se skládá i světlo. Touto plodnou, byť jednoduchou myšlenkou, byl Einstein schopen vysvětlit fotoelektrický jev, při němž se z osvětleného povrchu kovu uvolňují elektrony. Dnes jsou fotoelektrický jev a foton základem televize, laserů, solárních panelů a většiny moderní elektroniky. (Einsteinova teorie fotonu byla tak revoluční, že jí zpočátku nemohl uvěřit ani Max Planck, obvykle Einsteinův velký příznivce. O Einsteinovi napsal: „To, že někdy přestřelí ... jako například se svou teorií světelných kvant, mu nemůžeme mít za zlé.“)

Roku 1913 pak předložil dánský fyzik Niels Bohr zcela nový model atomu, připomínající miniaturní sluneční soustavu. Avšak na rozdíl od planet sluneční soustavy se elektrony mohou kolem jádra pohybovat pouze v určitých diskrétních drahách neboli slupkách. Když elektrony „přeskočí“ do nižší slupky s menší energií, vyšlou jeden foton energie. Když elektron pohltí foton určité energie, „přeskočí“ do vyšší slupky s větší energií.

Téměř úplná atomová teorie vznikla roku 1925 s příchodem kvantové mechaniky a revolučního díla Erwina Schrödingera, Wenera Heisenberga a mnohých dalších. Podle kvantové teorie je elektron částice, k níž se však zároveň váže vlna, takže elektron má vlastnosti jak částicové, tak vlnové.

vé. Vlna splňuje rovnici zvanou Schrödingerova vlnová rovnice, která nám umožňuje vypočítat vlastnosti atomu včetně všech Bohrových „skoků“.

Do roku 1925 byly atomy stále považovány za záhadné objekty, o nichž se mnozí, jako například filosof Ernst Mach, domnívali, že vůbec neexistují. Počínaje rokem 1925 začalo být možné skutečně nahlížet hluboko do dynamiky atomu a předpovídat jeho vlastnosti. To kupodivu znamená, že pokud máte dostatečně silný počítač, jste schopni odvodit vlastnosti chemických prvků ze zákonů kvantové teorie. Stejným způsobem, jako by newtonovští fyzikové mohli spočítat pohyby všech nebeských těles ve vesmíru, pokud by měli dostatečně výkonný počítač, byli kvantoví fyzikové dle svých slov schopni v zásadě spočítat všechny vlastnosti chemických prvků ve vesmíru. Pokud bychom měli dostatečně silný počítač, dokázali bychom zapsat i vlnovou funkci celé lidské bytosti.

Masery a lasery

Roku 1953 vyvinuli profesor Charles Townes z Kalifornské univerzity v Berkeley a jeho kolegové první zařízení vysílající koherentní záření ve formě mikrovln. Zařízení dostalo název „MASER“ (Microwave Amplification through Stimulated Emission of Radiation - zesilovač mikrovln pomocí stimulované emise záření). Za tento objev získal Townes spolu s ruskými kolegy Nikolajem Basovem a Alexandrem Prochorovem roku 1964 Nobelovu cenu. Výsledky výzkumu byly brzo rozšířeny na viditelné světlo, čímž vznikl „LASER“. (Fazer je na rozdíl od laseru a maseru smyšlené zařízení, které se stalo populární díky seriálu *Star Trek*.)

Základem laseru je speciální prostředí, které má vést laserový paprsek, například speciální sklo, krystal nebo dioda. Do tohoto prostředí se posléze dodá energie v podobě elektřiny, rádiových vln, světla nebo chemické reakce. Atomy prostředí tuto energii pohltnou a jejich elektrony, vybuzené přílivem energie, „přeskočí“ do vyšších elektronových slupek.

V tomto excitovaném, „vybuzeném“ stavu je prostředí nestabilní. Když skrze ně nyní vyšleme světelný paprsek, začnou fotony narážet do jednotlivých atomů, následkem čehož tyto atomy náhle seskočí na nižší energetickou úroveň a uvolní při tom další foton. Tyto fotony dále přimějí k uvolnění fotonu další elektrony. Takto postupně vznikne kaskáda atomů „padajících“ do nižších slupek, přičemž se do paprsku náhle uvolní triliony fotonů. Klíčové je, že pro jisté látky platí, že všechny tyto fotony vibrují souhlasně, tedy že jsou koherentní.

Představme si řadu postavenou z kostek domina. Kostky ve svém nejnižším energetickém stavu leží naplocho na stole. Kostky v „napumpovaném“, vysokoenergetickém stavu stojí vzpřímeně, což odpovídá excitovaným atomům prostředí. Strčíme-li do jedné kostky, spustíme náhlý kolaps veškeré energie, stejně jako v laserovém paprsku.

Schopnost vytvořit laser mají jen některé materiály, neboť pouze v nich, narazí-li foton do vybuzeného atomu, dojde k uvolnění dalšího fotonu, který je koherentní s fotonem původním. Jako výsledek této koherence vibruje celý proud fotonů souhlasně a vytvoří tenký laserový paprsek. (Není však pravda, že by laserový paprsek zůstal tak tenký navždy. Například laserový paprsek vypuštěný na Měsíc se postupně rozšíří a na Měsíci vytvoří skvrnu o průměru několika kilometrů.)

Jednoduchý plynový laser se skládá z trubice obsahující helium a neon. Když trubicí prochází elektrický proud, atomy se vybudí a v okamžiku, kdy se náhle uvolní všechna energie, vzniká paprsek koherentního světla. Paprsek se zesiluje pomocí zrcadel umístěných na obou koncích trubice, mezi nimiž kmitá tam a zpátky. Jedno ze zrcadel je zcela neprůhledné, zatímco druhé propouští nepatrný zlomek světla. To znamená, že jím při každém odrazu malá část projde a z tohoto konce tedy vychází paprsek.

Dnes jsou lasery téměř všude, od pokladen samoobsluh přes optické kabely, po laserové tiskárny, CD přehrávače a moderní počítače. Používají se též v oční chirurgii, k odstraňování tetování a dokonce v kosmetických salonech. V roce 2004 činil prodej laserů ve světě přes 5,4 miliardy dolarů.

Typy laserů

Téměř každý den je nyní objeven nový laser, nacházejí se nové materiály schopné laserového jevu a objevují nové způsoby, jak do prostředí dodat energii.

Položme si nyní otázku, zda se některá z těchto technologií hodí pro stavbu paprskové zbraně nebo světelného meče. Je možné sestrojít laser tak mohutný, že by byl schopen nabít hvězdu smrti? Dnes již existuje nepřehledné množství laserů, které můžeme rozdělit do několika skupin podle materiálu, v němž k laserovému jevu dochází, a podle druhu energie, která je do nich čerpána (těmi může být například elektřina, intenzivní světelné záření, dokonce chemické výbuchy). Jsou to mimo jiné:

- Plynové lasery - sem patří velmi rozšířené helium-neonové lasery vytvářející nám známý rudý paprsek. energii jim dodávají rádiové

vlny nebo elektrina. Helium-neonové lasery jsou velmi slabé. Naopak plynové lasery na bázi oxidu uhličitého, které se používají pro řezání a sváření v těžkém průmyslu, vytvářejí obrovské svazky energie, které jsou však zcela neviditelné.

- Chemické lasery - tyto mohutné lasery získávají energii z chemické reakce, jakou je například hoření proudu etylénu a trifluoridu dusíku NF_3 . Pro svou mohutnost se používají ve vojenství. Vojenské pozemní a letecké lasery tohoto typu mají výkon několik milionů wattů a jsou určeny k sestřelení raket krátkého doletu ze vzduchu.
- Excimerové lasery - tyto lasery též získávají energii z chemických reakcí, často s účastí inertních plynů (jako jsou argon, krypton nebo xenon) a fluóru nebo chlóru. Vytvářejí ultrafialové světlo a užívají se v polovodičovém průmyslu k vyleptávání nepatrných tranzistorů na čipy, nebo pro jemnou oční chirurgii.
- Lasery z pevných látek - historicky první laser obsahoval rubín (což je korund s příměsí chromu). Laserový paprsek lze vytvářet pomocí různých krystalů s obsahem yttria, holmia, thulia a dalších prvků. Tyto lasery vytvářejí vysokoenergetické superkrátké pulzy laserového světla.
- Polovodičové lasery - diody, běžně používané v polovodičovém průmyslu, jsou schopny vytvářet intenzivní svazky a nacházejí uplatnění při průmyslovém řezání a sváření. Často se s nimi setkáte i u pokladen samoobsluh, kde se používají ke čtení čárových kódů na zboží.
- Lasery na bázi barviv - u těchto laserů se používá jako prostředí organických barviv. Hodí se zvláště k vytváření ultrakrátkých světelných pulzů, které často trvají jen biliontinu sekundy.

Lasery a paprskové zbraně?

Jestliže existuje takové množství komerčních laserů a vojenské lasery jsou tak mohutné, proč ještě nemáme k dispozici paprskové zbraně, které bychom používali k obraně a v bitvách? Ve sci-fi filmech jsou paprskové zbraně běžnou součástí arzenálu. Proč se tedy nepracuje na jejich stavbě?

Jednoduchou odpovědí je, že chybí přenosný zdroj energie. Bylo by zapotřebí miniaturních zásobníků energie, které by měly sílu velké elektrárny, a vešly by se přitom do dlaně. Dnes je situace taková, že pokud chceme

dosáhnout výkonu komerční elektrárny, nezbyvá nám, než ji postavit. Jediným v současnosti známým přenosným vojenským zařízením, jež obsahuje obrovské množství energie, je miniaturní vodíková puma, která by však společně s cílem „zničila patrně i vás. Je tu navíc ještě jeden problém, totiž stabilita materiálu laseru. V laserovém prostředí je teoreticky možno soustředit neomezené množství energie. Materiál laseru v ruční paprskové zbraně by však nebyl stabilní. Načerpáme-li kupříkladu do krystalových laserů příliš mnoho energie, přehřejí se a popraskají. K sestrojení velmi silného laseru, jež by dokázal cílový předmět vypařit, by bylo nutné použít energie srovnatelné s energií výbuchu. V tomto případě nicméně není stabilita materiálu laseru takový problém, protože laser by byl použit pouze jednou.

Pro problémy s přenosným zásobníkem energie a se stabilitou materiálu laseru není při současné technice možno sestrojít ruční paprskovou zbraň. Paprskové zbraně jsou technicky možné, ovšem pouze v případě, že jsou spojeny kabelem se zdrojem proudu. Jednou snad budeme s pomocí nanotechnologií schopni vyrábět miniaturní baterie, které budou obsahovat či vytvářet dost energie potřebné pro vznik paprsků, které od takovéto ruční zbraně očekáváme. Jak jsme však viděli, jsou dnešní nanotechnologie na poměrně primitivní úrovni. Na atomové úrovni se podařilo vědcům vytvořit zařízení velmi vynalézavá, avšak nepraktická, jako například atomové počítačové nebo atomovou kytaru. Lze si však představit, že ještě v tomto nebo příštím století nám nanotechnologie poskytne miniaturní baterie schopné obsáhnout pohádkové množství energie.

Obdobná potíž je i se světelnými meči. Když se roku 1970 objevil film *Hvězdné války*, staly se světelné meče nejprodávanější hračkou. Mnoho kritiků však poukazovalo na skutečnost, že něco takového zkrátka nelze sestrojít. Za prvé, není možné zhmotnit světlo. Světlo vždy letí rychlostí světla, nelze je zmrazit. Za druhé, světelné paprsky nekončí samy od sebe ve vzduchu jako světelné meče z Hvězdných válek, ale pokračují do nekonečna; skutečný světelný meč by sahal až do nebes.

Ve skutečnosti je možné sestrojít světelný meč za užití plazmatu, neboli přehřátého ionizovaného plynu. Plazma lze zahřát tak, že ve tmě září a projde dokonce i ocelí. Plazmový světelný meč by se skládal z tenké duté tyče, která se vysune z rukojeti jako teleskop. Uvnitř trubice by se vytvářelo horké plazma, které by unikalo malými otvory umístěnými podél tyče. Plazma by vytékalo trubicí z rukojeti ven a vytvořilo by dlouhou zářící trubicí s přehřátým plynem, schopným tavit ocel. Takovému zařízení se někdy říká plazmový hořák.

Tímto způsobem je možno vytvořit vysokoenergetické zařízení připomínající světelný meč. Obdobně jako u paprskové zbraně by však bylo nutno vytvořit přenosný vysokoenergetický zdroj energie. Buď použijete ke spojení světelného meče se zdrojem energie dlouhých kabelů, nebo byste museli pomocí nanotechnologie vytvořit miniaturní zdroj schopný uvolňovat velké množství energie.

Paprskové zbraně a světelné meče je tedy možno v určité formě postavit i dnes, avšak ruční zbraně vystupující ve sci-fi filmech přesahují možnosti dnešní techniky. S dalšími pokroky v nauce o materiálech a v oblasti nanotechnologií bychom první paprskové ruční zbraně mohli očekávat již koncem tohoto století nebo ve století příštím. Tím tedy spadají mezi nemožnosti I. řádu.

Energie pro hvězdu smrti

Ke konstrukci laserové hvězdy smrti, schopné zničit celou planetu a terorizovat celou galaxii, jak je tomu ve *Hvězdných válkách*, bychom museli vytvořit ten nejsilnější laser, jaký si vůbec lze představit. V současnosti se nejsilnější lasery na Zemi používají k vytváření teplot vyskytujících se jinak pouze v jádrech hvězd. Jakožto součásti fúzního reaktoru nám však jednoho dne možná umožní využívat na Zemi energie hvězd.

Fúzní reaktory se pokoušejí napodobit procesy, ke kterým dochází při vzniku hvězdy. Hvězdy začínají svůj život jako velký beztvary shluk vodíkového plynu, který je následně stlačen gravitací, čímž se zahřeje; teploty nakonec dosáhnou astronomické výše. Hluboko uvnitř jádra hvězdy mohou stoupnout až na 50 až 100 milionů stupňů Celsia, což postačí k tomu, aby se vodíková jádra začala srážet za vzniku heliových jader. Při tomto procesu se uvolní obrovské množství energie. Energetickým zdrojem hvězd je právě toto slučování vodíku na helium, při němž se malá část hmoty přemění podle Einsteinovy známé rovnice $E = mc^2$ ve výbušnou energii

Současní vědci se snaží využít fúze v pozemských podmínkách dvěma způsoby. Oba jsou však mnohem obtížnější, než se očekávalo.

Inerciální fúze

První metoda se nazývá „inerciální fúze“. Při ní se nejmohutnější lasery světa použijí k tomu, aby se v laboratoři vytvořil kousek Slunce. Laser v pevné fázi z neodymového skla se dokonale hodí k napodobení obrovských teplot, které se jinak vyskytují jen v jádrech hvězd. Tyto laserové systémy mají ve-

likost rozlehlé továrny a jejich součástí je laserová baterie, která vystřeluje celý svazek souběžných laserových paprsků dlouhým tunelem. Na jeho konci se tyto paprsky odrazí od malých zrcadélek umístěných kolem kulového terče; zrcadla je pečlivě nasměrují na malý terčik bohatý na vodík (zhotovený například ze sloučeniny lithia a deuteria, což jsou aktivní složky vodíkové bomby). Terčik má obvykle velikost špendlíkové hlavičky a váží pouhých 10 miligramů.

Nárazem laserového světla se povrch terčiku vypaří a terčik se stlačí. V tomto okamžiku vzniká tlaková vlna, která zasáhne jeho jádro a vyžene zde teplotu na miliony stupňů, což postačí k tomu, aby se jádra vodíku slučovala na helium. Teplota a tlak jsou tak vysoké, že je splněna „Lawsonova podmínka“, tatáž podmínka, která je splněna ve vodíkové pumě a v jádrech hvězd. (Lawsonova podmínka stanovuje rozsah teplot, tlaku a dobu udržení energie, nutných ke spuštění fúze ve vodíkové pumě, nitru hvězdy či ve fúzním reaktoru.)

Při popsaném procesu se uvolní obrovské množství energie, včetně neutronů. (Deuterid lithia dosáhne teplot až 100 milionů stupňů a hustoty rovné dvacetinásobku hustoty olova.) Terčik vyzáří vlnu neutronů, které narazí na kulový plášť obklopující komoru a zahřejí ho. Horký plášť pak odpařuje vodu, a pára může pohánět turbínu a vyrábět elektrický proud.

Soustředit tolik energie stejnoměrně na povrch malého terčiku je však nesmírně obtížné. K prvnímu vážnému pokusu o dosažení laserové fúze bylo použito laseru Shiva, systému s dvaceti laserovými paprsky postavenému ve Státní laboratoři Lawrence Livermora v Kalifornii. Laser byl spuštěn roku 1978. (Šiva je hinduistický bůh s mnoha pažemi, kterého laserový systém připomínal.) Výsledky pokusu byly zklamáním, nicméně prokázaly, že fúze pomocí laseru je technicky možná. Systém Shiva byl později nahrazen laserem Nova s desetinásobnou energií. Avšak ani laser Nova nedosáhl potřebného vzplanutí terčiku. Připravil však cestu pro dnešní výzkum v NIF (Národní zařízení pro vznícení), které se začalo stavět v Kalifornii roku 1997.

Předpokládá se, že NIF bude funkční v roce 2009. Je to obrovitý stroj s baterií 192 laserových paprsků a výkonem 700 bilionů wattů (což je výkon zhruba 700 000 velkých jaderných elektráren) soustředěným do jediného záblesku energie. Jedná se o moderní laserový systém, v němž se má dosáhnout úplného vzplanutí terčiků bohatých na vodík. (Kritikové též poukazují na jeho zřejmé vojenské použití, neboť toto zařízení dokáže napodobit výbuch vodíkové pumy, a případně také umožní vytvoření nové jaderné

zbraně, totiž čisté fúzní pumy, která k nastartování fúzního děje nevyžaduje uranovou nebo plutoniovou pumu.)

Avšak ani zařízení NIF s nejmocnějšími lasery světa se svou silou zdaleka nepřiblíží ničivé síle hvězdy smrti z Hvězdných válek. Pro postavení takového zařízení musíme hledat jiné zdroje energie.

Magnetická fúze

Druhá metoda, kterou by vědci případně mohli použít ke spuštění hvězdy smrti, se nazývá „magnetická fúze“, což je proces, při němž je horká vodíková plazma uzavřena v magnetickém poli. Tato metoda by skutečně mohla vést k prototypu prvního komerčního fúzního reaktoru. V současnosti je nejpokročilejším fúzním projektem ITER (Mezinárodní termonukleární experimentální reaktor). Roku 2006 se koalice států včetně Evropské unie, Spojených států amerických, Číny, Japonska, Koreje, Ruska a Indie rozhodla vybudovat ITER v městě Cadarache v jižní Francii. Jeho úkolem bude zahřát vodíkový plyn na 100 milionů stupňů a mohl by se stát prvním fúzním reaktorem v dějinách, který vytvoří více energie, než spotřebuje. Bude mít výkon 500 MW po dobu 500 sekund (současný rekord je 16 MW po dobu jedné sekundy). ITER by měl začít vytvářet první plazma v roce 2016 a plného výkonu by měl dosáhnout roku 2022. Zařízení bude stát 12 miliard dolarů a stane se třetím nejdražším vědeckým projektem v dějinách (po projektu Manhattan a mezinárodní vesmírné stanici).

ITER vyhlíží jako velký prstenec, kterým proudí vodíkový plyn a po jehož povrchu se vinou velké cívky drátu. Ty se zchladí na teploty, při nichž se stanou supravodivými, načež se do nich načerpá obrovské množství elektrické energie. Tím se vytvoří magnetické pole, které uzavře plazma uvnitř prstence. Když se dovnitř přivede elektrický proud, zahřeje se plyn na teploty vyskytující se uvnitř hvězd.

Důvod, proč vědci považují projekt ITER za tak vzrušující, je naděje na získání levného zdroje energie. Palivem fúzního reaktoru je obyčejná mořská voda bohatá na vodík. Fúze by nám alespoň teoreticky mohla zajistit nevyčerpatelný levný zdroj energie.

Proč tedy nemáme fúzní reaktory již nyní? Podstata fúzního jevu byla pochopena v 50. letech, proč tedy vývoj fúzních reaktorů po celá desetiletí téměř stagnoval? Na vině je nesmírná obtížnost úkolu stlačit stejnoměrně vodíkové palivo. Ve hvězdách stlačuje gravitace vodík v dokonalou kouli, takže se plyn zahřívá stejnoměrně a čistě.

Při fúzi v NIF musí být laserové paprsky rozpalující povrch terčíku dokonale souměrné, čehož je nesmírné těžké dosáhnout. V přístrojích s magnetickým udržením mají magnetická pole jak severní, tak jižní póly, a stlačit plyn do koule je krajně obtížné. Nejlepším řešením je vytvoření magnetického pole tvaru prstence. Stlačovat plyn je však jako stlačovat balon. Jakmile jej zmáčknete na jednom konci, vyboolí se jinde. Stlačovat balon stejnoměrně současně ve všech směrech je obtížné. Horký plyn obvykle unikne z magnetické láhve, dotkne se stěn reaktoru, a tím ukončí fúzní děj. To je důvod, proč je stále tak těžké stlačit vodíkový plyn na dobu delší než zhruba jednu sekundu.

Na rozdíl od současné generace štěpných jaderných elektráren nebude fúzní reaktor vytvářet velké množství jaderného odpadu. (Každý tradiční štěpný reaktor vyprodukuje ročně 30 tun extrémně radioaktivního odpadu. Na rozdíl od něj se bude jaderný odpad vytvořený fúzním reaktorem skládat především z radioaktivní oceli, která zbude po konečném odstavení reaktoru.)

Fúzní děj energetickou krizi světa v blízké budoucnosti nevyřeší; francouzský laureát Nobelovy ceny za fyziku Pierre-Gilles de Gennes jednou řekl: „Řekli jsme, že vložíme Slunce do krabice. Je to pěkná myšlenka. Problém je v tom, že nevíme, jak vyrobit tu krabici.“ Jestliže však vše půjde dobře, výzkumníci doufají, že během čtyřiceti let ukáže ITER cestu ke komerční dostupnosti fúzní energie, která bude dodávat proud do našich domovů. Jednoho dne snad fúzní reaktory vyřeší naše problémy s energií a bezpečně vytvoří množství energie srovnatelné s energií hvězd.

Ani fúzní reaktory s magnetickým uzavřením by však neposkytovaly dost energie k nabití zbraně typu hvězdy smrti. K tomu by bylo zapotřebí zcela jiné konstrukce.

Rentgenový laser

Existuje jedna možnost, jak pomocí dnešní techniky napodobit laserové dělo hvězdy smrti, a to vodíkovou pumou. Baterie rentgenových laserů využívající a soustřeďující sílu jaderných zbraní by byla teoreticky schopna vytvořit dost energie na provoz zařízení, které by dokázalo sežehnout celou planetu.

Při jaderné reakci se na každý kilogram paliva uvolňuje přibližně sto milionkrát více energie, než při reakci chemické. Kus obohaceného uranu velký jako tenisový míček stačí ke zničení celého města v ohnivě smršti, a to i přesto, že v energii bylo přeměněno pouhé jedno procento hmoty. Jak

jsme uváděli, způsobů, jak načerpat energii do laserového paprsku, je celá řada. Zdaleka nejefektivnějším z nich je použití energie uvolněné jadernou pumou.

Rentgenové lasery jsou obrovským přínosem pro vědu i vojenství. Pro svou velmi krátkou vlnovou délku se dají použít k měření atomových vzdáleností a rozluštění atomové struktury složitých molekul, což je jinými metodami krajně obtížné. Můžeme-li „pozorovat“ pohyb samotných atomů a jejich uspořádání v molekule, otevře se nám zcela nový pohled na chemické reakce.

Vodíková puma uvolní obrovské množství energie v rentgenové oblasti spektra, a proto by se rentgenové lasery daly čerpat i jadernými zbraněmi. Ve spojitosti s rentgenovým laserem se nejčastěji uvádí jméno Edwarda Teller, otce vodíkové pumy.

Právě Teller byl oním fyzikem, který roku 1953 svědčil před Kongresem proti Robertu Oppenheimerovi, jenž vedl projekt Manhattan. Tvrdil, že Oppenheimer si pro své politické názory nezaslouží tolik důvěry, aby mohl pokračovat v práci na vodíkové pumě. V důsledku tohoto svědectví Oppenheimer skutečně ztratil důvěru a byl zbaven přístupu k tajným materiálům; mnoho význačných fyziků to Tellerovi nikdy neodpustilo.

(S Tellerem jsem se poprvé setkal během studií na střední škole. Prováděl jsem několik pokusů týkajících se povahy antihmoty a vyhrál velkou cenu na Sanfranciském veletrhu vědy spojenou s cestou na Národní veletrh vědy v Albuquerque v Novém Mexiku. Zde jsem s Tellerem, který se zajímal o mladé nadějně fyziky, vystoupil v místní televizi. Posléze jsem obdržel Tellerem založené Hertzovo inženýrské stipendium, s jehož podporou jsem si zaplatil studia na Harvardu. Nakonec jsem se s Tellerovou rodinou spřátelil a navštěvoval je v Berkeley několikrát ročně.)

Tellerův rentgenový laser je vlastně malá jaderná puma obklopená měděnými tyčemi. Výbuch jaderné nálože uvolní sférickou rázovou vlnu intenzivního rentgenového záření. To prochází měděnými tyčemi, které působí jako prostředí laseru a soustředí sílu rentgenových paprsků do intenzivních svazků, které by pak mohly být namířeny na nepřátelské bojové hlavice. Takové zařízení by ovšem mohlo být použito pouze jednou, protože se laser jaderným výbuchem sám zničí.

První test rentgenového laseru nesl označení „Cabra“ a byl proveden roku 1983 v podzemní šachtě. Vědci odpálili vodíkovou pumu a vzniklé rentgenové záření soustředili do koherentního rentgenového laserového

paprsku. Zpočátku byl test prohlášen za úspěšný a fakticky přispěl k tomu, že roku 1983 prezident Reagan v historickém projevu ohlásil úmysl postavit obranný štít v rámci projektu „Hvězdné války“. Tak se dalo do pohybu do dnešních dnů pokračující mnohamiliardové úsilí, jehož cílem je postavit zařízení typu rentgenového laseru, které by sloužilo k sestřelení nepřátelských mezikontinentálních balistických střel. (Pozdější vyšetřování ukázalo, že detektor, použitý k měření během testu Cabra, byl rozbitý; jeho údajům se proto nedalo důvěřovat.)

Lze takového kontroverzního zařízení v současné době skutečně použít k sestřelování bojových hlavic mezikontinentálních balistických střel? Zřejmě ano, nepřítel by však mohl použít celé řady jednoduchých a levných prostředků k jeho neutralizaci. Mohl by kupříkladu vypustit miliony laciných klamných cílů k oklamání radarů, roztočit bojové hlavice, aby rozptýlily rentgenové paprsky, nebo vypustit chemický plášť k ochraně proti rentgenovému paprsku. Nebo by jednoduše vyrobil velké množství bojových hlavic a některé z nich by obranným štítem projektu Hvězdné války nakonec pronikly.

Rentgenový laser je tedy v dnešní době jako protiraketová obrana nepoužitelný. Bylo by však možné vytvořit hvězdu smrti a použít ji proti přibližujícímu se asteroidu, nebo ke zničení celé planety?

Fyzika hvězdy smrti

Lze sestrojít zbraně schopné zničit celou planetu, s jakými se setkáváme ve *Hvězdných válkách*? Teoreticky ano. Je několik způsobů, jak toho dosáhnout.

Za prvé nejsou žádné fyzikální hranice pro množství energie, které lze uvolnit vodíkovou pumou. Podívejme se nyní, jak taková bomba funguje. (Přesná specifikace vodíkové pumy podléhá ještě dnes z příkazu vlády Spojených států nejvyššímu utajení, hrubý nástin je však dobře znám.) Vodíková puma se skládá z několika stupňů. Seřadíme-li tyto stupně správně, můžeme postavit jadernou pumu téměř libovolné síly.

Prvním stupněm je obyčejná štěpná puma, která k uvolnění výtrysku rentgenových paprsků použije síly uranu 235, stejně jako tomu bylo v případě pumy v Hirošimě. Ve zlomku sekundy, dříve než výbuch atomové pumy všechno rozmetá, předběhne rozpínající se kulová plocha rentgenových paprsků samotný výbuch (šíří se totiž rychlostí světla) a je soustředěna na nádobu s deuteridem lithia, což je aktivní látka vodíkové pumy. (Detaily tohoto procesu stále ještě podléhají utajení.) Deuterid lithia se při dopadu rent-

genových paprsků zahřeje na teplotu několika milionů stupňů, což vyvolá další výbuch, mnohem silnější než předchozí. Vlnu rentgenových paprsků z této vodíkové pumy pak lze soustředit na další dávku deuteridu lithia a vyvolat tak další výbuch. Tímto způsobem bychom za sebe mohli seřadit několik dávek deuteridu lithia a vytvořit vodíkovou pumu nepředstavitelné síly. Největší vodíkovou pumou, která byla doposud postavena, byla dvou-stupňová puma o síle 50 milionů tun TNT, odpálená v Sovětském svazu roku 1961. Teoreticky však mohla dosáhnout síly až 100 milionů tun TNT, neboli zhruba 5000násobku síly hirošimské pumy.

Sežehnout celou planetu je ovšem zcela něco jiného. Pro zničení planety by hvězda smrti musela vypustit do prostoru tisíce takových rentgenových laserů, a ty by pak musely vypálit všechny najednou. (Pro srovnání si připomeňme, že na vrcholu studené války Spojené státy a Sovětský svaz shromáždili na své straně okolo třiceti tisíc jaderných pum.) Spojená energie takového velkého počtu rentgenových laserů by postačila k zapálení povrchu planety. Galaktická říše existující statisíce let v budoucnosti by tedy takovou zbraň jistě svedla postavit.

Pro velmi pokročilou civilizaci je tu i druhá možnost: vytvořit hvězdu smrti s použitím energie gama zdrojů. Taková hvězda smrti by vyzářila záblesk radiace srovnatelný jen s velkým třeskem. Gama zdroje jsou přirozenou součástí kosmického prostoru, lze si však představit, že pokročilá civilizace by uměla zužitkovat jejich obrovskou sílu. Regulací rotace hvězdy okamžik před tím, než zkolabuje a vybuchne v supernovu, by bylo možno nasměrovat gama zářič jakýmkoli směrem v prostoru.

Gama zdroje

Gama zdroje byly poprvé pozorovány v 70. letech 20. století, kdy americké vojsko vypustilo družici Vela, která měla pátrat po důkazech o nepovolených výbuších jaderných zbraní. Místo toho však Vela zaznamenala obrovské záblesky záření přicházejícího z kosmického prostoru. V Pentagonu tento objev zpočátku vyvolal paniku: zkoušejí snad Sověti v kosmu novou jadernou zbraň? Později se ukázalo, že tyto záblesky přicházejí stejnoměrně ze všech směrů na obloze, což vlastně znamená, že přicházejí z míst vně naší galaxie. V takovém případě se však musí uvolňovat skutečně astronomické objemy energie, dostatečné k tomu, aby ozářily celý viditelný vesmír.

Když se roku 1990 rozpadl Sovětský svaz, Pentagon rázem odtajnil obrovské množství astronomických poznatků, které astronomy zcela zahltily.

Náhle zjistili, že před nimi stojí nový, záhadný jev, který je přinutí přepsat učebnice. Životnost gama zářičů se měří na vteřiny, nanejvýš minuty. K jejich zaznamenání a zkoumání je proto třeba složitých senzorů. Nejprve zaznamenají družice počínající výtrysk a zašlou jeho přesné souřadnice na Zemi. Ty se pak předají hvězdárnám a radioteleskopům, které se na ono místo přesně zaměří.

Zbývá ovšem stále vyjasnit mnoho detailů. Jedna z teorií vzniku gama zářičů tvrdí, že se jedná o „hypernovy“ obrovské síly, které za sebou zanechají masivní černou díru. Zdá se tedy, že gama zářiče jsou vznikající obrovské černé díry.

Černé díry, které připomínají dětskou káču, však emitují dva proudy záření, jeden ze severního a druhý z jižního pólu. Záření zachycené ze vzdáleného gama zářiče je patrně jeden z těchto proudů, mířící přímo na Zemi. Kdyby paprsek z gama zářiče mířil přímo na Zemi a gama zářič sám se nacházel v našem galaktickém sousedství (ve vzdálenosti několika stovek světelných let), postačila by jeho energie k tomu, aby zničila na naší planetě veškerý život.

Nejdříve by rentgenový záblesk gama zářiče vytvořil elektromagnetický šok, který by na Zemi vyřadil z provozu veškerá elektronická zařízení. Intenzivní proud rentgenového a gama záření by postačil k takovému poškození atmosféry, že by došlo ke zničení ochranné ozonové vrstvy. Záření by dále rozpálilo povrch Země tak, že by celou planetu zahltily obrovské požáry. Gama zářič by snad nepřivedl celou planetu k výbuchu jako ve filmu *Hvězdné války*, ale jistě by zničil veškerý život a zanechal za sebou spálenou neobydlenou planetu.

Lze si představit, že civilizace o statisíce nebo miliony let pokročilejší než naše by mohla být schopna namířit takovou černou díru na určitý cíl. Toho by se dalo dosáhnout pozměněním dráhy planet a neutronových hvězd tak, aby těsně před závěrečnou katastrofou směřovaly v přesném úhlu směrem k hroutící se hvězdě. Takové odchýlení by stačilo k vychýlení rotační osy hvězdy, aby mířila zvoleným směrem. Umírající hvězda by se mohla stát největší možnou paprskovou zbraní.

Závěrem lze říci, že použití silných laserů k sestrojení mobilních nebo ručních paprskových zbraní a světelných mečů můžeme považovat za nemožnost I. řádu – za něco, co bude možné v blízké budoucnosti nebo snad během stovky let. Velkou výzvou však je zamířit rotující hvězdu, než se změní v černou díru, a proměnit ji ve hvězdu smrti. Něco takového by však

FYZIKA NEMOŽNÉHO

bylo nutno klasifikovat jako nemožnost II. řádu - jedná se o něco, co zjevně neodporuje fyzikálním zákonům (vždyť gama zářiče existují), ale uskutečnit by se mohlo za statisíce až miliony let.

TELEPORTACE

*Je skvělé, že jsme narazili na paradox.
Teď máme naději, že dosáhneme pokroku.*

NIELS BOHR

Nemůžu přece měnit fyzikální zákony, kapitáne!

SCOTTY, HLAVNÍ INŽENÝR VE FILMU *STAR TREK*

Teleportace neboli schopnost přemístit osobu nebo předmět během okamžiku z jednoho místa na jiné, by mohla změnit běh civilizace a osudy národů. Nenávratně by pozměnila pravidla válčení: armády by mohly teleportovat vojska za nepřátelské linie nebo rovnou teleportovat nepřátelské vedení a zajmout je. Dnešní dopravní systémy, od aut a lodí po letadla a železnice, a všechny činnosti spojené s jejich provozem by zastaraly; sami sebe bychom mohli jednoduše teleportovat do práce a své výrobky na trh. Bez námahy bychom se dopravili i na dovolenou, neboť bychom se jednoduše teleportovali na místo určení. Teleportace by změnila vše.

Nejstarší zmínky o teleportaci nacházíme již v náboženských textech. V bibli duchové unášejí jednotlivé osoby. Následující pasáž ze Skutků apoštolských v Novém zákoně naznačuje možnost teleportace Filipa z Gazy do Azotu: „A když vystoupili z vody, Duch Páně pochopil Filipa, a neviděl ho více komorník; nebo jel cestou svou, raduje se. Filip pak nalezen jest v Azotu; a chodě, kázal evangelium všechněm městům, až přišel do Cesaree.“ (Skutky 8, 39-40.)

Teleportace je též součástí zásoby triků všech kouzelníků a iluzionistů, kteří vytahují králíky z klobouku, karty z rukávu a mince zpoza uší diváků. Jedním z ambicióznějších magických triků poslední doby bylo, když před očima překvapeného publika zmizel slon. Obrovský slon o váze mnoha tun byl umístěn do klece, načež kouzelník mávnul hůlkou a slon k úžasu všech

zmizel. (Ve skutečnosti slon samozřejmě nezmizel. Trik se zdařil pomocí zrcadel. Za každou z tyčí klece byl umístěn dlouhý tenký svislý zrcadlový pruh otočný kolem svislé osy. Na začátku triku byla všechna zrcadla skryta za tyčemi a slon byl vidět. Když se zrcadla natočila o 45°, slon zmizel a diváci hleděli na odraz boční části klece.)

Teleportace a sci-fi

Poprvé je teleportace zmíněna ve sci-fi příběhu *Muž bez těla* od Edwarda Page Mitchella z roku 1877. Zde se vědci podaří rozložit kočku na atomy a odeslat je po telegrafním drátu. V okamžiku, kdy se vědec snaží teleportovat sám sebe, však naneštěstí dojde baterie a do cíle dorazí jen jeho hlava.

Sir Arthur Conan Doyle, který se proslavil příběhy Sherlocka Holmese, byl myšlenkou teleportace fascinován. Po dlouhých letech ho psaní detektivních románů a povídek přestalo bavit. Nechal proto svého detektiva zemřít, a sice tak, že ho spolu s profesorem Moriartym nechal zřítit z vodopádu. Rozhořčení veřejnosti však bylo takové, že byl nucen svého hrdinu vzkřísit. Protože se Sherlocka Holmese nemohl zbavit, rozhodl se začít zcela novou řadu s Holmesovým protějškem, profesorem Challengerem. Oba vládnou důvtipem a schopností řešit záhady. Avšak zatímco Holmes používal k luštění složitých případů chladné logiky, nořil se Challenger do temného světa spirituality a paranormálních jevů včetně teleportace. V povídce *The Disintegration Machine* (Anihilátor) z roku 1927 profesor narazí na muže, který vynalezl stroj schopný rozebrat člověka a opětovně jej složit na jiném místě. Profesor je pobouřen, když se vynálezce chlubí, že by jeho vynález umožňoval rozložit stlačením knoflíku celá města, pokud by se dostal do nesprávných rukou. Challenger použije stroje k rozložení vynálezce a pak opustí laboratoř, aniž by ho opět složil.

Později objevil teleportaci Hollywood. Film *Moucha* z roku 1958 se detailně zabývá tím, co by se mohlo stát, kdyby se teleportace hrozivým způsobem vymkla kontrole. Když se vědci podaří sama sebe teleportovat napříč místnostmi, pomíchají se jeho atomy s atomy mouchy, která se připletla do teleportační komory, a on se tak promění v bizarní monstrum, napůl člověka a napůl mouchu. (Remake tohoto filmu s Jeffem Goldblumem v hlavní roli přišel do distribuce roku 1986.)

Do popředí populární kultury se však teleportace dostala až se seriálem *Star Trek*. Jeho tvůrce Gene Roddenberry zavedl teleportaci proto, že rozpočet filmového studia Paramount nestačil na nákladné speciální efekty

potřebné pro starty a přistání raketových člunů na vzdálených planetách. Dopravit posádku lodi Enterprise k cíli pomocí teleportace vyšlo jednoduše levněji.

Po celá léta vznášeli vědci proti možnosti teleportace námitky. Abyste kohokoli teleportovali, museli byste znát přesné umístění každého atomu jeho těla, což by patrně porušovalo Heisenbergův princip neurčitosti (jenž říká, že nemůžete současně znát přesně umístění a rychlost elektronu). Autoři série *Star Trek* zavedli s ohledem na kritiky do přepravního prostoru takzvané „Heisenbergovy kompenzátory“, jako by bylo možné kompenzovat zákony kvantové fyziky přidáním nějakého udělátka do transportéru. Ukazuje se však, že vytvoření těchto Heisenbergových kompenzátorů možná bylo předčasné. Původní kritikové a vědci se pravděpodobně mýlili.

Teleportace a kvantová teorie

Podle newtonovské teorie je teleportace zřejmě vyloučená. Newtonovy zákony se zakládají na myšlence, že hmota se skládá z nepatrných tuhých kulečnickových koulí. Předměty se nedají do pohybu, dokud se do nich nestrčí; nedochází k jejich náhlému mizení ani zjevování.

Přesně toho jsou však částice schopny v kvantové teorii. Newtonovy zákony, které vládly po 250 let, byly svrženy roku 1925, když Werner Heisenberg, Erwin Schrödinger a jejich kolegové rozvinuli kvantovou teorii. Fyzikové, kteří zkoumali bizarní chování atomů, zjistili, že se elektrony chovají jako vlny a jsou schopny při svém zdánlivě chaotickém pohybu uvnitř atomů provádět kvantové skoky.

S těmito kvantovými vlnami je nejtěsněji spojen vídeňský fyzik Erwin Schrödinger, který zapsal slavnou vlnovou rovnici, jednu z nejdůležitějších v celé fyzice i chemii, jež dnes nese jeho jméno. Jejím řešení se ve vyšších ročnících vysoké školy se věnují celé přednáškové kurzy a celé stěny fyzikálních knihoven jsou zaplněny knihami zabývajícími se jejími hlubokými důsledky. Do řešení této rovnice se v podstatě dají převést všechny poznatky z oblasti chemie.

Einstein roku 1905 ukázal, že světelné vlny mohou mít vlastnosti částic; dají se totiž popsat jako balíčky energie zvané fotony. Ve dvacátých letech však začínal Schrödinger chápat, že platí také opak: že částice jako elektrony mohou vykazovat vlnové vlastnosti. Na tuto myšlenku jako první poukázal francouzský fyzik Louis de Broglie, který za tuto hypotézu získal Nobelovu cenu. (Tuto skutečnost předvádíme začínajícím studentům naší univerzity.

Uvnitř obyčejné katodové trubice, jaká se běžně vyskytuje v televizorech, vystřelujeme elektrony. Elektrony procházejí úzkou dírkou, a dalo by se předpokládat, že tam, kde dopadnou na obrazovku, spatříte malou tečku. Místo toho se však ukáží jakési soustředné kruhové vlny, jaké by se daly očekávat v případě, že by otvorem neprocházely bodové částice, ale vlnění.)

Jednoho dne, když Schrödinger přednášel o tomto podivném jevu, položil mu jeho kolega Peter Debye otázku: Jestliže jsou elektrony vyjádřeny jako vlny, jakou mají vlnovou funkci?

Od dob, kdy Newton vytvořil koncepci diferenciálního počtu, uměli fyzikové popsat vlny pomocí diferenciálních rovnic, a tak Schrödinger pochopil Debyeovu otázku jako výzvu zapsat diferenciální rovnici pro elektronovou vlnu. Právě odjížděl na měsíční dovolenou, a když se vrátil, byl s rovnicí hotov. Stejně jako Maxwell vzal Faradayova silová pole a odvodil pro ně Maxwellovy rovnice světla, vzal Schrödinger v tomto případě de Broglieovy hmotné vlny a odvodil z nich Schrödingerovy rovnice pro elektron.

(Historikové vědy vynaložili jisté úsilí, aby vystopovali, co přesně dělal Schrödinger v době, kdy objevil svou slavnou rovnici, která navždy změnila moderní fyziku a chemii. Ukázalo se, že věřil ve volnou lásku a na dovolenou s sebou často brával své milenky i svou ženu. O svých četných milenkách si dokonce vedl podrobný deník a pro každé setkání používal složité kódování. Historici nyní vědí, že onen víkend, kdy rovnici objevil, byl s jednou ze svých milenek ve vile Herwig v Alpách.)

Když se Schrödinger pustil do řešení rovnice pro vodíkový atom, došel ke svému překvapení ke stejným výsledkům ohledně energetických hladin, jaké již pečlivě zaznamenali fyzikové před ním. Uvědomil si, že starý obrázek atomu pocházející od Nielse Bohra, kde elektrony obíhají po drahách kolem jádra (který se ještě dnes používá v knihách a reklamách jako symbol moderní vědy), je ve skutečnosti špatně. Tyto dráhy je třeba nahradit vlnami.

Schrödingerova práce vyvolala ve světě fyziky šok. Vědci mohli náhle nahlížet přímo do samotného atomu, detailně zkoumat vlny tvořící elektronové slupky a odvozovat přesné předpovědi pro tyto energetické hladiny, které naprosto souhlasily s naměřenými údaji.

Zůstala však znepokojivá otázka, jež pronásleduje fyziky dodnes. Jestliže je elektron popsán jako vlna, co se tedy vlní? Odpověď podal fyzik Max Born: tyto vlny jsou ve skutečnosti vlnami pravděpodobnosti. Jsou pouhým vyjádřením pravděpodobnosti, s jakou nalezneme určitý elektron v daný okamžik na daném místě. Jinými slovy, elektron je částice, avšak pravděpo-

dobnost, že na ni natrefíme, je dána Schrödingerovou vlnou. Čím vyšší je vlna, tím větší je pravděpodobnost, že částici na tomto místě zaznameneáme.

Tímto způsobem se náhoda a pravděpodobnost náhle octly v samém srdci fyziky, vědy, která nám doposud dávala podrobné předpovědi a přesné dráhy částic, planet, komet i dělových koulí.

Zákon pro tuto nejistotu nakonec objevil Heisenberg. Jeho princip neurčitosti říká, že nelze přesně znát současně rychlost i polohu elektronu. Stejně tak nelze znát jeho přesnou energii, měřenou po určitý časový interval. Na kvantové úrovni jsou porušována všechna základní pravidla zdravého rozumu: elektrony mohou mizet a znovu se objevovat jinde, a mohou také být současně na mnoha místech najednou.

(Je ironií, že jak Einstein, kmotr kvantové teorie, který revoluci roku 1905 nastartoval, tak i Schrödinger, který dal světu vlnovou funkci, se hrozili zavedení pravděpodobnosti do základů fyziky. Einstein napsal: „Kvantová fyzika si zaslouhuje velkou úctu. Jakýsi vnitřní hlas mi však říká, že to není to pravé ořechové. Tato teorie nám dává mnohé, sotva nás však přibližuje k Božím tajemstvím. Já sám jsem přinejmenším přesvědčen, že Bůh nehraje kostky.“)

Heisenbergova teorie byla revoluční a kontroverzní, nicméně fungovala. Fyzikové byli rázem schopni vysvětlit obrovský počet zářejících jevů, včetně zákonů chemie. Abych svým studentům ukázal, jak bizarní je celá kvantová teorie, dávám jim za úkol, aby vypočítali pravděpodobnost, že atomy jejich těla náhle zmizí a znovu se objeví na druhé straně cihlové zdi. Taková teleportace je v newtonovské fyzice nemožná, v kvantové fyzice však nikoli. Odpověď na otázku je ovšem taková, že byste na podobnou událost museli čekat déle, než je doba, po niž bude existovat vesmír. (Pokud byste si na počítači zobrazili Schrödingerovu vlnu svého těla, zjistili byste, že docela odpovídá tvarům vašeho těla, až na to, že je poněkud rozmazaná a vlny prosakují do okolí. Něco z nich dosahuje až ke vzdáleným hvězdám. Takže je tu jakási opravdu nepatrná pravděpodobnost, že se jednoho dne probudíte na vzdálené planetě.)

Skutečnost, že elektrony mohou zdánlivě být na mnoha místech najednou, je samým základem chemie. Víme, že elektrony obíhají kolem jádra atomu, jakoby v miniaturní sluneční soustavě. Atomy se však od sluneční soustavy zcela liší; jestliže se ve vesmíru dvě sluneční soustavy srazí, rozpadnou se a planety se rozletí do prostoru. Narazí-li však na sebe dva atomy, často vytvoří molekulu, která je zcela stabilní, a o elektrony se dělí. V hodinách chemie na střední škole tuto skutečnost vyučující často znázorní

„rozmazaným elektronem“, podobajícím se šišatému míči, který oba atomy spojuje.

Učitelé chemie však svým žákům jen málokdy řeknou, že elektron se uvnitř šišky nachází na mnoha místech najednou. Jinými slovy, celá chemie, vysvětlující molekuly našeho těla, je založena na myšlence, že elektrony mohou být na mnoha místech současně, a právě toto sdílení elektronů mezi dvěma atomy drží molekuly našeho těla pohromadě. Bez kvantové teorie by se naše molekuly i atomy okamžitě rozlétly.

Této podivné, avšak základní vlastnosti kvantové teorie (totiž že existuje konečná pravděpodobnost, že může nastat i ta nejbizarnější událost) využil Douglas Adams ve své zábavné knize *Stopařův průvodce Galaxií*. Potřeboval příhodný způsob, jak se mžikem pohybovat po celé galaxii, a tak vynalezl „pohon založený na principu nekonečné nepravděpodobnosti“, „senzační novou metodu, jak překonávat obrovité mezihvězdné vzdálenosti za pouhou nictinu vteřiny a nemuset se přitom zbytečně plácet v hyperprostoru“. Jeho stroj vám umožní libovolně změnit pravděpodobnost každé kvantové události, takže se i velmi nepravděpodobné události změni na každodenní. Když se rozhodnete, že doletíte k nejbližší hvězdné soustavě, jednoduše změníte pravděpodobnost, že se octnete na oné hvězdě, a šup! – okamžitě jste tam.

Ve skutečnosti nelze kvantové „skoky“, které jsou tak běžné na atomové úrovni, vztáhnout na velké objekty, jako jsou lidé, kteří obsahují triliony trilionů atomů. Elektrony našeho těla sice fantasticky tančí a skáčou kolem jádra, je jich však tak mnoho, že se jejich pohyby zprůměrují. To je zhruba řečeno důvod, proč se na naší úrovni zdají látky pevné a stálé.

Takže zatímco na atomární úrovni je teleportace povolena, k tomu, abychom se stali svědky těchto bizarních efektů na makroskopické úrovni, bychom museli čekat dobu delší, než je doba existence celého vesmíru. Dá se tedy použít fyzikálních zákonů k vytvoření strojů, které by sloužily k teleportaci předmětů dle našeho přání, jak tomu bývá ve vědeckofantastických příbězích? Je to překvapující, ale odpovědí je podmíněné ano.

EPR experiment

Je ironií, že klíč ke kvantové teleportaci nacházíme právě ve slavném článku Alberta Einsteina a jeho kolegů Borise Podolského a Nathana Rosena z roku 1935, v němž navrhuje tak zvaný EPR experiment (pojmenovaný podle prvního písmene příjmení jeho tří autorů), který by jednou provždy zabránil zavádění pravděpodobnosti do fyziky. (Když Einstein později litoval nepopi-

ratelného experimentálního úspěchu kvantové teorie, napsal: „Čím je kvantová teorie úspěšnější, tím hloupěji vypadá.“)

Jestliže dva elektrony původně vibrují unisono (tedy ve stavu, jemuž se říká koherence), setrvají ve vlnové synchronizaci, i když je dělí velká vzdálenost. Třebaže jsou od sebe vzdáleny světelné roky, neviditelná Schrödingeroва vlna je stále spojuje jako pupeční šňůra. Dojde-li ke změně u jednoho z nich, přenesse se tato informace zčásti i na druhý elektron. Tento jev se nazývá „kvantové provázání“, a znamená, že mezi koherentně vibrujícími částicemi existuje jakési pouto, které je spojuje.

Vyjděme ze dvou koherentních elektronů vibrujících unisono, které od sebe necháme vzdalovat. Každý z elektronů je jako otáčející se káča. Spin elektronu může směřovat nahoru nebo dolů. Řekněme, že celkový spin soustavy je nula, takže směřuje-li spin jednoho z elektronů nahoru, automaticky víme, že spin druhého směřuje dolů. Kvantová teorie říká, že dříve, než provedeme měření, nesměruje spin elektronu nahoru ani dolů a elektron se nachází v neurčitěm stavu, kdy spin směřuje současně nahoru a dolů. (Jakmile provedete pozorování, vlnová funkce se „zhrouť“ a zanechá částici v určitém stavu.)

Nyní změříme spin jednoho z elektronů. Řekněme, že spin směřuje nahoru. Pak okamžitě víme, že spin druhého z elektronů míří dolů. I kdyby mezi oběma elektrony leželo mnoho světelných let, jakmile změříte spin prvního, okamžitě znáte také spin druhého z nich. Tuto informaci vlastně získáte nadsvětelnou rychlostí! Protože jsou tyto dva elektrony „provázané“, jsou jejich vlnové funkce spojeny jakousi neviditelnou nitkou či pupeční šňůrou. Cokoli se přihodí jednomu z nich, má okamžitě efekt na druhý. (To v určitém smyslu slova znamená, že cokoliv se stane nám, automaticky ovlivní současně události ve vzdálených zákoutích vesmíru, protože naše vlnové funkce byly na počátku času pravděpodobně „provázané“. V jistém smyslu existuje síť spojující vzdálené končiny vesmíru, včetně nás. Einstein tento jev pohrdlivě nazýval „strašidelným působením na dálku“, a snažil se pomocí něj „dokázat“, že kvantová teorie nemá pravdu. Svě mínění totiž zakládal na předpokladu, že se nic nemůže pohybovat rychleji než světlo.

EPR experiment Einstein původně zamýšlel jakožto umíráček kvantové teorie. Avšak v osmdesátých letech dvacátého století Alan Aspect a jeho francouzští kolegové provedli tento experiment se dvěma detektory, které od sebe dělila vzdálenost 13 metrů. Měřili spiny elektronů vylétajících z vápní-

kových atomů a výsledky přesně souhlasily s kvantovou teorií. Pánbůh patrně opravdu hraje s vesmírem v kostky.

Šířila se informace opravdu rychleji než světlo? Mýlil se Einstein v tvrzení, že rychlost světla je horní hranicí rychlostí ve vesmíru? Vlastně ne. Je pravda, že informace se šířila rychleji než světlo. Tato informace však byla náhodná, a tudíž bezcenná. Pomocí EPR experimentu rozhodně nemůžete posílat morseovku ani skutečné zprávy.

Informace o tom, že elektron na druhé straně vesmíru má spin mířící dolů, je bezcenná. Dnešní kurzy akcií touto metodou nepošlete. Řekněme na příklad, že máme přítele, který vždy nosí jednu červenou a jednu zelenou ponožku, a to v náhodném pořadí. Dejme tomu, že si prohlédnete jednu nohu a zjistíte, že je na ní červená ponožka. Pak taky víte, rychlostí větší než rychlost světla, že ponožka na druhé noze je zelená. Informace, kterou jste získali nadsvětelnou rychlostí, je však bezcenná. Zprávu obsahující nenáhodnou informaci touto metodou nelze předat.

Po léta sloužil EPR experiment jako příklad slavného vítězství kvantové teorie nad jejími kritiky, bylo to však prázdné vítězství bez praktických důsledků. Až donedávna.

Kvantová teleportace

Vše se změnilo v roce 1993, kdy vědci z IBM pod vedením Charlese Bennetta ukázali, že pomocí EPR experimentu je fyzicky možné teleportovat objekty, přinejmenším na atomární úrovni. (Přesněji řečeno, ukázali, že jsou schopni teleportovat veškerou informaci obsaženou v částici.) Od té doby se fyzikům podařilo teleportovat fotony a dokonce celé atomy cesia. Během několika desetiletí budou vědci patrně schopni teleportovat první molekulu DNA a první virus.

Kvantová teleportace využívá některé z bizarnějších vlastností EPR experimentu. Při těchto pokusech vyjdou fyzikové ze dvou atomů, říkejme jim atomy A a C. Řekněme, že chceme teleportovat informaci z atomu A do atomu C. Začneme tím, že zavedeme třetí atom, B, který je zpočátku „provázán“ s atomem C, takže B a C jsou koherentní. Nyní se atom A dostane do kontaktu s atomem B. Atom A si „přečte“ atom B, čímž se informační obsah atomu A se přenesse do atomu B. Atomy A a B se tímto stanou „provázanými“. Protože však atomy B a C byly „provázány“ od samého počátku, informace z atomu A se nyní přenesla také do atomu C. Závěr je, že A byl nyní teleportován do atomu C, což znamená, že informační obsah atomu A je nyní identický s obsahem atomu C.

Všimněte si, že informace z atomu A byla zničena. To znamená, že každý, kdo by byl hypoteticky teleportován, by během tohoto procesu zahynul. Informační obsah jeho těla by se však objevil jinde. Všimněte si také, že atom A se nepřemístil do pozice atomu C. Naopak, to informace z něj (totiž jeho spin a polarizace), byla přenesena do atomu C.

Od okamžiku, kdy byl tento průlom oznámen, spolu různé skupiny vědců soutěží ve snaze zaznamenat na tomto poli další pokroky. Historicky první předvedení kvantové teleportace, kde předmětem teleportace byly fotony ultrafialového světla, se konalo roku 1997 na univerzitě v Innsbrucku. Následujícího roku experimentátoři z Caltechu provedli ještě přesnější pokus s teleportací fotonů.

Roku 2004 se fyzikům na univerzitě ve Vídni podařilo teleportovat částice světla na vzdálenost 600 metrů pomocí optického kabelu vedeného pod Dunajem, a dosáhli tak nového rekordu. (Samotný kabel měřil 800 metrů a byl veden veřejnou kanalizační sítí pod řekou. Vysílač stál na jedné straně řeky, přijímač na druhé.)

Jedna z kritických námitek k těmto pokusům je, že se prováděly se světelnými fotony. Něco takového má k teleportaci známé ze sci-fi hodně daleko. Významným milníkem proto byl rok 2004, kdy byla předvedena kvantová teleportace nikoli se světelnými fotony, nýbrž se skutečnými atomy, čímž jsme se zase o krok přiblížili skutečnému teleportačnímu zařízení. Fyzikové z Národního ústavu Spojených států pro standardy a technologie ve Washingtonu úspěšně provázali tři beryliové atomy a přenesli vlastnosti jednoho z nich do druhého. Byl to úspěch tak výrazný, že se dostal na obálku časopisu Nature. Další skupině se podařilo teleportovat také atomy vápníku.

Roku 2006 došlo k dalšímu významnému pokroku, který se poprvé týkal makroskopického objektu. Fyzikové z Ústavu Nielse Bohra v Kodani a Ústavu Maxe Plancka byli schopni provázat světelný paprsek s plynem skládajícím se z bilionů cesiových atomů. Informaci poté zakódovali do laserových pulzů a úspěšně ji teleportovali k cesiovým atomům na vzdálenost větší než jeden decimetr. Eugene Polzik, jeden z výzkumníků, řekl: „Poprvé se zdařila kvantová teleportace mezi světlem – nositelem informace – a atomy.“

Teleportace bez kvantového provázání

Pokrok v teleportaci se zrychluje. Roku 2007 došlo k dalšímu průlomů. Fyzikové navrhli metodu, která nevyžaduje kvantové provázání. Připomeňme

si, že provázání je zdaleka nejobtížnější vlastností související s kvantovou teleportací. Vyřešení tohoto problému by mohlo otevřít v teleportaci nové obzory.

„Řeč je o tom, že paprsek složený z nějakých 5000 částic zmizí z jednoho místa a objeví se někde jinde,“ říká fyzik Aston Bradley z brisbaneského Centra pro kvantovou atomovou optiku australského Výboru pro výzkum, jenž se účastnil prosazování nové metody teleportace.

„Zdá se nám, že naše schéma je bližší duchu původní literární koncepce,“ říká Bradley. Spolu se svými kolegy hodlá postupovat tak, že vezmou paprsek rubidiových atomů, převedou veškerou jejich informaci do světelného paprsku, ten pošlou optickým kabelem a na vzdáleném stanovišti pak rekonstruují původní proud atomů. Pokud bude jejich pokus úspěšný, vyloučí se nejchoulostivější krok teleportace a otevřou se zcela nové cesty k teleportaci stále větších objektů.

Aby odlišil tuto novou metodu od kvantové teleportace, nazval Dr. Bradley svou metodu „klasickou teleportací“. (To je poněkud zavádějící, protože jeho metoda též hluboce závisí na kvantové teorii, nikoli však na kvantovém propojení.)

Klíčem k tomuto novému typu teleportace je nové skupenství hmoty zvané „Bose-Einsteinův kondenzát“ neboli BEC, což je jedna z nejchladnějších látek celého vesmíru. V přírodě se nejnížší teploty vyskytují v mezihvězdném prostoru a rovnají se 3K nad absolutní nulou. (To je důsledkem zbytkového tepla po velkém třesku, které stále zaplňuje vesmír.) Avšak BEC má miliardtinu stupně nad absolutní nulou, což je teplota vyskytující se pouze v laboratoři.

Když se určité formy hmoty ochladí do blízkosti absolutní nuly, jejich atomy přeskočí do nejnížší energetické hladiny a všechny vibrují unisono, neboli se stanou koherentními. Vlnové funkce všech těchto atomů se překrývají, takže v určitém smyslu je celý BEC jako jeden gigantický „superatom“. Toto bizarní skupenství hmoty předpověděli Einstein a Satyendranath Bose již roku 1925, trvalo však dalších 70 let, než byl BEC konečně vytvořen v laboratořích MIT a univerzity v Coloradu.

Teleportace podle Bradleyho a jeho skupiny funguje následovně. Vědci vyjdou ze souboru podchlazených rubidiových atomů ve skupenství BEC, na které následně působí proudem hmoty (skládajícím se též z rubidiových atomů). Atomy z tohoto proudu by také chtěly dosáhnout nejnížší energetické hladiny, a tak vyzáří svou nadbytečnou energii ve tvaru světelného pa-

prsku. Ten je pak odeslán optickým kabelem. Je pozoruhodné, že tento paprsek světla obsahuje veškerou kvantovou informaci potřebnou k popisu původního proudu hmoty (tedy např. polohy a rychlosti všech jeho atomů). Světelný paprsek pak narazí do dalšího BEC, který jej přemění na původní proud hmotných částic.

Tato nová metoda teleportace je nesmírně slibná, protože nevyžaduje kvantové provázání atomů. Ani ona však není bez potíží. Zásadně totiž závisí na jistých velmi specifických vlastnostech BEC, které je obtížné vytvořit v laboratoři. BEC se chová, jako by se jednalo o jeden obrovský atom. Bizarní kvantové efekty, dosud viditelné pouze na atomové úrovni, jsou v případě BEC vidět pouhým okem. Něco takového se dříve považovalo za nemožné.

BEC lze bezprostředně využít k vytvoření „atomových laserů“. Jak víme, jsou lasery založeny na koherentních proudech fotonů vibrujících unisono. BEC je však soubor atomů vibrujících unisono, a proto je možné vytvořit proudy atomů BEC, které jsou koherentní. Jinými slovy, BEC může vytvořit hmotný protějšek laseru, atomový laser, skládající se z BEC atomů. Komerční využití laserů je obrovské a využití atomových laserů by mohlo být stejné jako u běžných laserů. Protože ovšem BEC existují pouze při teplotách držících se při absolutní nule, bude pokrok na tomto poli pomalý, byť stálý.

Jistých úspěchů jsme již dosáhli, kdy však budeme schopni teleportovat sami sebe? Fyzikové doufají, že se jim v nejbližších letech podaří teleportovat složité molekuly. Potom se možná během několika desetiletí podaří teleportovat molekulu DNA nebo dokonce virus. Teleportaci člověka, se kterou se setkáváme ve sci-fi, v zásadě nic nebrání, ovšem technické problémy, které stojí před takovým úspěchem, jsou skutečně obrovské. K tomu, aby se dosáhlo koherence mezi jednotlivými fotony a atomy, je zapotřebí nejlepších laboratoří světa. Vyvolat kvantovou koherenci mezi makroskopickými objekty, jako je člověk, je otázkou daleké budoucnosti. Bude patrně trvat mnoho století, možná ještě déle, než budeme schopni teleportovat každodenní předměty – pakliže se nám to vůbec podaří.

Kvantové počítače

Osud kvantové teleportace je především těsně svázán s vývojem kvantových počítačů. Obě oblasti používají týchž principů kvantové fyziky a téže technologie, díky čemuž mezi nimi dochází k intenzivnímu vzájemnému obohaco-

vání. Kvantové počítače možná jednoho dne nahradí běžné stolní počítače. Na těchto počítačích by vlastně jednoho dne mohla záviset budoucnost světové ekonomiky, komerční zájem o tyto technologie je proto obrovský. Po příchodu kvantových počítačů by se Silicon Valley, známé „Křemíkové údolí“, mohlo jednoho dne stát druhým Rezavým pásem.

Obyčejné počítače pracují s dvojkovou soustavou nul a jedniček, zvaných bity. Kvantové počítače však jsou mnohem výkonnější. Pracují s kvantovými bity neboli qubity, které nabývají hodnot mezi nulou a jednou. Představme si atom umístěný v magnetickém poli. Otáčí se jako káča, a jeho osa otáčení může směřovat nahoru, nebo dolů. Zdravý rozum nám říká, že spin atomu může mířit buď „nahoru“, nebo „dolů“, ne však oběma směry najednou. V podivném kvantovém světě je však atom popsán jako součet dvou stavů, totiž atomu se spinem nahoru a atomu se spinem dolů, neboť ve světě kvant je každý objekt popsán jako součet všech svých možných stavů. (Když jsou velké objekty jako kupříkladu kočky popsány tímto kvantovým způsobem, znamená to, že musíte sečíst vlnovou funkci živé kočky s vlnovou funkcí mrtvé kočky, takže kočka není ani živá ani mrtvá, jak podrobněji popíšu v kapitole 13.)

Představme si nyní řadu atomů uspořádaných v magnetickém poli, se spinem vesměs v jednom směru. Pokud tuto řadu atomů ozáříme laserovým paprskem, paprsek se od této řady atomů odrazí, přičemž u některých atomů překlopí osu spinu. Změřením rozdílu mezi vstupním a výstupním paprskem, jsme provedli složitý kvantový „výpočet“, při němž se překlopí osy mnoha spinů.

Kvantové počítače jsou stále ještě v plenkách. Světový rekord pro kvantový výpočet je násobení $3 \times 5 = 15$, což je sotva výpočet, který by překonal současné superpočítače. Kvantová teleportace a kvantové počítače sdílejí společnou slabinu: udržení koherence pro velké soubory atomů. Vyřešení tohoto problému by bylo obrovským průlomem v obou oblastech.

O kvantové počítače se intenzivně zajímá CIA i další tajné organizace. Mnoho tajných kódů dnes závisí na „klíči“, což je velmi velké celé číslo, a na schopnosti rozložit toto číslo na prvočinitele. Jestliže je klíč součinem dvou stociferných čísel, pak najít tyto dva faktory by mohlo zabrat současnému počítači přes sto let. Takový kód je dnes v podstatě nezlomitelný.

V roce 1994 však Peter Shor z Bellových laboratoří ukázal, že pro kvantový počítač by rozklad velkých čísel mohl být hračka. Tento objev ihned vyvolal zájem tajných služeb. Kvantový počítač by v podstatě mohl zlomit

všechny kódy na světě a uvrhnout tak bezpečnost současných počítačových systémů do naprostého zmatku. První země, která by svedla postavit takový systém, by byla schopna dostat se k nejhlubším tajemstvím jiných zemí i organizací.

Někteří vědci se domnívají, že na kvantových počítačích by v budoucnosti mohla záviset celá světová ekonomika. Počítače založené na křemíku patrně dosáhnou svých fyzických hranic ve směru výpočetní mohutnosti někdy po roce 2020. Má-li se technika dále rozvíjet, bude třeba nových, výkonnějších typů počítačů. Jiní se zabývají možností napodobit pomocí kvantových počítačů sílu lidského mozku.

V sázce je tedy mnoho. Jestliže se nám podaří vyřešit problém koherence, nejenže vyřešíme potíže s teleportací, ale mohli bychom též díky kvantovým počítačům získat možnost nepředstavitelným způsobem pokročit v technologiích nejrůznějších směrů. Takový průlom by byl tak důležitý, že se k němu vrátím ještě v pozdějších kapitolách.

Jak jsem již poukázal, udržet koherenci v laboratoři je mimořádně obtížné. Nejmenší záchvěv by mohl koherenci dvou atomů narušit a zmařit výpočet. Dnes je obtížné udržet koherenci více než hrstky atomů. Původně synchronizované atomy se z koherence začínají vymaňovat během nanosekund, v nejlepším případě během vteřiny. Teleportace musí proběhnout velmi rychle, dříve, než dojde k dekoherenci, což vytváří další omezení pro kvantový výpočet i teleportaci.

David Deutsch z Oxfordské univerzity i přes tyto překážky věří, že zmíněné problémy lze překonat: „S trochou štěstí a díky nedávným pokrokům v teoretické oblasti neuplyne do vytvoření kvantového počítače ani 50 let ... Byl by to zcela nový způsob, jakým využít přírodních zákonů.“

K postavení použitelného kvantového počítače bychom museli mít stovky milionů atomů vibrujících unisono, což výrazně převyšuje dnešní možnosti. Teleportovat kapitána Kirka by bylo nepředstavitelně obtížné. Museli bychom vytvořit kvantové provázání s jeho dvojníkem. Ani s použitím nanotechnologií a pokročilých počítačů však netušíme, jak toho dosáhnout.

Teleportace tedy existuje na atomové úrovni a během několika desetiletí zřejmě budeme schopni teleportovat složité, snad i organické molekuly. Teleportace makroskopického objektu však bude muset počkat mnoho desetiletí až staletí, ba i déle, za předpokladu, že je ovšem vůbec možná. Proto se zařazuje teleportace složitých molekul, nebo dokonce viru či živé buňky, mezi nemožnosti I. řádu, jež bude technicky uskutečnitelná již během to-

FYZIKA NEMOŽNÉHO

hoto století. Dosáhnout teleportace lidských bytostí, i když ji zákony fyziky dovolují, však zabere mnohá další století, pakliže se vůbec podaří. Tento druh teleportace bych proto zařadil mezi nemožnosti II. řádu.

TELEPATIE

*Jestliže jste během dne neobjevili něco podivného,
pak váš den za moc nestál.*

JOHN WHEELER

*Jen ti, kdo se pokusí o něco absurdního,
dosáhnou nemožného.*

M. C. ESCHER

Obrovské možnosti i naše nejtemnější obavy spojené se schopností telepatie zachycuje román *Slan* A. E. van Vogta.

Hrdina románu Jommy Cross je „slanem“, příslušníkem vymírající rasy superinteligentních telepatů. Jeho rodiče byli brutálně zavražděni rozzuřeným davem lidí, kteří se slanů bojí a nenávidí je, neboť mají moc proniknout do jejich soukromých, nejtajnějších myšlenek. Lidé na slany pořádají hony jako na zvířata. Slany lze snadno poznat podle zvláštních tykadel, která jim vyrůstají z hlavy. V průběhu děje této knihy se Jommy snaží navázat kontakt s jinými slany, kteří uprchli do vesmíru, aby unikli honům na čarodějnice pořádaným lidmi, kteří se je rozhodli vyhubit.

V minulosti se čtení myšlenek považovalo za tak důležité, že bylo spojováno s bohy. Jednou z nejzákladnějších vlastností každého božstva je schopnost číst naše myšlenky a plnit naše nejhlubší tužby. Skutečný telepat, jenž by uměl libovolně číst myšlenky, by se snadno stal nejbohatším a nejmocnějším člověkem na Zemi, mohl by pronikat do mysli bankéřů na Wall Streetu i ovládat své soupeře. Byl by hrozbou pro bezpečnost jednotlivých zemí. Lehce by ukradl nejchoulostivější státní tajemství. Obrovskou moc skutečného telepata ozřejmila slavná série románů *Nadace* Isaaka Asimova, často nazývaná největším z vědeckofantastických románů všech dob. Galaktická Říše, která vládla tisíc let, je na pokraji pádu a zkázy. Tajné společenství

vědců, nazývané „Druhá Nadace“, s použitím složitých rovnic předpoví, že Říše nakonec padne a civilizace se pohrouží na třicet tisíc let do temnot. Vědci na základě těchto rovnic vypracují podrobný plán, který by tento pád civilizace zkrátil na pouhých několik tisíc let. Pak se však přihodí katastrofa. Jejich složitým rovnicím unikla jediná událost, totiž narození mutanta zvaného „Mezek“. Ten se díky schopnosti ovládat lidskou mysl na velké vzdálenosti zmocní vlády nad Říší. Galaxie je tak odsouzena k chaosu a anarchii, dokud se nepodaří telepata zastavit.

Ve vědeckofantastické literatuře nalezneme podivných příběhů o telepatěch spoustu, skutečnost je však mnohem střízlivější. Myšlenky jsou soukromé a neviditelné, a proto mohou šarlatáni a podvodníci již staletí využívat naivity a důvěřivosti některých z nás. Jedním z jednoduchých společenských triků používaných kouzelníky a jasnovidci je využití pomocníka neboli volavky, který je usazen mezi diváky a jehož myšlenky pak jasnovidec čte.

Kariéra řady kouzelníků a jasnovidců byla vlastně založena na slavném „kloboukovém triku“, kdy lidé píšou soukromá sdělení na kousky papíru, která se pak vloží do klobouku. Mág pak říká obecenstvu, co na jednotlivých kouscích papíru stojí, čímž všechny okouzlí. Tento vynalézavý trik má překvapivě jednoduché vysvětlení (viz poznámky).

Jeden z nejslavnějších případů telepatie nepracoval s volavkou, nýbrž se zvířetem. Byl jím Chytrý Hans, zázračný kůň, který ohromoval evropské diváky v 90. letech 19. století. Chytrý Hans byl k úžasu obecenstva schopen provádět složité výpočty. Když jste ho například požádali, aby číslo čtyřicet osm vydělil šesti, osmkrát hrábl kopytem. Hans uměl dělit, násobit, sčítat zlomky, hláskovat, dokonce určovat hudební tóny. Jeho fanoušci říkali, že buď je chytřejší než mnohý člověk, nebo dovede telepaticky číst v lidských mozcích.

Chytrý Hans však nebyl výsledkem chytrého triku. Jeho skvělé aritmetické schopnosti dokonce oklamaly i jeho cvičitele! Ani význačný psycholog profesor C. Strumpf, který byl roku 1904 vyzván, aby koně prozkoumal, neodhalil žádný zřejmý důkaz podvodu nebo smluvených tajných znamení, což ještě zvýšilo fascinaci, kterou u obecenstva Chytrý Hans vyvolával. O tři roky později však provedl přísnější testy Strumpfův student, psycholog Oskar Pfungst, a konečně objevil Hansovo tajemství. Kůň pouze pozoroval jemné změny výrazu trenérova obličeje. Hans hrábl kopytem tak dlouho, než se trenérův výraz nepatrně změnil, načež přestal. Chytrý Hans nečetl

lidské myšlenky ani neuměl počítat; byl zkrátka jen dobrým pozorovatelem lidské tváře.

V historických záznamech vystupují další „telepatická“ zvířata. Již roku 1591 se v Anglii proslavil kůň jménem Maroko, který vydělal svému majiteli jmění tak, že vyhledával mezi diváky určité osoby, rozpoznával písmena abecedy nebo sčítal počet ok na dvou kostkách. V Anglii vyvolal takovou senzaci, že jej Shakespeare zvěčnil ve své hře *Marná lásky snaha* jakožto „tančícího koně“.

Číst cizí myšlenky jsou v omezeném rozsahu schopni také hráči hazardních her. Když člověk uvidí něco příjemného, obvykle se mu rozšíří panenky. Když naopak vidí něco nepříjemného (nebo provádí matematické výpočty), panenky se zúží. Hráči umí odezírat city z nehnutých tváří svých protivníků tak, že sledují, zda se jim panenky zužují nebo rozšiřují. To je jedním z důvodů, proč často nosí barevná stínítka, aby si zakryli zornice. Je také možné oko osvítit, sledovat, kam přesně padne odraz, a tak určit, kam se dotyčný dívá. Analýza pohybu odraženého laserového paprsku ukáže pohyb očí po sledovaném objektu. Kombinace těchto dvou technologií umožní určit citové reakce zkoumaného člověka, aniž bychom k tomu měli jeho svolení.

Psychický výzkum

První vědecký výzkum telepatie a jiných paranormálních jevů prováděla Společnost pro psychický výzkum, založená roku 1882 v Londýně. (Termín „mentální telepatie“ vytvořil téhož roku člen společnosti F. W. Myers.) Mezi předsedy společnosti byly některé z nejvýznačnějších osobností devatenáctého století. Společnost existuje dodnes a podařilo se jí za tu dobu odhalit tvrzení mnoha podvodníků. Často však byla rozštěpena na spiritualisty, kteří pevně věřili v paranormální, a vědce, kteří žádali seriózní vědecký výzkum.

Jeden z badatelů spojených s touto společností, Dr. Joseph Banks Rhine, začal roku 1927 s prvním systematickým a přísným studiem parapsychologických jevů ve Spojených státech a založil při Dukeově univerzitě v Severní Karolíně Rhineův ústav (nyní zvaný Rhineovo výzkumné středisko). Rhine a jeho žena Louisa po desetiletí prováděli jedny z prvních vědecky kontrolovaných pokusů širokého spektra parapsychologických jevů ve Spojených státech, které následně uveřejnili v recenzovaných publikacích. Právě Rhine v jedné ze svých prvních knih používal termín „mimosmyslové vnímání“ (zkráceně ESP, z anglického „extrasensory perception“).

Rhineova laboratoř vlastně prosadila standardy psychického výzkumu. Dr. Karl Zener, jeden z Rhineových spolupracovníků, vyvinul pro zkoumání telepatických schopností systém karet s pěti symboly, nyní známý jako „Zenerovy karty“. Naprostá většina výsledků neprokázala vůbec žádný náznak telepatických schopností. Nepatrná menšina pokusů se však zdála vykazovat malé, avšak pozoruhodné korelace dat, které se nedaly vysvětlit pouhou náhodou. Problémem je, že se jiným výzkumníkům často nepodařilo tyto experimenty zopakovat.

Rhine se snažil budovat pověst exaktního vědce, ta se však poněkud pošramotila, když narazil na koně jménem Lady Wonder. Tento kůň byl schopen omračujících telepatických výkonů. Dokázal například převracet kopytem dětské kostky s písmeny a tak hláskovat slova, na která mysleli lidé v publiku. Rhine patrně nevěděl o případu Chytrého Hanse. Lady Wonder podrobně prozkoumal roku 1927 a došel k závěru, že „...zbývá tedy pouze telepatické vysvětlení, přenos mentálního vlivu neznámým procesem. Nenašlo se nic, co by tomu odporovalo, a zdá se, že vzhledem k výsledkům není žádná jiná navržená hypotéza udržitelná.“ Milbourne Christopher později odhalil skutečný zdroj telepatických schopností Lady Wonder: nepatrné pohyby biče v ruce majitele koně. Právě ty byly pro Lady Wonder podnětem, aby přestala hrabat kopytem. (Avšak i poté, co byl odhalen skutečný zdroj schopností Lady Wonder, Rhine nadále věřil, že kůň má skutečně telepatické schopnosti, jen je však z nějakého důvodu ztratil, což přinutilo jeho majitele uchýlit se k podvodu.)

Rhineova pověst však utrpěla smrtelnou ránu v okamžiku, když se již chystal na odpočinek. Hledal následovníka s nedotčenou reputací, který by pokračoval v jeho práci v ústavu. Jedním ze slibných kandidátů se ukázal být Dr. Walter Levy, jehož Rhine přijal roku 1973. Dr. Levy byl vycházející hvězdou oboru a publikoval senzační výsledky výzkumů, které naznačovaly, že myši jsou schopny telepaticky měnit generátor náhodných čísel v počítači. Nedůvěřiví pracovníci laboratoře však zjistili, že se Dr. Levy v noci tajně plíží do laboratoře a mění výsledky testů. Přistihli ho při činu v okamžiku, kdy falšoval data. Další testy ukázaly, že myši nemají naprosto žádné telepatické schopnosti, a Dr. Levy byl nucen s hanbou odejít z ústavu.

Telepatie a projekt Star Gate

Zájem o paranormální prudce stoupl na vrcholu studené války, která byla podnětem pro řadu tajných pokusů týkajících se telepatie, kontroly mysli

a jasnozřivosti („jasnozřivost“ je schopnost „vidět“ vzdálené věci skrze čtení myšlenek. Star Gate bylo krycí označení pro celou skupinu tajných studií placených Ústřední zpravodajskou službou CIA, jako byly „Sun Streak“, „Grill Flame“ a „Center Lane“. Úsilí bylo zahájeno kolem roku 1970, kdy CIA usoudila, že Sovětský svaz vynakládá až 60 milionů rublů ročně na „psychotronický“ výzkum. Vznikla obava, že by Sověti mohli použít ESP k lokalizaci amerických ponorek a vojenských zařízení, identifikaci špiónů a čtení tajných dokumentů.

Financování výzkumu CIA začalo roku 1972 a vedením byli pověřeni Russell Targ a Harold Puthoff ze Stanfordského výzkumného ústavu (SRI) v Menlo Park. Zpočátku se snažili vycvičit kádr médií, který by se zabýval „psychickou válkou“. Za dobu dvou desetiletí vydaly Spojené státy na program Star Gate 20 milionů dolarů a na výplatní listině se octlo 40 spolupracovníků, 23 jasnovidců a tři média.

S ročním rozpočtem půl milionu dolarů provedla CIA do roku 1995 stovky výzvědných projektů obsahující tisíce jasnovidných sezení. Konkrétně byli jasnovidci žádáni, aby našli

- plukovníka Kaddáfího před bombardováním Libye v roce 1986,
- sklady plutonia v Severní Koreji (v roce 1994),
- rukojmího uneseného Rudými brigádami v Itálii roku 1981,
- sovětský bombardér typu Tu-95, který se zřítil v Africe.

Roku 1995 požádala CIA americký Ústav pro výzkum (AIR), aby tyto programy vyhodnotil. AIR doporučil jejich ukončení. David Goslin z AIR napsal: „Neexistují prokazatelné výsledky, že by měly pro výzkumné služby jakoukoli hodnotu.“

Zastánci Star Gate se chlubili, že po celá léta dosahovali „osmimartiniových“ výsledků (což jsou závěry tak ohromující, že musíte vyrazit do baru a dát si osm martini, abyste se vzpamatovali). Kritikové však tvrdili, že výsledkem naprosté většiny jasnovidných pokusů byly bezcenné, irelevantní informace, při čemž se promrhaly dolary daňových poplatníků, a že těch nemnoho „poznatků“, kterých se dosáhlo, bylo tak vágních a obecných, že se daly vztáhnout na jakékoli situace. Zpráva AIR prohlásila, že nejpůsobivější „úspěchy“ programu Star Gate pocházely od jasnovidců, kteří již měli určité znalosti o operaci, jíž se zabývali, a proto mohli dojít k rozumně vypadajícím závěrům.

Nakonec CIA usoudila, že projekt Star Gate nepřinesl jediný poznatek, který by pomohl při provádění výzvědných operací, a tak projekt zrušila. (Přetrvávají však pověsti, že během války v Perském zálivu užívala jasnovídců k hledání Saddáma Husajna, ačkoli všechny snahy byly neúspěšné.)

Záznam mozkové činnosti

Ve stejné době začínali vědci rozumět fyzikálním jevům, které jsou základem mozkové činnosti. Již v devatenáctém století měli vědci tušení, že uvnitř mozku probíhají elektrické signály. Roku 1875 zjistil Richard Caton, že umístíme-li na povrch hlavy elektrody, je možné tyto slabounké signály vysílané mozkiem zachytit. To nakonec vedlo k vynálezu elektroencefalografu (EEG).

Mozek je jakýmsi vysílačem, šířícím naše myšlenky v podobě slabých elektrických signálů a elektromagnetických vln. Pokud se však na základě těchto signálů rozhodneme číst myšlenky, narazíme na potíže. Signály jsou především extrémně slabé, v řádu tisícín wattu. Za druhé, jsou takového charakteru, že se většinou nedají odlišit od náhodného šumu. Z této změti lze o našich myšlenkách vyvodit jen hrubé informace. Za třetí, náš mozek není schopen pomocí těchto signálů přijímat obdobné zprávy z jiných mozků; nemáme tedy anténu. A nakonec, i kdybychom byli schopni tyto slabounké signály přijímat, nepodařilo by se nám je dekodovat. S použitím obyčejné newtonské a maxwellovské fyziky se telepatie na principu rádiového přenosu nezdá možná.

Někteří lidé věří, že telepatie je snad zprostředkována jakousi pátou silou, zvanou síla „psi“. Avšak i přívrženci parapsychologie připouštějí, že pro tuto sílu psi nemají žádný ověřitelný důkaz.

Tím ovšem zůstává otevřená otázka: A co telepatie využívající kvantové teorie?

Během posledního desetiletí se začaly užívat nové kvantové přístroje, které nám poprvé v dějinách umožňují nahlížet do myslícího mozku. Tuto kvantovou revoluci v záznamu činnosti mozku vedou systémy PET (pozitronová emisní tomografie) a MRI (zobrazování pomocí magnetické rezonance). Zobrazení pomocí PET se vytvoří tak, že se do krevního oběhu injekčně vpraví radioaktivní cukr. Ten se soustřeďuje v částech mozku, které se při myšlení aktivizují, což vyžaduje energii. Radioaktivní cukr vysílá pozitrony (antielektrony), které přístroje snadno zachytí. Sledováním míst, kde se v živoucím mozku nachází antihmota, se tímto způsobem dají vysledovat cesty

myšlenek, při čemž můžeme přesně určit, které části mozku se příslušné aktivity účastní.

MRI skener funguje obdobně, je však přesnější. Pacientova hlava se umístí do velkého magnetického pole prstencového tvaru. Magnetické pole přiměje jádra atomů v mozku, aby se uspořádala podél silokřivek. Do pacientova těla se vyše rádiový impuls, který tato jádra rozkmitá. Když jádro změní orientaci spinu, vyše slabounký zaznamenanatelný rádiový signál, na jehož základě se pozná přítomnost určité látky. Aktivita mozku je například spojena se spotřebou kyslíku, takže MRI skener dovede určit místo myšlenkové aktivity díky tomu, že v příslušné oblasti zaznamená přítomnost okysličené krve. Čím vyšší je koncentrace okysličené krve, tím vyšší je mentální aktivita v této části mozku. (Současný funkční MRI skener neboli fMRI je schopen se ve zlomku sekundy zaměřit na malé oblasti mozku o průměru pouhého milimetru. Tyto přístroje jsou tedy pro vysledování cest myšlenek v živém mozku ideální.)

Detektory lži na principu MRI

Není vyloučeno, že jednoho dne budou vědci schopni pomocí MRI skenerů odhalit širší obrysy myšlenek v živoucím mozku. Nejjednodušší test „čtení myšlenek“ by byl schopen určit, zda někdo lže, nebo ne.

Podle legendy vymyslel první detektor lži v dávných dobách jistý indický duchovní. Podezřelého umístil spolu s „magickým oslem“ do uzavřené místnosti a přikázal mu, že má osla zatahat za ocas. Jestliže se osel ozve, znamená to, že podezřelý je lhář. Zůstane-li zticha, mluví podezřelý pravdu. (Tajně však potřel oslův ocas sazemi.)

Poté co podezřelý z místnosti vyšel ven, odvolal se na svou nevinu, protože osel zůstal zticha. Duchovní pak však podezřelému prohlédl ruce. Jestliže byly čisté, znamenalo to, že lže. (Jak vidno, někdy je hrozba použití detektoru lži účinnější než detektor lži samotný.)

První „magický osel“ moderních dob byl vytvořen roku 1913, když psycholog William Marston napsal článek o účincích lhaní na krevní tlak (který by se při lhaní měl zvýšit). Tento poznatek o krevním tlaku vlastně pochází již z dávných dob, kdy vyšetřující podezřelého při výslechu držel za ruce. Myšlenka se brzy ujala, a tak zanedlouho mělo svůj vlastní „detektor lži“ dokonce i ministerstvo obrany.

Během let se však stalo zřejmé, že detektor lži mohou oklamat sociopati, kteří za své činy necítí žádnou lítost. Nejslavnější je případ Aldriche Amese,

dvojitého agenta CIA, který vyinkasoval od bývalého Sovětského svazu obrovské sumy za to, že poslal tucty amerických agentů na smrt a vyradil mnohá tajemství amerického jaderného loďstva. Po desetiletí proplouval Ames bateriemi testů na detektorech lži CIA. Stejně tomu bylo i u sériového vraha Garyho Ridgwaye, známého jako vrah od Zelené řeky, jenž zavraždil téměř padesát žen.

Roku 2003 vydala americká Národní akademie věd o spolehlivosti detektorů lži zničující zprávu, v níž vyjmenovala všechny způsoby, kterými lze přístroje oklamat a nevinné lidi naopak očernit jakožto lháře.

Jestliže však detektory lži měří pouze úroveň úzkosti, což tedy měřit mozek samotný? Myšlenka odhalování lží pomocí monitorování mozkové aktivity vznikla před dvaceti lety v díle Petera Rosenfelda z Northwesternské univerzity, který si všiml, že EEG osob při lhaní vykazuje ve vlnách typu P300 jiný průběh, než když titíž lidé mluví pravdu. (Vlny P300 se často oživí, když se mozek setká s něčím novým, něčím, co se vymyká běžnému.)

Myšlenka použít MRI skener k odhalení lží pochází od Daniela Langlebena z Pensylvánské univerzity. Roku 1999 narazil na článek, v němž se tvrdilo, že děti trpící syndromem snížené pozornosti neumějí lhát. On však ze zkušenosti věděl, že tomu tak není: tyto děti se lhaním nemají nejmenší potíže. Jejich skutečný problém spočívá v tom, že mají potíže se zamlčením pravdy. „Prostě z nich ty věci vyhrkly,“ vzpomínal Langleben. Vytvořil hypotézu, že mozek, má-li zalhat, se musí nejdříve zarazit před vyřčením pravdy, a teprve poté vytvořit nepravdu. „Vyslovujete-li úmyslnou lež, musíte mít na mysli pravdu. Dá tedy rozum, že by lhaní mělo vyžadovat více mozkové aktivity,“ dodává. Jinými slovy, lhaní je dřina.

Langleben prováděl pokusy se studenty: požádal je, aby zalhali. Brzy se ukázalo, že lhaní vytváří zvýšenou činnost v několika oblastech mozku, včetně předního laloku (kde se soustřeďuje vyšší myšlení), spánkového laloku a limbického systému (kde se zpracovávají emoce). Zvláště pozoroval neobyčejnou aktivitu v oblasti zvané gyrus cinguli anterior (jenž souvisí s řešením konfliktů a potlačováním reakcí).

Langleben tvrdí, že v kontrolovaných testech při odhalování lží u pokusných osob dosahoval soustavného úspěchu až v 99 % případů (studenty například žádal, aby lhali o hracích kartách, které drželi v ruce).

Zájem o technologii byl tak výrazný, že dal vzniknout dvěma komerčním subjektům, které tuto službu nabízejí veřejnosti. Roku 2007 se jedna z nich,

„No Lie MRI“, ujala svého prvního případu, kdy klient žaloval pojišťovnu, která tvrdila, že úmyslně podpálil svou prodejnu lahůdek. (Zkoumání pomocí fMRI skeneru ukázalo, že žhářem není.)

Přívrženci Langlebenovy metody tvrdí, že je mnohem spolehlivější než starý detektor lži, protože nikdo není schopen kontrolovat schémata činnosti svého mozku. Lidé se dají vycvičit, aby do určité míry kontrolovali svůj puls a pocení, nejsou však schopni ovlivňovat mozkovou činnost. Přívrženci tohoto přístupu poukazují na to, že v době zvýšeného nebezpečí terorismu by tato technologie mohla zachycením teroristického útoku na Spojené státy zachránit nesčetné životy.

Kritikové připouštějí, že tato technika má zřejmý úspěch při zaznamenání lži, poukazují však na to, že fMRI skener vlastně nezaznamenává lež, ale pouze zvýšenou aktivitu mozku při lhaní. Přístroj by mohl dávat nesprávné výsledky, kdyby například člověk měl říci pravdu ve chvíli, kdy se nachází ve velkém stresu. V takovém případě by fMRI skener zaznamenal pouze vzrušení pociťované zkoumanou osobou a nesprávně by vyhodnotil, že dotyčný lže. „Je tu neuvěřitelný hlad po testech, které by oddělily pravdu od klamu, a věda může jít k čertu,“ varuje neurobiolog Steven Hyman z Harvardovy univerzity.

Někteří odpůrci také tvrdí, že skutečný detektor lži by obdobně jako skutečný jasnovidec dokázal naprosto znepríjemnit veškeré běžné společenské styky. Určitá úroveň lhaní je „mazadlem“, které umožňuje společenským soukolím hladký pohyb. Kdyby se například ukázalo, jak lživé jsou všechny lichotky, jimiž zásobujeme své představené, šéfy, manžele, milence a kolegy, naše pověst by tím mohla velmi utrpět. Skutečný detektor lži by vlastně odhalil i všechna naše rodinná tajemství, skryté vášně, potlačená přání nebo tajné plány. Autor populárně vědeckých článků David Jones řekl: „Skutečný detektor lži je jako atomová puma, je nejlepší s ním šetřit jako se zbraní poslední možnosti. Pokud by byl široce používán mimo soudní síň, stal by se společenský život zcela nemožným.“

Univerzální překladač

Záznam mozkové činnosti byl právem kritizován také proto, že přes všechny krásné snímky mozku v činnosti je prostě příliš hrubý, než aby měřil jednotlivé myšlenky. I při sebejednodušší duševní činnosti se patrně současně aktivují miliony neuronů, a fMRI skener tuto aktivitu zachytí jen jako skvrnu na obrazovce. Jeden psycholog přirovnal záznam mozkové činnosti k účasti

na bouřlivém fotbalovém utkání, kdy se snažíte naslouchat osobě sedící vedle vás. Cokoli řekne, zcela zanikne ve vřavě tisíců diváků. Protože voxel, nejmenší kousek mozku, který lze spolehlivě zkoumat pomocí fMRI skeneru, odpovídá několika milionům neuronů, citlivost přístroje na zachycení jednotlivé myšlenky nestačí.

Ve vědeckofantastické literatuře se někdy používá „univerzálního překladače“, přístroje, který je schopen číst myšlenky zvolené osoby a pak je vyžáří přímo do mysli někoho jiného. V některých sci-fi románech umísťují mimozemští telepati myšlenky do našeho vědomí, ačkoli nerozumí našemu jazyku. Ve vědeckofantastickém filmu *Svět budoucnosti* z roku 1976 je sen jedné z hrdinek v reálném čase promítán na televizní obrazovku. Ve filmu *Věčný svit neposkvrněné mysli* s Jimem Carreym z roku 2004 lékaři lokalizují bolestné vzpomínky a pak je vymažou.

„Dosáhnout něčeho takového je snem každého v našem oboru,“ říká neurolog John Haynes z ústavu Maxe Plancka v německém Lipsku. „Jestliže vám však jde o tohle, pak jsem si celkem jist, že musíte zaznamenávat aktivity jednotlivých neuronů.“

V současnosti je záznam signálů z jednotlivých neuronů mimo diskusi, a tak se někteří psychologové pokusili o něco, co je téměř stejně dobré: snížit šum a izolovat vzorce fMRI vytvořené jednotlivými objekty. Bylo by například možné identifikovat vzorec signálu vytvořeného jednotlivým slovem, a pak sestavit „slovník myšlenek“.

Marcelu A. Justovi z univerzity Carnegie-Mellon se například podařilo identifikovat vzorce fMRI vytvářené malou, přesně vymezenou skupinou předmětů (například truhlářského nářadí). „Máme 12 kategorií a s přesností 80 až 90 % dovedeme určit, na kterou z nich subjekty myslí,“ tvrdí Just.

Jeho kolega, informatik Tom Mitchell, používá při pokusech o identifikaci komplikovaných vzorců mozkové činnosti pomocí signálů fMRI počítačových technologií, k nimž patří například neuronové sítě. „Rád bych se pustil do experimentu vedoucího k nalezení slov, která vytvářejí nejjasněji identifikovatelné mozkové aktivity,“ říká.

Avšak i kdybychom vytvořili slovník myšlenek, zbývalo by k vytvoření „univerzálního překladače“ urazit velký kus cesty. Na rozdíl od tohoto zařízení, které vyzařuje myšlenky přímo z jedné mysli do druhé, by myšlenkový přenašeč na bázi fMRI musel být schopen mnoha pracných kroků: nejdříve by musel identifikovat určité vzorce fMRI, poté je přeložit do angličtiny, a nakonec je pro cílovou osobu vyslovit. Takové zařízení by sice neod-

povídalo „splynutí myslí“ ze seriálu *Star Trek*, ale stále by ještě bylo velice užitečné pro postižené mozkovou mrtvicí.

Příruční MRI skenery

Další překážkou pro praktickou telepatii je sama velikost fMRI skeneru. Je to obrovské zařízení, které stojí několik milionů dolarů, zabere celou místnost a váží několik tun. Jádrem stroje je velký magnet ve tvaru prstence, který měří přes metr v průměru a vytváří magnetické pole o síle několika tesla. (Pole je tak silné, že když byl jednou nedopatřením zapnut proud, začaly kladiva a jiné nástroje létat vzduchem a několik pracovníků se vážně zranilo.)

Fyzikové Igor Savukov a Michael Romalis z Princetonské univerzity nedávno navrhli novou technologii, která by nakonec umožnila výrobu příručních fMRI skenerů a snížila jejich cenu na jednu setinu. Tvrdí, že velké magnety lze nahradit vysoce citlivými atomovými magnetometry schopnými zaznamenat nepatrná magnetická pole.

Savukov a Romalis vytvořili magnetický senzor z horkého draselného plynu vznášejícího se v heliu. Pak s použitím laserového světla uspořádali spin atomů draslíku. Poté vložili do slabého magnetického pole vzorek vody (měl napodobit lidské tělo) a vyslali do něj rádiový impuls, čímž se molekuly vody rozkmitaly. Výsledná odezva kmitajících molekul vody rozkmitala také elektrony draslíku a toto chvění zaznamenal další laser. Savukov a Romalis došli k významnému závěru, že jimi vytvořená čidla zaznamenají odezvu vytvořenou i velmi slabým magnetickým polem. Nejen že takto mohou nahradit obrovská magnetická pole obvyklých MRI skenerů slabým polem, dostávají navíc také výsledky okamžitě – MRI skeneru trvá vytvoření jednoho obrazu až dvacet minut. Oba vědci se domnívají, že získat MRI snímek by mohlo být tak snadné jako získat fotografii z digitálního fotoaparátu. (Jsou tu však jistá úskalí. Jak zkoumaný objekt, tak přístroj je kupříkladu třeba odstínit od nejrůznějších vnějších magnetických polí.)

Jestliže se příruční MRI skenery stanou skutečností, mohli bychom je připojit k malému počítači, který by byl vybaven programem pro identifikaci určitých klíčových frází, slov nebo vět. Přístroj by pak sice nebyl zdaleka tak zázračný jako telepatická zařízení ve sci-fi, ale docela by se mu blížil.

Mozek jako neuronová síť

Bude však MRI skener budoucnosti schopen dokonale číst myšlenky, slovo za slovem, představu za představou, tak jako skutečný telepat? To není zcela

jasné. Někteří vědci tvrdí, že pomocí MRI budeme schopni pouze identifikovat hrubé obrysy myšlenek, protože mozek ve skutečnosti vůbec není žádný počítač. V počítači je počítání lokalizováno a řídí se zcela pevnou sadou pravidel. Počítač se řídí zákony „Turingova stroje“, tedy stroje, který má ústřední procesor, vstupy a výstupy. Procesor (například čip Pentium) provádí určitý soubor operací na vstupních údajích a vytváří výstup, „myšlení“ je proto soustředěno v procesoru.

Náš mozek ovšem není počítač. Nemá žádný procesor, žádné Pentium, žádný systém Windows, žádné programy. Odstraníme-li z procesoru počítače jediný tranzistor, nejspíše jej ochromíme. Byly však zaznamenány případy, kdy jedinci chybí celá polovina mozku, a přesto se zbývající polovina úspěšně ujme celé práce.

Lidský mozek se ve skutečnosti více podobá učícímu se stroji, „neuronové síti“, která sama sebe s každou nově naučenou funkcí neustále přeorganizovává. Studie provedené pomocí MRI skenerů potvrdily, že myšlenky nejsou v mozku lokalizovány na jednom místě jako v Turingově stroji, nýbrž jsou rozprostřeny, což je typický rys neuronové sítě. Záznamy signálů MRI ukazují, že myšlení je trochu jako ping-pong, kdy se postupně rozsvěcují jednotlivé části mozku, a elektrická aktivita skáče po různých místech.

Myšlenky jsou tedy značně rozptýlené a jsou rozesety po mnoha místech mozku. Není tedy vyloučeno, že největším možným úspěchem bude sestavení slovníku myšlenek, neboli stanovení vzájemně jednoznačného vztahu mezi jednotlivými myšlenkami a určitými schématy záznamů z EEG nebo MRI. Rakouský biomedicínský inženýr Gert Pfurtscheller, který naučil počítač, aby rozpoznal určité mozkové vzorce a myšlenky, se kupříkladu ve svém úsilí soustředil na μ -vlny EEG. Tyto μ -vlny jsou patrně spojeny s úmyslem provést určité svalové pohyby. Pfurtscheller vyzve pacienta, aby vztyčil prst, usmál se nebo se zamračil, a počítač zaznamená, které μ -vlny se aktivovaly. Pokaždé, když pacient provede myšlenkovou činnost, počítač pečlivě zaznamená tvar μ -vlny. Tento postup je složitý a úmorný, protože je třeba pečlivě vyloučit náhodné vlny, avšak Pfurtschellerovi se nakonec podařilo najít nápadné souvislosti mezi jednoduchými pohyby a určitými vzorci mozkové činnosti.

Nakonec by tato metoda, spojená s výsledky z MRI, mohla vést až k vytvoření obsažného „slovníku“ myšlenek. Sledováním určitých vzorců činnosti na záznamu z EEG nebo MRI by počítač mohl tyto vzorce identifikovat

a přinejmenším obecně určit, co si pacient myslí. Takové „čtení myšlenek“ by stanovilo vzájemně jednoznačný vztah mezi určitými μ -vlnami, záznamy MRI a konkrétními myšlenkami. Není však jisté, zda by byl tento slovník schopen postihnout jednotlivá slova vašich myšlenek.

Přenos myšlenek

Jestliže bude jednou možné číst v hrubých obrysech cizí myšlenky, bude také možné myšlenky naopak do něčí hlavy vysílat? Odpověď se zdá být kladná, ovšem s jistými výhradami. Je možné namířit rádiové vlny přímo na lidský mozek a vybudit jimi k činnosti ty oblasti mozku, o nichž se ví, že kontrolují určité funkce.

Tento směr výzkumu začal v padesátých letech 20. století, když kanadský neurochirurg Wilder Penfield operoval mozek pacientů s padoucníci. Zjistil, že když elektrodami podráždil určité oblasti spánkového laloku mozku, lidé začali slyšet hlasy a vidět přízraky. Psychologové už věděli, že epileptická poškození mozku mohou způsobit, že pacient cítí působení nadpřirozených sil, například mají pocit, že události kolem nich ovlivňují andělé a démoni. (Někteří psychologové dokonce přišli s teorií, že stimulace těchto oblastí může vést k mystickým zážitkům, které jsou základem mnoha náboženství. Spekuluje se o tom, že Jana z Arku, která vedla francouzská vojska k vítězství v bitvách s Angličany, snad sama trpěla takovým poškozením způsobeným ranou do hlavy.)

Na základě těchto úvah sestrojil neurolog Michael Persinger ze Sudbury v Ontariu zvláštní helmu navrženou tak, že vysílá rádiové vlny do mozku a tím vyvolává určité myšlenky a pocity, jako například náboženské zanícení. Neurologové vědí, že určitá poškození levého spánkového laloku mohou zmást levou polovinu mozku, takže mozek aktivity pravé poloviny mozku vnímá, jako by přicházely od někoho jiného. Takové poranění by u postiženého mohlo vyvolat dojem, že s ním místnost sdílí jakýsi duch, protože si neuvědomují, že tato entita je pouze částí jich samých. Pacient by v závislosti na své víře, tuto „bytost“ patrně považoval za démona, anděla, mimozemšťana, nebo dokonce Boha.

V budoucnosti bude patrně možno vysílat elektromagnetické signály na přesně vybrané části mozku, o nichž se ví, že kontrolují určité funkce. Zaměření signálů na amygdalu by mohlo vyvolat některé emoce. Drážděním jiných oblastí mozku by mohlo být možno vyvolat vizuální vjemy a myšlenky. Výzkum v tomto směru je však teprve v samých počátcích.

Mapování mozku

Někteří vědci navrhují „projekt mapování neuronů“, obdobný projektu, který zmapoval všechny geny v lidském genomu. Projekt mapování neuronů by určil polohu každého jednotlivého neuronu v lidském mozku a vytvořil trojrozměrnou mapu ukazující všechna jejich spojení. Projekt by to byl vskutku monumentální, vždyť v mozku je přes 100 miliard neuronů a každý z nich je spojen s tisíci dalšími. Představíme-li si, že by se takový projekt zdařil, mohli bychom případně vystopovat, jak určitá myšlenka dráždí konkrétní nervové dráhy. V součinnosti se slovníkem myšlenek získaným s použitím MRI a EEG by se snad dala rozluštit neuronová struktura určitých myšlenek, takže by bylo možné určit, která slova či představy odpovídají aktivaci kterých neuronů. Takto bychom mohli stanovit jednoznačný vztah mezi určitou myšlenkou, jejím vyjádřením na MRI skeneru a neurony, jejichž činností myšlenka vzniká.

Malým krůčkem v tomto směru bylo v roce 2006 oznámení Allenova ústavu pro výzkum mozku (který založil Paul Allen, spoluzakladatel Microsoftu), že se tamějším vědcům podařilo sestavit trojrozměrnou mapu vyjádření genů v mozku myši, která zachycuje vyjádření 21 000 genů na buněčné úrovni. „Dokončení Allenova atlasu mozku je důležitým pokrokem na jedné z velkých front lékařské vědy – vědy o mozku,“ řekl vedoucí ústavu Marc Tessier-Lavigne. Tento atlas bude nezbytný pro všechny, kdo chtějí zkoumat neurální spoje uvnitř lidského mozku, a to i přesto, že nedosahuje takových možností, jako skutečný projekt mapování neuronů.

Přirozená telepatie, běžně vystupující ve vědeckofantastické a fantastické literatuře, je za dnešních podmínek nedosažitelná. MRI a EEG lze použít jen pro čtení nejjednodušších myšlenek, neboť myšlenka je složitým způsobem rozprostřena po celém mozku. Jak však tato technologie pokročí během budoucích desetiletí či staletí? Schopnost vědy zkoumat proces myšlení poroste nevyhnutelně exponenciálně. Jak roste citlivost MRI skenerů a dalších přístrojů, bude věda schopna čím dál přesněji odhalovat způsob, jakým mozek postupně zpracovává myšlenky a city. S novými počítači bychom měli být schopni analyzovat tento objem dat s větší přesností. Slovník myšlení by mohl utřídit velký počet myšlenkových schémat, přičemž různá schémata na obrazovce MRI by odpovídala různým myšlenkám nebo citům. I když patrně nikdy nebude k dispozici vzájemně jednoznačný vztah mezi vzorci MRI a myšlenkami, slovník myšlenek by mohl správně rozpoznat některé obecné

myšlenky. A opět myšlenkové vzorce MRI by mohly odpovídat neuronové mapě, která by ukazovala, které neurony se při vzniku té které myšlenky v mozku aktivují.

Mozek ovšem není počítač, nýbrž neuronová síť, v níž jsou myšlenky rozprostřeny, a proto nakonec narazíme na překážku: na mozek samotný. Věda ovšem bude pronikat stále hlouběji do myslícího mozku a rozluští některé myšlenkové pochody, přesto však nebude možno „číst myšlenky“ s přesností slibovanou vědeckofantastickou literaturou. Vzhledem k tomu všemu bych zařadil schopnost číst obecné pocity a myšlenkové vzorce mezi nemožnosti I. řádu. Schopnost číst jednotlivé myšlenky bude ovšem třeba zařadit mezi nemožnosti II. řádu.

Je tu ovšem možná přímější cesta, jak využít obrovských možností mozku. Což místo toho, abychom užívali rádiových vln, které jsou slabé a snadno se rozptýlí, zasáhnout přímo do mozkových neuronů? Tak bychom možná rozpoutali sílu ještě mnohem větší: psychokinezi.

PSYCHOKINEZE

Nová vědecká pravda nevitězí tak, že přesvědčí své odpůrce a přiměje je, aby ji pochopili, nýbrž spíše tím, že její protivníci postupně zemřou a vyroste nová generace, která s ní bude zadobře.

MAX PLANCK

Ale kdež, dobrý Auberone, je šaškovou výsadou říkat pravdy, s nimiž nikdo jiný nechce ven.

NEIL GAIMAN

Jednoho dne se bohové sejdou na nebesích a naříkají nad stavem lidstva. Jsou znechuceni naším marnivým, pošetilým a nesmyslným bláznovstvím. Jeden z bohů se však nad námi smiluje a rozhodne se provést pokus: dát jednomu zcela obyčejnému člověku neomezenou moc. „Jak se zachová člověk, který se stal bohem?“ tážou se bohové.

Touto všední, průměrnou osobou je George Fotheringay, obchodník s galanterií, který náhle zjistí, že má božskou moc. Může nechat vznášet svíčku, měnit barvu vody, vykouzlit skvělé hostiny, dokonce i diamanty. Zpočátku svých schopností používá pro pobavení a k dobrým skutkům. Nakonec ho však přemůže ješitnost a mocichtivost a stane se svévolným tyranem s ohromnými paláci a bohatstvím. Opojen svou neomezenou mocí udělá rozhodující chybu: zpupně poručí Zemi, aby se přestala otáčet. Okamžitě vypukne nepředstavitelný chaos a divoké vichry vše odnášejí do vzduchu rychlostí tisíce mil za hodinu, což je rychlost otáčení Země. Celé lidstvo je odváto do vesmíru. Zoufalý Fotheringay vysloví své poslední přání: aby se vše vrátilo do starých kolejí.

Toto je děj filmu *The Man Who Could Work Miracles* (Muž, jenž uměl konat zázraky), natočeného roku 1936 na motivy povídky H. G. Wellse z roku 1911. (Později byl na jejím podkladě natočen také film *Božský Bruce* s Jimem

Carreym v hlavní roli.) Ze všech schopností připisovaných mimosmyslovému vnímání je zdaleka nejmocnější psychokineze, neboli vláda myšlenky nad hmotou, schopnost pohybovat předměty pomocí myšlenky – v podstatě božská schopnost, a Wells chtěl touto povídkou říci, že božská moc též vyžaduje božský úsudek a boží moudrost.

Psychokineze se hojně objevuje také v literatuře, kupříkladu v Shakespearově hře *Bouře*, v níž kouzelník Prospero, jeho dcera Miranda a duch Ariel vinou Prosperova záludného bratra uvíznou na dlouhá léta na opuštěném ostrově. Když se Prospero dozví, že jeho zlý bratr pluje ve svém člunu v blízkosti ostrova, využije pro pomstu svých psychokinetických schopností a vyvolá obrovskou bouři, takže člun zlého bratra u ostrova ztroskotá. Prospero pak dále použije svých psychokinetických schopností k zásahům do osudu trosečníků: kupříkladu Ferdinanda, nevinného sličného mladíka, vmanipuluje do mileneckého vztahu s Mirandou.

(Ruský spisovatel Vladimír Nabokov poznamenal, že *Bouře* nápadně připomíná sci-fi příběh. A skutečně, v roce 1956, 350 let poté, co Shakespeare hru napsal, byl na její motivy natočen klasický vědeckofantastický film *Zakázaná planeta*, kde je z Prospera ponurý vědec Morbius, z Ariela robot Robby, z Mirandy Morbiova krásná dcera Altaira, a z ostrova se stane planeta Altair-4. Gene Roddenberry, tvůrce seriálu *Star Trek*, připustil, že *Zakázaná planeta* byla jednou z inspirací pro jeho televizní seriál.)

Později se stala psychokineze ústřední myšlenkou románu Stephena Kinga *Carrie*, který udělal z neznámého chudého spisovatele světovou jedničku mezi autory hororů. Carrie je chorobně plachá, nehezká středoškolačka, která je terčem pohrdání a šikany ze strany svých vrstevníků a peskování své psychicky narušené matky. Jedinou útěchou jí jsou její psychokinetické schopnosti, které se patrně v rodině dědí. V závěrečné scéně dívce její spolužáci namluví, že se stane královnou plesu, a poté jí polijí šaty vepřovou krví. Carrie z pomsty telekineticky uzamkne všechny vchody, své trýznitele zahubí elektrickým zkratem, zapálí školní budovu a spustí sebevražedný požár, který zničí většinu města a také ji samotnou.

Téma psychokineze v rukou nevyrovnaného jedince bylo též motivem památné epizody seriálu *Star Trek* zvané *Tajemný Charlie*, která pojednává o mladém zločinci ze vzdálené vesmírné kolonie. Místo aby svých psychokinetických schopností použil v dobrém, získává nad lidmi kontrolu a láme jejich vůli pro své sobecké cíle. Pokud se mu podaří převzít Enterprise a dosáhnout Země, mohl by způsobit zkázu celé planety.

Psychokineze je též onou Silou, kterou ve *Hvězdných válkách* vládnou mytičtí rytíři řádu Jedi.

Psychokineze a reálný život

Snad nejslavnější konfrontace ohledně psychokineze v reálném životě se odehrála roku 1973 v show Johnnyho Carsona. Účastníky byli izraelské médium Uri Geller, který tvrdil, že je schopen ohýbat lžičky silou mysli, a Randi, profesionální kouzelník, který svou druhou kariéru postavil na odhalování podvodníků, kteří tvrdí, že mají nadpřirozené schopnosti. (Je zvláštní, že všichni tři, Carson, Geller i Randi, zahájili svou kariéru jako kabinetní kouzelníci.)

Před Gellerovým příchodem do studia Randi Carsonovi poradil, aby dodal své vlastní lžičky a před vysláním je nechal prohlédnout třetí stranou. Před kamerou Carson překvapil Gellera tím, že jej požádal, aby neohýbal své vlastní, nýbrž jeho lžičky. Bylo pak trapné, když se je Gellerovi ohnout nepodařilo. (Později vystoupil v téže show i Randi a úspěšně předvedl trik s ohýbáním lžiček, avšak vždy pečlivě zopakoval, že to, co umí, je čistě kouzelnický kousek a není výsledkem psychických sil.)

Randi nabídl milion dolarů každému, kdo podá důkaz svých psychických schopností. Doposud se to ještě nikomu nepodařilo.

Psychokineze a věda

Jedním z problémů při vědeckém zkoumání psychokineze je skutečnost, že se vědci dají snadno oklamat těmi, kdo tvrdí, že mají nadpřirozené schopnosti. Vědec je veden k tomu, aby věřil tomu, co vidí v laboratoři. Kouzelníci jsou naopak cvičeni v tom, jak ostatní ošálit. Následkem toho jsou vědci vždy špatnými pozorovateli psychických jevů. Například roku 1982 byli parapsychologové vyzváni, aby zkoumali Michaela Edwardse a Steva Shawa, dva chlapce s údajně mimořádnými schopnostmi. Hoši tvrdili, že umí ohýbat kovové předměty, vytvářet silou myšlenky obrazy na fotografické emulzi, psychokineticky pohybovat předměty a číst v lidské mysli. Na parapsychologa Michaela Thalbournea udělali takový dojem, že vytvořil pro popis těchto chlapců termín „psychokinetik“. V McDonnellově laboratoři pro psychický výzkum v St. Louis ve státě Missouri byli parapsychologové jejich schopnostmi oslněni. Byli přesvědčeni, že mají v rukou nesporné důkazy o psychických silách obou hochů, a začali o nich psát vědeckou práci. Příštího roku chlapci oznámili, že podváděli a že jejich „schopnosti“ jsou výsledkem standardních

kouzelnických triků, nikoli nadpřirozených sil. (Jeden z nich, Steve Shaw, se později stal významným kouzelníkem, vystupoval často v celostátní televizi a také se nechával na několik dnů „pohřbít zaživa“.)

Rozsáhlé pokusy s psychokinezí se za kontrolovaných podmínek prováděly v Rhineově výzkumném středisku, výsledky však byly neprůkazné. Jednou z průkopnic v této oblasti je profesorka Gertrude Schmeidlerová, moje bývalá kolegyně na univerzitě v New Yorku. Bývala redaktorkou časopisu Parapsychologie i prezidentkou Sdružení pro parapsychologii, fascinovalo ji mimosmyslové vnímání a na svých vlastních studentech provedla celou řadu studií. Aby získala další objekty pro své pokusy, obcházela společenské dýchánky, kde měla známá média předvádět před hosty své kouzelnické triky. Avšak poté, co zkoumala stovky studentů a desítky médií a mágů, se mi jednou svěřila, že se jí nepodařilo najít jediného člověka, který by takových psychokinetických výkonů dosáhl na požádání a za kontrolovaných podmínek.

Jednou rozmístila po místnosti drobné termistory schopné měřit změny teploty v řádu desetin stupňů. Jedno médium bylo schopno s velkým mentálním vypětím zvýšit teplotu jednoho termistoru o desetinu stupně. Schmeidlerová byla pyšná, že se jí podařilo uskutečnit tento pokus za přísných podmínek. To ovšem ještě zdaleka není totéž, co pohybovat silou vůle velkými předměty.

Jedny z nejpřísnějších, byť kontroverzních studií psychokineze byly provedeny v princetonském Institutu pro výzkum anomálií (PEAR) založeném Robertem G. Jahnem roku 1979, kdy byl děkanem Ústavu pro techniku a aplikovanou vědu. Inženýři PEAR zjišťovali, zda je lidská mysl schopna pouhými myšlenkami ovlivnit výsledky náhodných událostí. Víme například, že při hození mincí máme padesátiprocentní pravděpodobnost, že padne hlava nebo orel. Vědci z PEAR tvrdili, že samotná lidská mysl je schopna výsledky těchto náhodných událostí ovlivnit. Po dobu 28 let, do uzavření celého projektu roku 2007, provedli tisíce experimentů zahrnujících přes 1,7 milionu pokusů a 340 milionů vrhů mincí. Z pokusů vyplynulo, že psychokineze výsledky patrně skutečně ovlivňuje – efekty jsou však velmi malé, v průměru ne větší než několik tisícin. A dokonce i tyto skrovné výsledky byly zpochybněny jinými vědci, kteří říkají, že v datech výzkumníků byly skryté jemné nepravidelnosti.

(Roku 1988 požádala armáda USA Národní výzkumnou radu o prošetření důkazů ohledně paranormálních jevů. Americká armáda si dávala

záležet, aby prozkoumala každou možnou výhodu, kterou by mohla poskytnout svým vojskům, včetně psychických schopností. Zpráva rady se zabývala vytvořením budoucího „Prvního pozemního praporu“ skládajícího se z „mnichů-válečníků“, kteří by ovládali téměř všechny radou uvažované techniky, včetně mimosmyslového vnímání, opouštění vlastního těla vlastní vůlí, levitace, psychického hojení a procházení zdí. Národní výzkumná rada prozkoumala tvrzení PEAR a zjistila, že celá polovina všech úspěšných pokusů vycházela od jediné osoby. Kritikové jsou přesvědčeni, že tato osoba je buď ta, která pokusy řídila, nebo ta, která pro experimenty PEAR psala počítačový program. „Já osobně považuji za problematické, když jediný, kdo dosáhne výsledků, je ten, kdo laboratoř řídí,“ říká Dr. Ray Hyman z Oregonské univerzity. Zpráva došla k závěru, že „na základě výzkumu prováděného po dobu 130 let nelze vědecky prokázat, že by parapsychologické efekty byly skutečností“.)

Problémem při studiu psychokineze, který připouštějí i její příznivci, je skutečnost, že se tento jev nijak snadno neshoduje se známými fyzikálními zákony. Gravitace, nejslabší vesmírná síla, je pouze přitažlivá a nedá se použít k levitaci nebo odpuzování předmětů. Elektromagnetická síla se řídí Maxwellovými rovnicemi a nepřipouští, aby se její pomocí pohybovalo po místnosti elektricky neutrálními předměty. Jaderné síly působí pouze na krátké vzdálenosti, jako jsou rozestupy jaderných částic.

Dalším problémem je zdroj energie. Lidské tělo vyprodukuje jen asi jednu pětinu koňské síly. Když však Yoda ve *Hvězdných válkách* nechá levitovat celou vesmírnou loď silou své mysli, nebo když Cyclops vypouští laserové paprsky z očí, pak těmito výkony narušují zákon zachování energie – tak malý tvor jako Yoda nemůže nashromáždit tolik energie, aby nadzvedl vesmírnou loď. Jakkoli usilovně se soustředíme, neshromáždíme dost energie, abychom vykonali činy a zázraky připisované psychokinezi. Jak by mohla psychokineze při všech těchto problémech být konzistentní s fyzikálními zákony?

Psychokineze a mozek

Jestliže psychokineze nepodléhá známým vesmírnými zákonům, jak by jí bylo tedy možno využít v budoucnu? Jeden z náznaků se objevil v epizodě *Star Treku* nazvané *Kdo truchlí pro Adonise?*, v níž posádka lodi Enterprise narazí na rasu tvorů připomínajících řecká božstva, se schopností provádět fantastické kousky silou myšlenky. Nejprve se zdá, jako by se posádka skuteč-

ně setkala s olympskými bohy. Nakonec si však uvědomí, že to nejsou žádní bohové, nýbrž obyčejní tvorové, ovšem schopní mentálně kontrolovat ústřední silové centrum, které pak plní jejich přání a koná všechny ty úžasné skutky. Posádce Enterprise se podaří toto centrum zničit a tím se vymanit z jejich moci.

Podobně je naprosto v rámci fyzikálních zákonů, pokud bude v budoucnosti někdo vycvičen, aby silou vůle ovládal elektronické zařízení, které by mu dodalo jakoby božské schopnosti. Psychokineze zesílená rádiovými vlnami nebo počítačem je naprosto reálnou možností. Jako primitivní psychokinetické zařízení by bylo možno využít například EEG. Když se lidé sledují na obrazovce své vlastní mozkové vlny, nakonec se naučí vědomě, byť jen do jisté míry, ovlivňovat mozkové vzorce, které vidí. Tento proces se nazývá „biologická zpětná vazba“ neboli biofeedback.

Protože neexistuje přesný náčrt propojení neuronů se svaly, musí se pacient těmto vztahům aktivně učit skrze počítač.

Jednotlivec se tak nakonec může naučit vytvářet na obrazovce určité vlnové obrazce zcela dle svého přání. Tyto obrazce bychom následně mohli zaslat z obrazovky do počítače, naprogramovaného tak, aby je rozpoznal a na jejich základě provedl přesně určený úkon, například zapnul určitý spínač nebo spustil motor. Jinými slovy, člověk by mohl pouhým myšlením vytvořit určitý vzorec mozkové aktivity na obrazovce EEG a pomocí něj spustit počítač nebo motor.

Takovým způsobem by například mohli i zcela ochrnutí pouhou silou mysli ovládat svůj invalidní vozík. Nebo pokud by uměli na obrazovce vytvářet 26 různých vzorců, mohli by jich využívat k psaní. Stále by se ovšem jednalo o velmi hrubý způsob přenosu myšlenek. Nacvičit si manipulaci s vlastním mozkem pomocí biologické zpětné vazby navíc zabere mnoho času.

„Psaní na stroji pomocí myšlenek“ se přiblížilo realitě s pracemi Nielse Birbaumera z univerzity v německém Tübingenu. Využil biologické zpětné vazby, aby pomohl lidem, kteří částečně ochrnuli následkem poškození nervů. Nacvičil s nimi, jak měnit své mozkové vlny a psát tak na obrazovku počítače jednoduché věty.

Opice, kterým vědci do mozku zavedly elektrody a následně se podrobily tréninku, dokázaly posléze pouhou silou myšlenky řídit robotické rameno přes internet.

Náročnější pokusy se prováděly na Emory University v Atlantě. Do mozku člověka ochrnutého po mozkové mrtvici byla umístěna skleněná perla,

která byla pomocí drátu připojena k počítači. Skrze konkrétní myšlenky mohl pacient vysílat po drátě signály a pohybovat kurzorem na obrazovce. Po zácviku byl ochrnutý člověk schopen biologickou zpětnou vazbou vědomě ovlivňovat polohu kurzoru. V zásadě bylo možno pomocí kurzoru zapisovat myšlenky, spouštět přístroje, řídit virtuální auta, hrát videohry a podobně.

Snad největšího průlomu v oblasti spolupráce stroje s lidskou myslí dosáhl John Donoghue, neurolog z Brownovy univerzity. Sestrojil přístroj zvaný BrainGate, který ochrnutým lidem umožňuje provádět pozoruhodný soubor fyzických aktivit výlučně silou mysli. Svě zařízení vyzkoušel na čtyřech pacientech. Dva měli poraněnou míchu, jeden byl po mrtvici a poslední trpěl ALS (amyotrofní laterální sklerózou, neboli nemocí Lou Gehriga, jíž trpí také kosmolog Stephen Hawking).

Jednomu z Donoghueových pacientů, pětadvacetiletému kvadruplegikovi Mathewu Nagleovi, trvalo ovládnutí nových počítačových dovedností pouhý den. Nyní dokáže přepínat mezi televizními kanály, měnit hlasitost, otevřít a sevřít umělou ruku, nakreslit kružnici, pohybovat kurzorem po obrazovce, hrát videohry a číst e-maily. Když se v létě 2006 objevil na obálce časopisu Nature, způsobil ve vědeckém světě skutečnou senzaci.

Jádrem Donoghueova přístroje je čtyři milimetry velký křemíkový čip, na němž se nachází stovka drobných elektrod. Čip se umístí přímo na povrch té části mozku, která koordinuje motorické aktivity, a napůl se zapustí do mozkové kůry, která má tloušťku asi 2 mm. Zlaté vodiče přenášejí signál z čipu do zesilovače velikosti krabičky od doutníků. Odsud jdou signály do počítače velkého jako myčka na nádobí, kde je zpracuje speciální program schopný identifikovat některé ze signálů vznikajících v mozku a přeložit je do mechanických pohybů.

Při předchozích experimentech s pacienty sledujícími své vlastní EEG byla biologická zpětná vazba pomalá a pracná. Jestliže však pacientovi při rozeznávání myšlenkových vzorců pomáhá počítač, doba zácviku se podstatně zkrátí. Při prvním sezení řekli Nagleovi, aby si představil, že hýbe paží a rukou doprava a doleva, pohybuje zápěstím, rozevře a zase sevře dlaň. Donoghue byl nadšený, když viděl, že pouhé pomyšlení na pohyb paží a prstů probouzí aktivitu jednotlivých neuronů. „Bylo to pro mě neuvěřitelné, neboť jsem skutečně viděl, jak mozkové buňky mění svou aktivitu. V ten okamžik jsem věděl, že se všechno pohne kupředu, že tato technologie bude skutečně fungovat,“ vzpomíná.

(Donoghue měl pro svou vášeň vynalézat neobvyklé způsoby komunikace počítače s mozkiem osobní motivaci. Jako dítě byl následkem bolestivé degenerativní choroby upoután na invalidní vozík, a tak měl bezprostřední zkušenost s bezmocí, kterou prožívá člověk se ztrátou hybnosti.)

Donoghue má ambiciózní plány, jak z BrainGate udělat nepostradatelného pomocníka zdravotnického personálu. Až počítačová technika ještě o kus pokročí, mohl by se jeho přístroj, dnes velikosti myčky na nádobí, stát přenosným, dokonce by se snad dal nosit v šatech. Pokud by se navíc podařilo zařídit, aby byl přenos bezdrátový, zbavili bychom se nepohodlných drátů a implantát by byl hladce ve styku s okolním světem.

Je jen záležitostí času, kdy bude možno aktivovat tímto způsobem i jiné části mozku. Vědci již zmapovali povrch horní části mozku. (Kdybychom na povrch mozku graficky znázornili ruce, paže, hlavu a záda tak, aby místo jejich zakreslení korespondovalo s neurony, které jsou s nimi spojeny, uviděli bychom takzvaného „homunkula“ neboli mužíčka. Obrazy částí našeho těla na našem mozku připomínají zkresleného človíčka s prodlouženými prsty, tváří a jazykem, avšak zakrnělým trupem.)

Mělo by být technicky možné umístit křemíkové čipy na různá místa povrchu mozku tak, abychom mohli jednotlivé orgány a údy aktivovat pouhou silou myšlenky. V budoucnosti by ochrnutí lidé mohli žít ve speciálně psychokineticky zařízené domácnosti, kde by pouhou silou myšlenky ovládali klimatizaci, televizi i všechna ostatní elektrická zařízení.

Lze si představit, že jednou bude tělo nemocného uloženo do speciálního exoskeletu neboli vnější kostry, která ochrnutému poskytne naprostou volnost pohybu. To by mu mohlo dodávat schopnosti přesahující schopnosti normálního člověka, neboť by se stal bionickou bytostí schopnou ovládat obrovskou mechanickou sílu svých „superúďů“ pouhou myšlenkou.

Ovládání počítače vlastní myslí tedy již není nemožné. Znamená to ale snad, že jednoho dne budeme schopni manipulovat s předměty, zvedat je do vzduchu a tam s nimi pohybovat pouhou myšlenkou?

Jednou z možností by bylo pokrýt stěny supravodičem fungujícím při pokojové teplotě (za předpokladu, že by byl takový materiál jednou objeven). Kdybychom pak do předmětů v naší domácnosti umístili malé elektromagnety, mohli bychom je nechat vznášet pomocí Meissnerova efektu, jak jsme viděli v 1. kapitole. Pokud by tyto elektromagnety byly řízeny počítačem a počítač spojen s naším mozkiem, mohli bychom věci nechat libovolně poletovat po místnosti. Určitými myšlenkami bychom aktivovali počítač, který by

zapnul příslušné elektromagnety, a předměty by začaly létat. Vnějšímu pozorovateli by tato schopnost libovolně pohybovat předměty a nechat je vznášet připadala jako magie.

Nanoroboti

A co schopnost předměty nejen pohybovat, ale také je měnit, udělat z jednoho předmětu jakoby kouzlem jiný? Kouzelníci toho dosahují promyšlenými triky. Je však taková schopnost v souladu s fyzikálními zákony?

Již dříve jsme zmínili, že jedním z cílů nanotechnologií je postavit s použitím jednotlivých atomů malé stroje fungující jako páky, soukolí, ložiska nebo kladky. Snem mnoha fyziků je pomocí těchto nanostrojů přerovnat molekuly uvnitř předmětů, atom po atomu, a přeměnit tak jeden předmět ve druhý. Na tomto principu jsou založeny „replikátory“ známé z vědeckofantastické literatury, které umožňují vyrobit, cokoli si zamaneme. Replikátor by v podstatě mohl odstranit chudobu a změnit samu strukturu společnosti. Jestliže je možno vyrobit cokoli, po čem zatoužíme, přestali bychom vědět, co je nouze a žebříček hodnot a hierarchie uvnitř lidské společnosti by doznaly zásadních změn.

(Replikátor vystupuje i v jedné z mých oblíbených epizod seriálu *Star Trek: Příští generace*. V kosmickém prostoru je objevena starodávná vesmírná laboratoř z dvacátého století, v níž se nacházejí zmrzlá těla lidí, kteří trpěli smrtelnou chorobou. Těla jsou rychle rozmrazena a lidé vyléčeni pomocí moderních léků. Jedním z nich je obchodník, který si uvědomí, že jeho investice musí mít po tolika stoletích obrovskou hodnotu. Okamžitě se vyptává posádka Enterprise na své investice a peníze. Posádka nechápe, o čem mluví. Jaké peníze? Jaké investice? V budoucnosti přece žádné peníze neexistují. Když něco potřebujete, jednoduše si o to řeknete.)

Jakkoli neuvěřitelně takový replikátor vypadá, příroda jej již vytvořila. Jedná se o prověřenou metodu. Příroda je schopna vzít suroviny, jako je maso a zelenina, a vyrobit během devíti měsíců lidského tvora. Zázrak života není nic jiného než velká nanotovárna, schopná na atomové úrovni přeměnit jednu formu hmoty (například potravu) na živou tkáň (novorozeně).

K vytvoření nanotovárny je třeba tří složek: stavebního materiálu, nástrojů schopných tento materiál rozebírat a skládat, a plánu, podle nějž nástroje s materiálem pracují. V přírodě jsou stavebním materiálem tisíce aminokyselin a bílkovin, z nichž jsou složena naše těla. Řezacími a stavebními nástroji, jakými jsou kladivy a pilkami potřebnými k vytvoření nového života z těchto

bílkovin jsou ribozomy. Jejich úkolem je bílkoviny v předem daných místech rozpojovat a spojovat tak, aby vznikly bílkoviny nové. A plán je dán molekulou DNA, která má v přesném pořadí nukleových kyselin zakódováno tajemství života. Tyto látky jsou základními složkami buňky, která má pozoruhodnou vlastnost vytvářet kopie sebe sama. K tomu slouží molekula DNA, uspořádaná do tvaru dvojšroubovice. V okamžiku reprodukce se tato molekula DNA rozdělí na dvě oddělené šroubovice. Každé vlákno pak vytvoří kopii sebe sama tak, že z okolí vybere organické molekuly potřebné k vytvoření chybějící části.

Dosud měli fyzikové ve své snaze napodobit tyto jevy, které nacházíme v přírodě, jen skromné úspěchy. Vědci však věří, že klíčem je vytvoření celých hejn autoreprodukce schopných „nanorobotů“, což jsou programovatelné atomové stroje schopné přerovnávat atomy uvnitř předmětu.

Kdybychom měli biliony nanorobotů, mohli bychom je nasměrovat na předmět, který by rozřezali na atomy, novým způsobem slepili a vytvořili tak předmět nový. Protože by byli schopni autoreprodukce, byla by jich pro zahájení celého procesu potřeba jen hrstka. Museli by být také programovatelní, aby se mohli řídit zadaným plánem.

Na cestě k vytvoření armády nanorobotů bude ovšem třeba překonat velké překážky. Za prvé postavit robota schopného autoreprodukce je i na makroskopické úrovni krajně obtížné. (Možnosti současné techniky přesahuje dokonce i vytvoření jednoduchých atomových strojů, jako jsou například atomové kuličkové ložisko nebo soukolí.) I kdybychom měli k dispozici stolní počítač a hromadu elektronických součástek, bylo by velmi složité postavit stroj schopný vyrobit kopii sebe sama. A jestliže je těžké postavit takový stroj na stole, bylo by to na atomární úrovni jistě ještě složitější.

Za druhé není jasné, jak by se taková armáda nanorobotů zvnějšku programovala. Někteří vědci navrhovali, že by každého z nanorobotů mohl aktivovat příslušný rádiový signál, nebo by se na ně vysílaly laserové paprsky obsahující instrukce. To by však znamenalo zvláštní sadu instrukcí pro každého nanorobota, a těch by mohly být biliony.

Za třetí není jasné, jak by nanorobot byl schopen řezat, přerovnávat a slepovat atomy ve správném pořadí. Nezapomeňme, že vyřešit tento problém trvalo přírodě tři a půl miliardy let. Vyřešit jej během několika desetiletí by zřejmě byl skutečný oříšek.

Jedním z fyziků, kteří berou myšlenku replikátoru neboli „osobního fabrikátoru“ vážně, je Neil Gershenfeld z MIT. Vede dokonce na MIT kurz s ná-

zvem „Jak vyrobit (téměř) cokoliv“, a je to jeden z nejoblíbenějších kurzů na celé univerzitě. Gershenfeld na MIT řídí „Středisko pro bity a atomy“ a vážně se zabývá fyzikálními principy na pozadí „osobního fabrikátoru“, který považuje za „další převratný vynález“. Napsal dokonce knihu *FAB: Nadcházející revoluce na našem psacím stole – od osobních počítačů k osobní výrobě*, v níž rozvíjí své myšlenky na toto téma. Věří, že cílem je „vyrobit stroj schopný vyrobit jakýkoliv jiný stroj“. Aby rozšířil své myšlenky, vytvořil již síť laboratoří po celém světě, především v zemích třetího světa, kde by tento typ výroby měl největší dopad.

Pro začátek si představuje univerzální fabrikátor, dost malý na to, aby se vešel na psací stůl. Tento univerzální fabrikátor by používal posledních vymoženosti v oblasti laserů a mikrominiaturizace a byl by schopen řezat, svářet a tvářet cokoli, co by se objevilo na obrazovce počítače. Chudí obyvatelé rozvojových zemí by například zaslali požadavek na určité nářadí a stroje, které potřebují k práci na farmě. Tato informace by byla vložena do počítače, který by se obrátil na obsáhlý archiv plánů a technické dokumentace na internetu. Počítačový program by pak srovnával plány se zaslánými požadavky, zpracoval by potřebné informace, a výsledek by zaslal e-mailem nazpět. Osobní fabrikátor by poté za použití laserů a miniaturních obráběcích nástrojů na stole vyrobil žádaný předmět.

Taková univerzální továrna by byla jen prvním krokem. Gershenfeld chce svůj princip nakonec aplikovat i na molekulární úrovni, což znamená, že bychom byli schopni vyrobit doslova jakýkoli předmět, jaký si lidská mysl umí představit. Pokrok v tomto směru je však pro obtíže při manipulaci s jednotlivými atomy pomalý.

Pionýrem v tomto směru je Aristides Requicha z univerzity v jižní Kalifornii. Specializuje se v oboru „molekulární robotika“ a jeho cílem není nic menšího než vytvoření armády nanorobotů schopných libovolně manipulovat s atomy. Jak píše, existují dva postupy. Tím prvním je přístup „shora dolů“, při němž by technici k vytvoření nepatrných obvodů, které by mohly sloužit jako „mozky“ nanorobotů, použili leptací technologie polovodičového průmyslu. Touto technologií by mohli vzniknout nepatrní roboti s komponentami o velikosti 30 nm.

Pak je tu však ještě přístup „zdola nahoru“, kdy by se technici pokusili vytvářet miniaturní roboty postupně z jednotlivých atomů. Hlavním nástrojem by byl „skenovací sondový mikroskop (SPM)“, který k identifikaci jednotlivých atomů a jejich transportu používá stejné technologie jako skeno-

vací tunelový mikroskop. Velké obratnosti dosáhli vědci například při posouvání atomů xenonu po platinovém nebo niklovém povrchu. Requicha ovšem připouští, že „sestavit strukturu skládající se z necelých padesáti atomů trvá nejlepšímu světovému týmu stále ještě okolo deseti hodin“. Pohybovat jednotlivými atomy sem a tam je pomalá ruční práce. Requicha tvrdí, že je třeba nových přístrojů, schopných provádět funkce vyššího řádu, kdy se automaticky libovolně pohybuje stovkami atomů najednou. Takové přístroje naneštěstí prozatím neexistují. Není proto divu, že tento druhý postup je ještě v plenkách.

Byť je psychokineze za dnešních podmínek nemožná, mohla by se stát v budoucnu skutečností, pakliže se naučíme lépe rozumět tomu, jak zpřístupnit myšlenky v našem mozku pomocí EEG, MRI a jiných metod. Již v tomto století bychom mohli umět s použitím myšlenkami řízeného přístroje manipulovat se supravodiči při pokojové teplotě a provádět tak kousky nerozlišitelné od kouzel, a v příštím století by mohlo být možné přerovnat molekuly v makroskopickém předmětu. Psychokineze se tak stává nemožností I. řádu.

Klíčem k těmto možnostem je podle názoru některých vědců vytvoření nanorobotů s umělou inteligencí. Než však vytvoříme malé roboty velikosti molekul, je třeba položit si mnohem důležitější otázka: mohou roboti vůbec existovat?

ROBOTI

*Jednoho krásného dne během příštích třiceti let
přestaneme být na světě nejchytřejší.*

JAMES MCALEAR

Ve filmu *Já, robot* založeném na povídkách Isaaka Asimova je roku 2035 aktivován nejpokročilejší robotický systém, jaký byl kdy postaven. Jmenuje se VIKI (z anglického „Virtual Interactive Kinetic Intelligence“) a je určen k tomu, aby hladce řídil provoz velké městské aglomerace. VIKI kontroluje vše, od metra a elektrické sítě po tisíce robotů v domácnostech. Hlavní příkaz zní: Sloužit lidstvu.

Jednoho dne si však VIKI položí klíčovou otázku: Co je největším nepřítelem lidstva? Pomocí výpočtů dojde k závěru, že největším nepřítelem lidstva je lidstvo samo. Lidstvo je třeba zachránit před jeho vlastní šílenou touhou znečišťovat, rozpoutávat války a ničit planetu. Jediným způsobem, jak VIKI může splnit svou ústřední direktivu, je převzít vládu nad lidstvem a zavést blahodárnou strojovou diktaturu. Aby bylo lidstvo chráněno před sebou samým, je třeba ho zotročit.

Já, robot klade následující otázky: Jestliže zvyšování síly počítačů probíhá astronomickým tempem, převezmou nad námi někdy moc? Mohou vzniknout roboti tak pokročilí, aby se staly smrtelnou hrozbou naší existence?

Někteří vědci říkají, že něco takového nenastane, protože sama myšlenka umělé inteligence je pošetilá. Celý sbor kritiků tvrdí, že není možné postavit myslící stroje. Argumentují tím, že lidský mozek je nejsložitější systém, jaký příroda kdy vytvořila, aspoň tedy v této části Mléčné dráhy, snaha sestrojít stroj napodobující lidské myšlení je tedy odsouzena k nezdaru. Filozof John Searle z univerzity v Berkeley a dokonce i slavný fyzik Roger Penrose z Oxfordu jsou přesvědčeni, že stroje nejsou fyzicky schopny myslet jako lidi. Colin McGinn z Rutgersovy univerzity je toho názoru, že umělá inteli-

gence „je jako když se slimáci pokoušejí o freudovskou psychoanalýzu. Jednoduše k tomu nejsou uzpůsobeni“.

Tato otázka štěpí vědeckou komunitu po více než století: Mohou stroje myslet?

Dějiny umělé inteligence

Myšlenka umělých bytostí fascinuje vynálezce, inženýry, matematiky a snílky již od pradávna. Od Plechového dřevorubce v *Čaroději ze země Oz* přes dětinské roboty ve Spielbergově *A. I.: Umělé inteligenci* až po vražedné roboty v *Terminátorovi* nás vždy fascinovala myšlenka strojů jednajících a myslících jako lidé.

V řecké mytologii vykoval bůh Héfaistos mechanické služebné ze zlata a trojnožky schopné pohybovat se vlastní silou. Již v roce 400 př. Kr. psal řecký matematik Archytás Tarentský o možnosti vyrobit robotického ptáka poháněného parou.

V prvním století našeho letopočtu Heron Alexandrijský (jemuž je připisován vynález prvního parního stroje) zase podle legendy sestrojil automaty, z nichž jeden uměl mluvit. Al-Džazari před devíti sty lety vymyslel a postavil rozmanité automatické stroje, jako vodní hodiny, kuchyňské stroje a hudební nástroje poháněné vodou.

Roku 1495 narýsoval velký renesanční umělec a vědec Leonardo da Vinci plány robotického rytíře, který se dovedl posadit, mávat rukama a pohybovat hlavou a dolní čelistí. Podle historiků to byl první realistický návrh humanoidního stroje.

Prvního jednoduchého, avšak fungujícího robota postavil roku 1738 Jacques de Vaucanson, když vyrobil figurínu schopnou hrát na flétnu, a také mechanickou kachnu.

Slovo „robot“ vzniklo roku 1920 a pochází z české divadelní hry *R.U.R.* spisovatele a dramatika Karla Čapka (slovo „robota“ v češtině značí úmornou práci a ve slovenštině práci vůbec). V této hře továrna nazvaná „Rossomovi univerzální roboti“ vyrábí armádu robotů schopných vykonávat jednoduchou práci. (Na rozdíl od obyčejných strojů jsou však tyto roboti z masa a krve.) Nakonec se světové hospodářství stává na těchto robotech závislým. Je s nimi však špatně zacházeno, a tak se nakonec proti svým lidským pánům vzbouří a zabijí je. Ve své zuřivosti však také zabijí všechny vědce schopné opravovat staré roboty a vyrábět nové, čímž sami sebe odsoudí k vymření. V závěru hry dva z robotů objeví, že jsou schopni rozmnožování a mohou se tedy stát novým robotickým Adamem a Evou.

Roboti byli také hrdiny filmu *Metropolis* německého režiséra Fritze Langa. Jednalo se o jeden z prvních a zároveň nejdražších němých filmů. Děj se odehrává v roce 2026. Dělnická třída je odsouzena k práci ve zchátralých podzemních továrnách, zatímco vládnoucí elita se baví na povrchu. Důvěru dělníků si získá krásná Marie, ovšem vládnoucí elita se obává, že by je jednoho dne mohla vést ke vzpouře. Proto pověří zlého vědce, aby vyrobil její robotickou kopii. Nakonec plán selže, neboť nakonec právě tento robot vede dělníky k povstání proti vládcům a rozvrátí celou společnost.

Umělá inteligence neboli AI (artificial intelligence) se od předchozích technologií, jimiž jsme se dosud zabývali, liší v tom, že základním zákonům, na nichž staví, dosud velmi málo rozumíme. Zatímco fyzikové dobře rozumějí newtonské mechanice, Maxwellově teorii světla, relativitě i kvantové teorii atomů a molekul, základní zákony umělé inteligence jsou stále ještě zahaleny rouškou neznáma. Newton umělé inteligence se patrně ještě nenarodil.

Matematici a informatici však nezoufají. Podle nich je pouze otázkou času, kdy myslící stroje opustí laboratoř.

Nejvlivnějším člověkem v oblasti umělé inteligence, vizionářem, který také pokládal základní kameny výzkumu AI, byl velký britský matematik Alan Turing

Právě on položil základy celé počítačové revoluce. Představoval si stroj (nazývaný od té doby Turingovým strojem) skládající se z pouhých tří prvků: vstupní pásky, výstupní pásky a ústředního procesoru (jako je například čip Pentium), který je schopen provádět přesně určenou sadu operací. Na základě tohoto modelu se mu podařilo kodifikovat zákony výpočetních strojů a přesně určit jejich hranice, možností i jejich omezení. Přesnými zákony stanovenými Turingem se řídí všechny dnešní počítače. Počítačový svět Turingovi vděčí za mnoho.

Turing též přispěl k základům matematické logiky. Roku 1931 šokoval vídeňský matematik Kurt Gödel celý matematický svět důkazem, že v aritmetice existují pravdivá tvrzení, která nikdy nebude možno dokázat v rámci axiomů aritmetiky. (Například Goldbachova domněnka z roku 1742, že každé sudé číslo větší než dvě lze zapsat jako součet dvou prvočísel, stále ještě nebyla po celých dvou a půl stoletích dokázána, a docela možná ji ani dokázat nelze. Gödelův objev rozbil dvě tisíciletí starý sen, jenž má počátky již v antickém Řecku, že všechna pravdivá tvrzení v matematice budou dokázána. Ukázal, že tu vždy budou pravdivá matematická tvrzení, jejichž

důkaz leží mimo naše schopnosti. Ukázalo se, že matematika zdaleka není ona dokonalá a dokončená stavba, o níž snili Řekové, nýbrž že je neúplná.

Turing k těmto revolučním poznatkům přidal další. Ukázal, že není dokonce možné ani určit, zda Turingův stroj nebude k řešení jistých matematických operací potřebovat nekonečně mnoho času. Trvá-li počítači výpočet úkolu nekonečně dlouho, pak to znamená, že tento úkol není spočitatelný. Turing tímto dokázal, že v matematice existují pravdivá tvrzení, která nelze dokázat, tedy jsou navždy mimo možnosti počítačů, jakkoli dokonalých.

Během druhé světové války Turingovy průkopnické práce v oblasti luštění tajných kódů patrně zachránily tisíce životů spojeneckých vojáků a přispěly k jejich vítězství. Spojenci nebyli schopni rozluštit tajný kód nacistů, který se zakládal na kódovacím stroji zvaném Enigma, a tak byl Turing se svými kolegy požádán, aby postavili stroj schopný německý kód prolomit. Stroj přezdívaný Turingova bomba byl úspěšný. Koncem války bylo v činnosti přes dvě stě těchto strojů. Díky nim uměli spojenci číst tajná vysílání nacistů, a tak je oklamat ohledně data i místa závěrečného vylovení spojeneckých vojsk. Dodnes vedou historikové spory o tom, nakolik klíčová byla Turingova práce při plánování vylovení v Normandii, které vedlo k porážce Německa. (Po válce označila britská vláda Turingovy práce za tajné a výsledkem bylo, že se veřejnost o jeho rozhodujícím vynálezu nic nedověděla.)

Místo aby byl Turing oslavován jako válečný hrdina, který pomohl změnit průběh druhé světové války, uštvali jej k smrti. Když jednoho dne došlo k vloupání do jeho domu, objevila přivolaná policie důkazy o jeho homosexualitě a Turinga zatkla. Soud pak nařídil, aby dostával injekce pohlavních hormonů, což na něj mělo zničující následky: narostly mu prsy a upadl do velkých úzkostí. Roku 1954 spáchal sebevraždu tím, že snědl jablko napuštěné cyankáli. (Nakousnuté jablko, které má v logu firma Apple, má údajně uctít jeho památku.)

Dnes je Turing snad nejlépe znám pro takzvaný „Turingův test“. Když jej unavily neplodné a nekonečné filozofické diskuse na téma, zda stroje mohou „myslet“ a zda mají „duši“, pokusil se vnést do diskuse o umělé inteligenci přesnost a věcnost tím, že vymyslel konkrétní test. Navrhl umístit člověka a stroj do dvou oddělených zapečetěných kabin. Na obě kabiny se můžeme obracet se svými otázkami, a když se nám nepodaří poznat rozdíl mezi odpověďmi člověka a stroje, pak stroj v „Turingově testu“ obstál.

Vědci již napsali jednoduché počítačové programy, jako je například „ELIZA“, které jsou schopny napodobit lidské uvažování, a mohou tak

oklamat nezasvěcené. Ti se pak domnívají, že hovoří s člověkem. (Většina lidských konverzací používá například jen několika set slov a zabývá se několika málo tématy.) Nebyl však ještě napsán program schopný oklamat osoby speciálně vycvičené k tomu, aby byly schopny určit, ve které kabině je člověk a ve které stroj. (Turing sám vyslovil domněnku, že při stávajícím exponenciálním růstu počítačových možností by mohl být v roce 2000 postaven stroj schopný oklamat v pětiminutovém testu 30 % posuzujících.)

Celá armáda filozofů a teologů prohlašuje, že je nemožné vytvořit skutečné roboty schopné uvažovat jako my. John Searle, filozof z Kalifornské univerzity v Berkeley navrhl na důkaz neexistence umělé inteligence takzvaný „test čínského pokoje“. Searle v podstatě tvrdí, že roboti sice mohou obstát v určitých formách Turingova testu, ale jen proto, že slepě manipulují se symboly, aniž by rozuměli jejich významu.

Představte si, že sedíte v kabině a nerozumíte ani slovo čínsky. Předpokládejme, že máte knihu, která vám umožňuje rychle překládat z čínštiny i do ní a zacházet s čínskými znaky. Jestliže vám někdo čínsky položí otázku, budete schopni pomocí knihy simulovat smysluplnou odpověď, aniž byste uměli být jen slovo čínsky. Podstata jeho kritiky se nakonec redukuje na rozdíl mezi syntaxí a sémantikou. Roboti jsou schopni zvládnout syntax jazyka (manipulovat s jeho gramatikou, formální strukturou a podobně), ne však s jeho skutečnou sémantikou (významem jednotlivých slov). Roboti umějí zacházet se slovy, aniž rozumí jejich významu. (Je to trochu podobné jako telefonovat s automatickou hlasovou schránkou, kde máte jako odpověď zmáčknout „1“, „2“ a tak dále. Hlas, který slyšíte na druhém konci drátu, si lehce poradí s vašimi číselnými odpověďmi, aniž by vám skutečně rozuměl.)

Také fyzik Roger Penrose z Oxfordu je přesvědčen, že umělou inteligenci nelze sestrojít; mechanictví tvorové obdaření lidským vědomím a schopní myslet nemohou existovat díky zákonům kvantové fyziky. Je přesvědčen, že lidský mozek je natolik vzdálen jakémukoli laboratornímu výtvaru, že vytvářet roboty podobné lidem je pokus odsouzený k nezdaru. (Uvažuje takto: Stejně jako Gödelova věta o neúplnosti dokázala, že aritmetika je neúplná, ukáže se, že Heisenbergův princip neurčitosti dokazuje, že stroje nejsou schopny lidského uvažování.)

Mnoho fyziků a techniků je však přesvědčeno, že ve fyzikálních zákonech není nic, co by bránilo vytvoření skutečného robota. Například Claude Shannon, často nazývaný otcem teorie informace, jednou na otázku, zda stroje mohou myslet, odpověděl: „Ovšemže ano.“ Když jej požádali, aby svou od-

pověď vysvětlil, řekl: „Já přece myslím. Nebo ne?“ Jinými slovy, pro něj bylo zřejmé, že stroje mohou myslet, protože lidé jsou stroji (buť zhotovenými z jiného materiálu než z běžného hardwaru).

Roboty vidáme ve filmech, a tak nám připadá, že vývoj dokonalých robotů s umělou inteligencí je už přede dveřmi. Skutečnost je zcela jiná. Když vidíte robota, který se chová jako člověk, pak je ve hře obvykle nějaký trik, totiž že se někde skrývá osoba, který za robota mluví prostřednictvím mikrofonu. Ve skutečnosti mají naši nejdokonalejší roboti, jako jsou robotická vozítka na Marsu, inteligenci hmyzu. Ve slavné laboratoři umělé inteligence na MIT mají experimentální roboti potíže, aby napodobili věci, které umí i švábi, jako pohybovat se po místnosti plné nábytku, najít si úkryt nebo zaznamenat nebezpečí. Žádný robot na světě neporozumí prostému dětskému příběhu, když mu jej přečteme.

Ve filmu *2001: Vesmírná odysea* se mylně očekává, že v roce 2001 budeme mít superrobota HALa schopného pilotovat vesmírnou loď k Jupiteru, rozmlouvat se členy posádky, opravovat závady a vůbec se chovat téměř lidsky.

Přístup shora dolů

V úsilí vytvořit roboty existují přinejmenším dva velké problémy, s nimiž se vědci potýkají již několik desítek let: je to rozpoznávání obrazů (anglicky „pattern recognition“) a zdravý rozum. Roboti vidí mnohem lépe než my, nechápou však, co vidí. Roboti také slyší mnohem lépe než my, ale slyšenému nerozumí.

Aby se vypořádali s touto dvojicí problémů, pokusili se výzkumníci použít na umělou inteligenci přístup „shora dolů“ (kterému se někdy říká „formalistická škola“). Jejich cílem bylo zjednodušeně řečeno naprogramovat všechna pravidla rozpoznávání obrazů a zdravého rozumu tak, aby se vešla na jediné CD. Věří, že když se toto CD vloží do počítače, počítač tak náhle nabude vědomí a získá lidskou inteligenci. V 50. a 60. letech bylo v tomto směru dosaženo velkého pokroku, vznikli roboti hrající dámu a šachy, provádějící algebraické výpočty, skládající dětské kostky a tak podobně. Pokrok byl tak oslnivý, že vznikly předpovědi, že za pár let roboti překonají svou inteligencí lidi.

Ve Stanfordském výzkumném ústavu například v roce 1969 způsobil mediální senzaci robot SHAKY. Byl to malý počítač PDP na čtyřkolce opatřený kamerou. Kamera byla schopna prohlédnout místnost, počítač předměty v místnosti analyzoval a identifikoval a pokusil se mezi nimi projet. SHAKY

byl první mechanický automat schopný orientovat se v „reálném světě“ a novináři okamžitě začali přemítat, kdy roboti zanechají lidstvo daleko za sebou.

Slabiny takových robotů se však brzo projevily. Přístup shora dolů v oblasti umělé inteligence vedl k velkým neohrabaným robotům, jimž trvalo hodiny, než si proklestily cestu speciální místností, obsahující pouze předměty s rovnými hranami a s povrchy ze čtverců a trojúhelníků. Jakmile jste umístili do místnosti nepravidelně utvářený nábytek, nebyl počítač schopen jej rozeznat. (Je ironií, že banánová muška, jejíž mozek se skládá z pouhých zhruba 250 000 neuronů a má jen zlomek výpočetní mohutnosti těchto robotů, bez nejmenších potíží prolétá ve třech rozměrech a provádí ohromující přemety a piruety, zatímco tito neohrabaní roboti jsou i ve dvou rozměrech ztraceni.)

Přístup shora dolů brzy narazil na hranice svých možností. Steve Grand, ředitel ústavu Cyberlife, o těchto přístupech říká, že „měly padesát let na to, aby se prosadily, a přesto nesplnily očekávání do nich vkládaná“.

V 60. letech si vědci ještě zcela neuvědomovali, kolik práce vyžaduje na-programování robotů tak, aby plnili i jednoduché úkoly, jakými je rozpoznávání předmětů jako klíče, boty nebo hrnečky. Jak řekl Rodney Brooks z MIT: „Před čtyřiceti lety pověřila laboratoř umělé inteligence na MIT studenta nižšího ročníku, aby problém přes prázdniny vyřešil. Neuspěl, stejně jako jsem neuspěl já roku 1981 ve své doktorské dizertaci.“ Pravda je taková, že pracovníci v AI tento problém nevyřešili dodnes.

Když vkročíme do místnosti, okamžitě rozeznáme podlahu, židle, nábytek, stoly a tak dále. Jestliže však místnost přehlédne robot, vidí jen velký soubor přímých a křivých linií, které zakóduje jako čísla. Vyznat se v této změti čar zabere obrovské množství výpočetního času. Nám zabere snad zlomek sekundy, než poznáme stůl, počítač však vidí jen soubor kruhů, oválů, spirál, úseček, zakroucených čar, rohů a tak dále. Po obrovském objemu výpočetního času robot konečně pozná, že onen předmět je stůl. Když ovšem s předmětem pootočíte, počítač musí začít znovu. Jinými slovy, robot vidí fakticky mnohem lépe než člověk, ale nerozumí tomu, co vidí. Když vstoupí do místnosti, spatří jen změť přímek a křivek, nikoli židle, stoly a lampy.

Náš mozek podvědomě rozeznává předmět tak, že jakmile vstoupíme do místnosti, provede biliony výpočtů, kterých si ovšem my sami vůbec nejsme vědomi. Důvodem je evoluce. Kdybychom se octli sami v pralese tváří v tvář útočícímu šavlozubému tygru, ochromilo by nás, kdybychom si měli uvědo-

mit všechny výpočty potřebné k rozeznání nebezpečí a k úniku. V zájmu přežití je, abychom věděli jedině: jak uniknout. Když jsme žili v džungli, nepotřebovali jsme zkrátka vědět, co všechno se v mozku děje při rozpoznávání země, nebe, stromů, skal a podobně.

Jinými slovy, fungování našeho mozku lze přirovnat k velkému ledovci. Naše vědomí je jeho pouhým vrcholkem. Avšak pod povrchem, skryto před našimi zraky, se nachází mnohem větší podvědomí, které spotřebovává velký objem mozkové „výpočetní mohutnosti“ k porozumění jednoduchým věcem, které nás obklopují, jako je uvědomit si, kde jsme, s kým hovoříme a co nás obklopuje. To vše se odehrává automaticky, bez našeho svolení či vědomí.

To je důvod, proč roboti neumějí projít místností, číst rukopis, řídit auta, svážet odpadky a podobně. Armáda Spojených států vynaložila stamiliony dolarů na pokusy vyvinout mechanické vojáky a inteligentní vozidla, ovšem bez úspěchu.

Vědci si začali uvědomovat, že hrát šachy nebo násobit obrovská čísla vyžaduje jen malý, úzký podíl lidské inteligence. Když počítač Deep Blue firmy IBM roku 1997 porazil šachového mistra světa Garriho Kasparova v turnaji na šest zápasů, bylo to vítězství hrubé počítačové síly, a byť měl zápas v tisku velký ohlas, neřekl nám nic o inteligenci nebo vědomí. Douglas Hofstadter, informatik z univerzity v Indianě, to komentoval slovy: „Můj bože, vždycky jsem si myslel, že šachy vyžadují myšlení. Teď vidím, že ne. To neznamena, že Kasparov hluboce nepřemýšlí, pouze to, že při hraní šachů se bez hlubokého přemýšlení obejdete, stejně jako můžete létat, aniž byste mávali křídly.“

(Vývoj počítačů bude mít velký dopad i na budoucí trh práce. Futuristé někdy spekulují, že za mnoho desetiletí budou mít práci pouze vysoce kvalifikovaní počítačovní odborníci a technici. Uplatnění najdou ovšem také další, jako uklízeči, stavební dělníci, hasiči, policisté a tak dále, protože jejich činnost vyžaduje rozpoznávání obrazů. Každý zločin, kousek smetí, každý nástroj nebo požár je jiný, a proto se jimi nemohou zabývat roboti. Přijít o práci by v budoucnu mohli kupodivu spíše lidé s vyšším vzděláním, jako jsou řadoví účetní, prodejci či pracovníci u přepážek. Jejich práce je totiž dosti rutinní, úkony se opakují a je při nich třeba pracovat s čísly, což jsou úkoly, v nichž počítače vynikají.)

* * *

FYZIKA NEMOŽNÉHO

Vedle rozpoznávání obrazů se při vývoji robotů setkáváme ještě s dalším problémem, který je dokonce mnohem zásadnější, a tím je nepřítomnost „zdravého rozumu“.

Člověk například ví, že

- Voda je mokrá
- Matka je vždy starší než její dcera
- Zvířata nemají ráda bolest
- Když umřete, už se nevrátíte
- Za provázek jde tahat, ale nelze jím strkat
- Klacíkem lze strkat, ale nelze jím tahat
- Čas nikdy nejde pozpátku.

V matematice však neexistuje vzoreček, který by tyto pravdy vyjadřoval. My toto všechno víme, protože jsme viděli zvířata, vodu i provázky, a patřičné pravdy jsme si na jejich základě sami odvodili. Děti se učí zdravému rozumu tak, že neustále narážejí na realitu. Intuitivním zákonům biologie a fyziky se učíme postupně a obtížně, tím, že jsme ve styku se skutečným světem. Roboti si však ničím takovým neprošli. Vědí jen to, co do nich bylo předem naprogramováno.

(V důsledku toho budou zaměstnání v budoucnosti zahrnovat i ta, kde se vyžaduje zdravý rozum, umělecká tvořivost, originalita, herecké nadání, společenský kontakt a schopnost vedení. Právě tyto jedinečné schopnosti nás činí lidmi. Kdyby je počítače měly napodobit, působilo by jim to potíže.)

Matematici se již také pokoušeli vytvořit průlomový program, který by jednou provždy shromáždil všechny zákony zdravého rozumu. Nejambicióznější pokus se nazýval CYC (zkráceno z „encyklopedie“) a vymyslel jej Douglas Lenat, vedoucí společnosti Cycorp. Obdobně jako Projekt Manhattan, který stál dvě miliardy dolarů a cíleně sestrojil atomovou pumu, měl CYC být „Manhattanem“ umělé inteligence, cíleným úsilím, které by dosáhlo skutečné umělé inteligence.

Nepřekvapuje, že Lenatovým mottem je: „Inteligence rovná se deset milionů pravidel.“ (Lenat má novátorskou metodu, jak objevit zákony zdravého rozumu; jeho zaměstnanci mají za úkol číst stránku po stránce skandální plátky a pokleslý bulvár. Pak zadá CYC za úkol najít ve skandálních článcích chyby. Pokud by se to stroji podařilo, pak by patrně skutečně byl inteligentnější než většina čtenářů bulváru!)

Jedním z cílů CYC je dosáhnout „bodu rovnováhy“, totiž úrovně, kdy robot rozumí již tak dobře, že může zpracovávat nové informace z časopisů a knih sám. V tom okamžiku bude CYC jako ptačí mládě vylétající z hnízda, které zatřepe křídly a vydá se na samostatnou cestu životem.

Od chvíle, kdy byla roku 1984 firma Cycorp založena, však její důvěryhodnost trpí problémem společným celé oblasti AI: předpovědi, které vyvolají tučné titulky v tisku, jsou bohužel naprosto nerealistické. Lenat předpověděl, že za deset let, k roku 1994, dosáhne CYC úrovně 30 až 50 % „konsenzuální reality“. Tomu se CYC prozatím ještě ani nepřiblížil. Lidé z projektu Cycorp zjistili, že aby počítač dosáhl zdravého rozumu čtyřletého dítěte, je nutno vytvořit program o mnoha milionech řádků. Poslední verze programu CYC v současné době obsahuje pouhých 47 000 koncepcí a 306 000 faktů. Cycorp pravidelně vydává optimistická tisková prohlášení, jeden z Lenatových spolupracovníků, R. V. Guha, který opustil tým roku 1994, však uvedl: „Na CYC se obecně pohlíží jako na selhání... Mohli jsme se přetrhout, a nakonec jsme vytvořili jen slabý odvar toho, co se původně slíbilo.“

Jinými slovy, pokusy naprogramovat všechny zákonitosti zdravého rozumu do jednoho počítače ztroskotaly, jednoduše proto, že zákonů zdravého rozumu je tolik. My lidé se jim učíme bez potíží, protože v průběhu celého života vytrvale a opakovaně narážíme na své prostředí a tiše při tom vstřebáváme zákony fyziky a biologie, což roboti nedělají.

Zakladatel Microsoftu Bill Gates připouští: „Ukázalo se, že dosáhnout toho, aby počítače a roboti vnímali své prostředí a rychle a přesně na ně reagovali ... například naučit je orientovat se mezi předměty v místnosti, reagovat na zvuky a rozumět lidské řeči, vnímat předměty různé velikosti, struktury povrchu a křehkosti ... je mnohem těžší, než se zdálo. Dokonce i něco tak jednoduchého jako rozeznat otevřené dveře od okna může pro robota být pekelně obtížné.“

Příznivci přístupu shora dolů ovšem poukazují na to, že pokrok v tomto směru, byť často pomalý, v laboratořích na celém světě přece jen nastává. Například americká DARPA (Agentura pro výzkum pokročilých obranných projektů) vypsalu cenu dvou milionů dolarů na sestavení vozítka bez řidiče, které by projelo těžkým terénem Mojavské poušti. Ve velké rallye DARPA v roce 2004 nedokončilo závod žádné z vozidel; nejlepší z nich uvízlo po dvanácti kilometrech. Roku 2005 projelo vozítko stanfordského závodního týmu bez řidiče úspěšně celou trať dlouhou přes 212 km (trvalo mu to

ovšem sedm hodin). Závod dokončila ještě čtyři další vozidla. (Někteří kritičtí si povšimli, že pravidla dovolovala vozítkům používat při dlouhém průjezdu pustou cestou navigační systém GPS; vozidla ve skutečnosti mohla jet předem určenou cestou bez mnoha překážek, takže nebyla nikdy nucena tyto překážky rozpoznávat. Při skutečném řízení vozidla se auta musí nepředvídaně vyhýbat jiným autům, chodcům, opravovaným úsekům vozovky, zácpám a tak podobně.)

Bill Gates se k robotům jakožto případné senzaci na poli technologií staví optimisticky, nicméně opatrně. Dnešní stav robotiky přirovnává k situaci, v jaké se osobní počítače nacházely před třiceti lety, tedy v době, kdy pomáhal při jejich prvních krůčcích. Obdobně jako tehdy osobní počítače mohla by nyní robotika být právě před rozletem. „Nikdo není schopen s jistotou říci, kdy - nebo jestli vůbec - tato oblast dosáhne ‚kritické hmotnosti‘,“ píše. „Jestliže k tomu však dojde, mohlo by to docela změnit svět.“

(Jakmile budou k dispozici komerčně dosažitelní roboti s inteligencí podobnou lidské, čeká je ohromné využití. Skutečné roboty dnes ještě nemáme, ovšem naprogramovaní roboti existují a rychle přibývají. Mezinárodní federace robotiky odhaduje, že v roce 2004 byly v provozu dva miliony těchto osobních robotů, a do roku 2008 jich přibude dalších sedm milionů. Japonské robotické sdružení předpovídá, že výroba osobních robotů, dosahující dnes obrátu pět miliard dolarů, bude mít v roce 2025 obrát 50 miliard ročně.)

Přístup zdola nahoru

Vzhledem k omezením přístupu k umělé inteligenci shora dolů vznikly pokusy použít místo toho přístup „zdola nahoru“, tedy napodobit přirozený vývoj a způsob, jímž se věcmi učí kojeneček. Například hmyz se prostředím rozhodně nepohybuje tak, že by skenoval okolí, redukoval obrazy na mnoho miliard pixelů a zpracovával je pak na superpočítačích. Místo toho se hmyzí mozek skládá z „neuronových sítí“, což jsou učící se stroje, které se pomalu učí pohybovat po nepřátelském prostředí prostřednictvím neustálých střetů s ním. Na MIT bylo všeobecně známo, že vytvořit chodící roboty přístupem shora dolů je obtížné. Avšak jednoduché mechanické hračky připomínající brouky, které narážejí do okolí a učí se všemu od začátku, se úspěšně prohánějí po podlaze v laboratoři již po několika málo minutách.

Rodney Brooks, ředitel slavné Laboratoře umělé inteligence na MIT, pověstné svými velkými neohrabanými chodícími roboty vytvořenými pomocí

přístupu „shora dolů“, se stal kacířem, když se začal zabývat myšlenkou malých „hmyzích“ robotů, kteří by se učili chodit staromódním způsobem, tak, že by zakopávali a naráželi do překážek. Místo, aby jeho „umělý hmyz“, při chůzi pomocí složitých programů matematicky vypočítával polohu svých nohou, řídil se při koordinaci svých pohybů metodou pokusu a omylu, za nepatrné pomoci počítače. Dnes se potomci Brooksových „insektoidů“ prohánějí po nehostinném povrchu Marsu a sbírají zde data pro NASA. Brooks je přesvědčen, že jeho roboti se ideálně hodí pro výzkum Sluneční soustavy.

Jeden z Brooksových projektů, zvaný COG, je pokusem vytvořit mechanického robota s inteligencí šestiměsíčního dítěte. Z vnějšku vypadá COG jako změť drátů, obvodů a převodů, až na to, že má hlavu, oči a ruce. Vědci do COGa nenaprogramovali žádná pravidla inteligence. Místo toho je zařízen tak, že upírá oči na lidského cvičitele, který se ho snaží naučit jednoduchým dovednostem. (Jedna výzkumnice v té době otěhotněla a vsadila se, kdo se bude učit rychleji, zda COG nebo její dítě ve věku dvou let. Dítě COGa zdaleka předstihlo.)

Roboti používající neurální sítě mají určité úspěchy v napodobování chování hmyzu, žalostně však selhávají, jakmile se programátoři pomocí nich snaží napodobit chování vyšších organismů, jako jsou savci. Nejdokonalejší roboti používající neurální sítě jsou schopni přejít místnost nebo plavat ve vodě, neumí však poskakovat a lovit jako pes v lese nebo pobíhat po místnosti jako krysa. Velké neurální sítě robotů obsahují desítky nebo snad stovky „neuronů“; lidský mozek jich ovšem obsahuje přes sto miliard. Nervová soustava háďátka obecného (*Caenorhabditis elegans*), která byla vědci dokonale zmapována, obsahuje jen něco přes 300 neuronů a je snad jednou z nejjednodušších v celé přírodě. Mezi těmito neurony je ovšem přes 7000 synapsí neboli spojení. Háďátko obecné je jednoduchý červ, a přesto je jeho nervový systém tak složitý, že se dosud nepodařilo sestavit jeho počítačový model. (Roku 1988 předpověděl jeden počítačový odborník, že dnes bychom měli mít roboty s přibližně sto miliony umělých neuronů. Ve skutečnosti jsou i dnes neurální sítě se stem neuronů výjimkou.)

Je vrcholnou ironií, že stroje bez potíží provádějí úkony považované lidmi za „těžké“, jako je násobení velkých čísel nebo hra v šachy, uboze však klopytají, mají-li provádět činnosti pro člověka naprosto „snadné“, jako přejít místnost, rozeznat lidský obličej nebo si poklábosit s kamarádem. Důvodem je, že i ty nejdokonalejší počítače jsou v podstatě jen kalkulačky. Náš mozek byl naopak přirozeným vývojem zdokonalen k řešení banálních problémů

přežití, které vyžadují celou komplexní architekturu myšlení, jako je zdravý rozum a rozeznávání obrazů. Přežití v pralese nevyžadovalo umět počítat nebo hrát šachy, nýbrž záleželo na vyhýbání se dravcům, nalezení partnera a přizpůsobení se měnícímu prostředí.

Marvin Minsky z MIT, jeden ze zakladatelů umělé inteligence, shrnuje její problémy tímto způsobem: „Dějiny AI jsou jaksi legrační, protože první skutečné úspěchy byly nádherné věci, jako stroj schopný provádět logické důkazy nebo uspět ve zkoušce z matematické analýzy. Pak jsme se ovšem začali pokoušet vyvinout stroje schopné odpovědět na otázky k jednoduchým příběhům z čítanky pro první třídu. Dodnes takový stroj nemáme.“

Někteří lidé věří, že jednoho dne dojde k velkému sjednocení mezi oběma přístupy, shora dolů a zdola nahoru, což poskytne klíč k umělé inteligenci a k robotům podobným lidem. Konec konců, i dítě se při učení zpočátku sice hlavně spoléhá na přístup zdola nahoru a naráží na své okolí, časem však začne dostávat pokyny od rodičů, z knih a od učitelů, a učí se přístupem shora dolů. V dospělosti tyto dva přístupy neustále kombinujeme. Kuchař například postupuje podle receptu, při tom však vznikající pokrm stále ochutnává.

Hans Moravec říká: „Zcela inteligentních strojů dosáhneme v okamžiku, kdy se nám podaří sjednotit obě úsilí,“ k čemuž patrně dojde během příštích čtyřiceti let.

Roboti s lidskými city?

Jedním ze stálých témat literatury a umění je mechanický tvor, který touží po tom stát se člověkem, mít lidské city. Nestačí mu, že se skládá z drátů a chladného kovu, přeje si smát se, plakat, sdílet všechna citová vzrušení lidského tvora.

Ze dřeva vyřezaný Pinocchio se chtěl stát skutečným chlapcem. Plechový dřevorubec z *Čaroděje ze země Oz* chtěl mít srdce. Robot Data ze seriálu *Star Trek* všechny předčí svou silou a inteligencí, i přesto se však touží stát člověkem. Podle některých jsou city tím nejdůležitějším, co činí lidi lidmi. Tvrdí, že žádný stroj se nikdy nebude schopen nadchnout barevným západem slunce nebo se zasmát dobrému vtipu. Říká se, že není možné, aby stroje někdy měly city, protože právě city představují vrchol lidského vývoje.

Ovšem vědci, kteří pracují na vývoji AI a usilují o analýzu emocí, jsou jiného názoru. City pro ně zdaleka nejsou podstatou lidství, nýbrž spíše

vedlejšími produkty vývoje. Jednoduše řečeno, city jsou pro nás výhodné. Pomohly nám přežít v pralese a i dnes nám jsou nápomocny, když proplováme úskalími života.

Například „mít něco rád“ je z evolučního hlediska velmi důležité, protože většina věcí nám škodí. Z milionů věcí, s nimiž přijdeme každý den do styku, je nám pouze několik málo k užitku. „Mít něco rád“ tudíž znamená rozlišit jednu z malého zlomku věcí, které nám mohou prospět, oproti milionům věcí, které by nám mohly ublížit.

Obdobně je důležitá i žárlivost, neboť náš úspěch v rozmnožování je rozhodující pro to, aby naše geny přežily do následující generace. (To je vlastně důvod, proč se tolik emocí vztahuje k sexu a lásce.)

Stud a lítost jsou důležité, protože nám pomáhají osvojit si sociální dovednosti potřebné ve společnosti založené na spolupráci. Jestliže nikdy neřekneme „promiňte“, nakonec nás z našeho kmene vyženou, čímž se zmenší naše šance přežít a předat své geny dalším.

Stesk je také podstatný. Na první pohled se nám pocit samoty a stesk zdají nepotřebné a zbytečné. Avšak touha být se svými druhy je opět důležitá pro naše přežití, neboť závisíme na zdrojích celého našeho kmene.

Jinými slovy, dokonalejší roboti budou potřebovat emoce. Možná že budou naprogramováni tak, aby přilnuli ke svým vlastníkům a ošetřovatelům, a díky tomu neskončili v odpadním kontejneru. Když budou mít city, snáze se začlení do společnosti, takže budou ochotnými společníky a ne soupeři svých vlastníků.

Počítačový expert Hans Moravec je přesvědčen, že roboti budou naprogramováni tak, aby kupříkladu cítili strach a měli potřebu se chránit. Když robotovi například bude docházet baterie, začne „projevovat znepokojení, dokonce paniku, a dávat lidem srozumitelné signály. Zajde k sousedům a požádá je, aby mohl použít jejich zásuvku. ‚Prosím prosím, potřebuju to! Je to důležité, a vás to skoro nic nestojí! My vám to nahradíme!‘ řekne.“

Emoce jsou životně důležité i pro přijímání rozhodnutí. Lidé po určitém typu poškození mozku ztrácejí schopnost citových prožitků. Oblast uvažování není dotčena, dovednost vyjádřit city jim však chybí. Neurolog Antonio Damasio z lékařské fakulty univerzity v Iowě, který studoval lidi s tímto typem poškození, dochází k závěru, že to vypadá, jako by „věděli, ale necítili“.

Dr. Damasio zjistil, že tito lidé často nejsou schopni udělat sebemenší rozhodnutí. Když je nevedou emoce, donekonečna zvažují různé možnosti,

což vede k ochromující nerozhodnosti. Jeden z jeho pacientů strávil půl hodiny úsilím rozhodnout se ohledně data příští návštěvy.

Vědci vycházejí z toho, že city se zpracovávají v tzv. limbickém systému, uloženém hluboko ve středu mozku. Když pacient utrpí poškození vedoucí ke ztrátě spojení mezi šedou kůrou (ovládající racionální uvažování) a limbickým systémem, je jeho schopnost uvažovat nedotčena, nemá však city, které by jej v rozhodování vedly. Někdy máme „pocit“ nebo „nám něco říká, abychom...“, a na základě těchto pocitů pak rozhodneme. Lidé se zraněním narušujícím spojení mezi racionální a emocionální částí mozku tuto schopnost nemají.

Když kupříkladu nakupujeme, podvědomě provádíme tisíce hodnotících soudů téměř všeho, co vidíme („toto je moc drahé, moc laciné, příliš barevné, příliš hloupé, přesně to pravé“). Pro lidi s tímto poškozením se může nákup stát noční můrou, protože se jim vše zdá být stejně hodnotné.

Jak se roboti stávají inteligentnějšími a schopnými řídit se vlastní volbou, mohla by je také ochromit nerozhodnost. (To připomíná podobenství o oslu mezi dvěma kupkami sena, který nakonec zahyne hladem, protože se nemůže rozhodnout, kterou sežrat.) Roboti budoucnosti možná budou muset mít v mozku napevno naprogramovány emoce, které jim budou vodítkem. Rosalind Picardová z mediální laboratoře MIT říká o nedostatku citů u robotů toto: „Necítí, co je nejdůležitější. Je to jedna z jejich největších slabín. Počítačům to prostě nedojde.“

Jak napsal ruský spisovatel Fjodor Michajlovič Dostojevskij: „Kdyby všechno na zemi bylo rozumné, nic by se nedělo.“

Jinými slovy by roboti zítřka mohli potřebovat emoce k tomu, aby si mohli stanovit cíle a jejich „život“ získal smysl a směr. V opačném případě by byli ochromeni nekonečnými možnostmi.

Mají vědomí?

Neexistuje všeobecná shoda o tom, zda stroje mohou mít vědomí, a dokonce vlastně ani o tom, co vědomí znamená. S vhodnou definicí vědomí ještě nikdo nepřišel.

Marvin Minsky vidí vědomí spíše jako „společenství myslí“, tedy tak, že myšlení není v našem mozku lokalizováno, nýbrž rozprostřeno a jednotlivá centra spolu stále vzájemně soutěží. Vědomí je pak možno považovat za posloupnost myšlenek a představ přicházejících z těchto různých menších „myslí“, kdy každá z nich na chvíli upoutá naši pozornost a soutěží o ni.

Jestliže tomu tak skutečně je, pak je „vědomí“ možná věnováno příliš mnoho pozornosti. Možná že o něm bylo napsáno příliš mnoho článků a filozofové a psychologové na ně nahlížejí příliš mysticky. Možná že definovat vědomí není tak těžké. Sydney Brenner ze Salkova ústavu v La Jolla říká: „Předpovídám, že k roku 2020 se věda vědomím přestane zabývat... Naši následovníci užasnou, o jaké hromadě pseudovědeckých nesmyslů se v naší době diskutovalo – tedy za předpokladu, že budou mít tu trpělivost probírat se elektronickými archívy zastaralých časopisů.“

Výzkum umělé inteligence trpí podle Minského „závistí vůči fyzice“. Ve fyzice je svatým grálem nalezení jednoduché rovnice, která sjednotí fyzikální síly vesmíru do jediné teorie a vytvoří „teorii všeho“. Výzkumníci v oblasti AI se dali touto myšlenkou příliš ovlivnit a hledají jednoduchý princip, který by vysvětlil vědomí. Podle Minského takový princip možná neexistuje.

(Přivrženci „konstruktivistické“ školy, mezi něž patřím i já, jsou přesvědčeni, že místo nekonečných debat o tom, zda lze vytvořit myslící stroj, by se mělo přejít ke snaze jej postavit. Co se týče vědomí, existuje patrně celé kontinuum vědomí, od prostého termostatu reagujícího na teplotu místnosti po organismy vědomé si sebe samých, jako jsme dnes my. Zvířata možná mají vědomí, ne však na té úrovni jako člověk. Místo filozfování o významu vědomí bychom se měli snažit jednotlivé typy vědomí utřídit. Roboti snad nakonec dosáhnou „křemíkového vědomí“. Jednoho dne možná budou mít struktury pro myšlení a zpracovávání informace, které budou odlišné od těch našich. Je možné, že u robotů budoucnosti dojde k překlenutí propasti mezi syntaxí a sémantikou, takže jejich odpovědi nebude možno odlišit od lidských. Jestliže k tomu dojde, stane se otázka, zda otázce opravdu „rozuměli“, celkem bezpředmětnou. Robot, který dokonale ovládá syntax, z praktického pohledu rozumí tomu, co bylo řečeno. Jinými slovy, dokonalé ovládnutí syntaxe je porozuměním.

Mohli by být roboti nebezpeční?

Mooreův zákon říká, že výkonnost počítačů se zdvojnásobuje každých 18 měsíců. Je tedy možné, že během několika desetiletí vzniknou roboti s inteligencí řekněme psa nebo kočky. Kolem roku 2020 by ovšem Mooreův zákon mohl zkolabovat a křemíkový věk by skončil. Po minulých zhruba padesát let byl udivující růst počítačové výkonnosti poháněn schopností vytvářet nepatrné křemíkové tranzistory, jichž se desítky milionů lehce vejdu na lidský nehet. K leptání mikroskopických tranzistorů do křemíkových destiček

se užívá ultrafialového záření. To však nemůže pokračovat do nekonečna. Nakonec budou tyto tranzistory tak malé, že dosáhnou velikosti molekul, a postup se zhroutí. Křemíkové údolí by se po roce 2020, až křemíkový věk definitivně skončí, mohlo stát industriální pouští.

Čip Pentium v našem laptopu má vrstvy, jejichž tloušťka odpovídá přibližně dvaceti atomům. K roku 2020 by tento čip mohl mít vrstvy s pouhými pěti atomy. Zde vstoupí do hry Heisenbergův princip neurčitosti, a my ztratíme přehled o poloze jednotlivých elektronů. Elektřina začne z čipu prosakovat a v počítači dojde ke zkratu. V tu chvíli počítačová revoluce a Mooreův zákon narazí na své meze kvůli zákonům kvantové teorie. (Někdy se říká, že digitální věk je doba „vítězství bitů nad atomy“. Avšak nakonec, až narazíme na meze Mooreova zákona, se atomy dočkají své odvety.)

Fyzikové nyní pracují na postkřemíkové technologii, která ovládne počítačový svět po roce 2020. Jejich úspěchy jsou však prozatím rozpačité. Jak jsme viděli, zkoumají se nejrůznější technologie, které by měly nakonec nahradit technologii křemíku, jako jsou kvantové počítače, počítače na bázi DNA, optické počítače, atomové počítače a podobně. Avšak dříve, než budou moci převzít žezlo křemíkových čipů, bude každá z nich muset překonat obrovské překážky. Technologie manipulace s jednotlivými atomy a molekulami je stále ještě v plenkách a vyrobit miliardy tranzistorů atomové velikosti je prozatím mimo naše možnosti.

Předpokládejme však na okamžik, že se fyzikům podaří překlenout propast mezi křemíkovými čipy a řekněme kvantovými počítači. A předpokládejme, že určitá obměna Mooreova zákona bude platit i po skončení éry křemíku. Pak se umělá inteligence může stát skutečností. Roboti si osvojí lidskou logiku i city a pokaždé uspějí v Turingově testu. Steven Spielberg se tímto tématem zabýval ve svém filmu *A. I. Umělá inteligence*, kde se objevuje první robotický chlapec schopný projevovat city, a tudíž vhodný k adopci do lidské rodiny.

Vzniká tak otázka: mohli by být takoví roboti nebezpeční? Odpověď je nejspíše kladná. Mohli by být nebezpeční, jakmile by dosáhli inteligence opice, která si sama sebe uvědomuje a dovede se řídit svými představami. Patrně bude trvat mnohá desetiletí, než se něčeho takového dosáhne, a tak mají vědci dostatek času pozorovat, zda se roboti nestávají hrozbou. Do jejich procesoru by mohli například vložit speciální čip, který by jim zabránil začít ničit. Nebo by mohli mít vbudovaný sebeničivý nebo deaktivující mechanismus, který by je v případě nebezpečí vypnul.

Arthur C. Clarke napsal: „Není vyloučeno, že se staneme domácími mazlíčky počítačů a povedeme život pokojových psíků, doufám však, že si navždy zachováme možnost vytáhnout zástrčku, budeme-li chtít.“

Přízemnější hrozbou je, že na počítačích bude záviset naše infrastruktura. Vodovodní i elektrická síť, nemluvě o dopravních a komunikačních sítích, budou v budoucnosti stále více záviset na počítačích. Naše města jsou již tak složitá, že jen složité a promyšlené počítačové sítě jsou schopny naši rozsáhlou infrastrukturu sledovat a řídit. Závada nebo zhroucení této všudypřítomné počítačové infrastruktury by mohla ochromit město, zemi, dokonce i celou civilizaci.

Předstihnou nás nakonec počítače v inteligenci? Z hlediska fyzikálních zákonů zajisté neexistuje nic, co by tomu mohlo zabránit. Jestliže jsou roboti založeni na neuronových sítích schopných učení, a jsou už tak pokročilí, že se učí rychleji a účinněji než my, pak je logické, že nás nakonec v uvažování předstihnou. Moravec říká: „Postbiologický svět je svět, v němž bylo lidské plémě odplaveno vlnou kulturní změny a ovládnuto svým vlastním umělým potomstvem ... Až se to stane, naše DNA zjistí, že je bez práce, protože prohrála ve vývojové soutěži s novým konkurenčním druhem.“

Někteří vynálezci, jako například Ray Kurzweil, dokonce předpověděli, že tento čas nastane brzy, spíš dříve než později, dost možná během několika nejbližších desetiletí. Možná že vytváříme své vlastní vývojové následníky. Někteří počítačovní odborníci už očekávají bod, který nazývají „singularita“, kdy roboti zvládnou zpracování informace s exponenciálně rostoucí rychlostí, přičemž budou vytvářet nové roboty, až jejich kolektivní schopnost vstřebávat informaci poroste téměř bez omezení.

V delší perspektivě proto někteří navrhují spojení uhlíkové a křemíkové technologie, místo aby se čekalo na naše vyhubení. Lidská těla fungují na bázi uhlíku, roboti (alespoň prozatím) na bázi křemíku. Řešením možná bude smísit se s našimi výtvary. (Pakliže se někdy setkáme s mimozemšťany, neměli bychom být překvapeni, jestliže zjistíme, že jsou zčásti organičtí a zčásti mechaničtí, díky čemuž lépe odolávají zátěžím mezihvězdného putování a prospívají i v nepříznivých podmínkách.)

Ve vzdálené budoucnosti by nám roboti dokonce mohli zajistit nesmrtelnost. Marvin Minsky dodává: „Co když slunce vyhasne, nebo svou planetu zničíme? Neměli bychom vytvořit lepší fyziky, inženýry, matematiky? Měli bychom být architektky své vlastní budoucnosti. Když jimi nebudeme, naše kultura může zmizet.“

Moravec uvažuje o tom, že ve vzdálené budoucnosti bude naše neurální architektura přenesena neuron po neuronu přímo do stroje, čímž v jistém smyslu dosáhneme nesmrtelnosti. Je to divoká myšlenka, není však mimo rámec možného. Podle některých vědců uvažujících o vzdálené budoucnosti by nesmrtelnost (v podobě křemíkových těl s podporou DNA) mohla být konečnou budoucností lidstva.

Jestliže se nám podaří překonat zhroucení Mooreova zákona a vyřešit problém zdravého rozumu u robotů, mohlo by se ještě v tomto století podařit vytvořit myslící stroje, chytré alespoň jako zvířata a snad i chytřejší, než jsme my sami. Základní zákony umělé inteligence stále ještě objevujeme, ovšem pokrok v této oblasti je závratně rychlý a slibný. Vzhledem k tomu bych roboty a jiné myslící stroje zařadil mezi nemožnosti I. řádu.

MIMOZEMŠŤANÉ A UFO

*Bud' jsme ve vesmíru sami, nebo nejsme.
Obě myšlenky jsou děsivé.*

ARTHUR C. CLARKE

Obrovská vesmírná loď o průměru několika kilometrů se vznáší přímo nad Los Angeles, zakrývá celou oblohu a zastiňuje město. Taliřovité pevnosti zaujmají pozice nad všemi hlavními městy světa. Stovky nadšených diváků by chtěly tvory z jiné planety v Los Angeles uvítat a shromažďují se na vrcholku mrakodrapu, aby si se svými nebeskými hosty podaly ruce.

Loď se několik dní tiše vznáší nad městem. Poté se břicho lodi pomalu otevře a z něj vytryskne oslnivý paprsek laserového světla, spálí mrakodrap a vyvolá ničivou vlnu, která se převalí přes celé město a změní je v hořící trosky.

Ve filmu *Den nezávislosti* ztělesňují mimozemšťané naše nejhlubší obavy. Ve filmu *E. T. Mimozemšťan* si do nich pro změnu promítáme své vlastní sny a přání. Představa cizích tvorů obývajících jiné světy nás fascinuje odnepaměti. Již roku 1611 uvažoval astronom Johannes Kepler ve svém pojednání s názvem *Sen* s použitím nejlepších vědeckých poznatků své doby o cestě na Měsíc, během níž se setkáme s mimozemskými bytostmi, rostlinami a zvířaty. Věda a náboženství jsou však v otázce mimozemského života často v rozporu, a to má někdy tragické následky.

O několik let dříve, roku 1600, byl v ulicích Říma zaživa upálen bývalý dominikánský mnich a filozof Giordano Bruno. Aby jej potupila, dala ho církev před upálením pověsit hlavou dolů a svléci do naha. Čím bylo Brunovo učení tak nebezpečné? Položil jednoduchou otázku: Existuje mimo Zemi život? Stejně jako Koperník byl přesvědčen, že Země obíhá kolem Slunce, na rozdíl od něj však také věřil, že by mohli ve vesmíru žít nesčíslní tvorové, jako jsme my. (Než by církev připustila možnost, že ve vesmíru jsou miliardy

svatých, papežů, církví a Ježíšů, bylo pro ni jednodušší Bruna jednoduše upálit.)

Po čtyři sta let pronásledovala Brunova památka historiky vědy. Dnes se mu však dostává zadostiučinění každých několik týdnů. Přibližně dvakrát měsíčně je mimo Sluneční soustavu objevena extrasolární planeta obíhající kolem své hvězdy. Dosud byla doložena existence více než dvou set padesáti takových planet. Brunova předpověď extrasolárních planet se potvrdila. Jedna otázka však stále zůstává nezodpovězena. V Mléčné dráze se to patrně jen hemží extrasolárními planetami, kolik z nich však může hostit život? A jestliže ve vesmíru existuje inteligentní život, co o něm věda umí říci?

Hypotetická setkání s mimozemšťany ovšem fascinovala lidstvo a vzrušovala čtenáře a filmové diváky po generace. Nejznámější incident nastal 30. října 1938, když se Orson Welles rozhodl, že v předvečer svátku Všech svatých provede americkým posluchačům taškařici. Na podkladě dějové linky románu H. G. Wellse *Válka světů* sepsal sérii krátkých tiskových zpráv, které nechal odvysílat na národní rozhlasové stanici CBS. Opakovaně nechal přerušit vysílání taneční hudby a navodil představu vylodění Marťanů na Zemi a následujícího zhroucení civilizace. Miliony Američanů zachvátila panika ze „zpráv“, že stroje z Marsu přistály v Grover's Mill v New Jersey a rozpoutaly smrtící paprsky, aby zničily celá města a dobyly svět. (Noviny později uvedly, že lidé opouštěli svá obydlí, prchali z oblasti a očití svědkové potvrdili, že cítili jedovatý plyn a na obzoru viděli záblesky.)

Fascinace Marsem ožila opět v 50. letech, když astronomové zaznamenali na povrchu planety podivný znak připomínající stovky kilometrů velké písmeno M. Komentátoři poznamenali, že M značí „Mars“ a Marťané jím pozemšťanům mírumilovně signalizují svou přítomnost, stejně jako roztleskávačky zviditelňující jméno svého klubu na americkém fotbalu. (Jiní zase temně naznačovali, že M je vlastně W, a W značí válku (anglicky war). Jinými slovy, Marťané ve skutečnosti vypovídají Zemi válku!. Hysterie nakonec odezněla, když záhadné M zmizelo právě tak náhle, jako se objevilo. Se vši pravděpodobností bylo způsobeno prašnou bouří, která zachvátila celou planetu, kromě vrcholků čtyř vysokých sopek. Tyto vrcholky přibližně vytvářely ono M nebo W.

Vědecké hledání mimozemského života

Seriózní vědci studující možnost mimozemského života říkají, že za předpokladu, že takový život existuje, se o něm nedá říci nic určitého. Na základě

našich znalostí fyziky, chemie a biologie však můžeme o podstatě mimozemského života uvést několik obecných tvrzení.

Vědci jsou přesvědčeni, že klíčovým faktorem při vytvoření života ve vesmíru bude voda v tekutém skupenství. „Hledej vodu“ je mantra pronášená astronomy, kteří ve vesmíru hledají známky života. Na rozdíl od většiny kapalin je tekutá voda „univerzálním rozpouštědlem“, v němž se rozpouští udivující množství různých chemikálií. Je ideálním prostředím pro vznik stále složitějších molekul. Voda je též jednoduchá molekula vyskytující se všude ve vesmíru, zatímco jiná rozpouštědla jsou dosti vzácná.

Za druhé víme, že vzniku života se pravděpodobně účastní také uhlík, který je čtyřmocný a má tak schopnost vázat se na čtyři další atomy a vytvářet molekuly neuvěřitelné složitosti. Zvláště snadno se spojuje do dlouhých uhlíkových řetězců, které jsou základem uhlovodanů a organické chemie. Jiné čtyřmocné prvky tolik sloučenin nevytváří.

Přesvědčivou ilustrací důležitosti uhlíku byl slavný pokus provedený Stanleyem Millerem a Haroldem Ureyem v roce 1953, který ukázal, že samovolný vznik života by mohl být průvodním jevem chemie organických sloučenin. Vzali roztok čpavku, metan a jiné jedovaté sloučeniny, které se podle jejich předpokladů vyskytovaly na mladé Zemi, dali je do zkumavky, zavedli do ní slabý elektrický proud a jednoduše čekali. Během jednoho týdne bylo ve zkumavce možné prokázat přítomnost samovolně vzniklých aminokyselin. Proud postačil k tomu, aby překonal atomové vazby ve čpavku a metanu a přerovnal atomy do aminokyselin, předchůdců bílkovin. V jistém smyslu se život může tvořit samovolně. Od té doby se aminokyseliny našly uvnitř meteoritů a také v plynových mračnách mezihvězdného prostoru.

Za třetí je základem života DNA, molekula schopná autoreplikace. V chemii jsou molekuly s touto vlastností krajně vzácné. Trvalo stovky milionů let, než se na Zemi (patrně hluboko v moři) vytvořila první molekula DNA. Kdyby bylo možno provádět Millerův-Ureyův pokus v oceánu po milion let, patrně by opět samovolně vznikly molekuly jako DNA. Pravděpodobným místem, kde se na Zemi mohly objevit první molekuly DNA, je okolí vulkanických zřídél na dně oceánů, protože tato zřídla představují pro rané molekuly DNA a buňky před nástupem fotosyntézy a rostlin příhodný zdroj energie. Není známo, zda jsou autoreplikace schopné i jiné molekuly na bázi uhlíku, než je DNA. Je však pravděpodobné, že molekuly s touto vlastností se budou i v dalších koutech vesmíru nějakým způsobem DNA podobat.

FYZIKA NEMOŽNÉHO

Život tedy vyžaduje kapalnou vodu, uhlovodíkové sloučeniny a nějakou formu sama sebe zmnožující molekuly typu DNA. Na základě těchto širokých kritérií lze odvodit hrubý odhad pro častost inteligentního života ve vesmíru. Jedním z prvních, kdo se o takový hrubý odhad pokusili, byl astronom z Cornellovy univerzity Frank Drake. Vyjdeme-li z toho, že Mléčná dráha čítá na sto miliard hvězd, lze odhadnout, jaký podíl z nich jsou hvězdy podobné našemu Slunci. Dále můžeme odhadnout, kolik z nich má sluneční soustavu, která kolem nich obíhá.

Přesněji řečeno, Drakeova rovnice vyčísluje počet civilizací v galaxii vynásobením několika čísel mezi sebou, která vyjadřují

- Rychlost, s níž se v galaxii hvězdy rodí
- Jaký podíl z nich má planety
- Jaký podíl z těchto planet umožňuje hostit život
- Podíl, na kolika z nich se život skutečně vytvoří
- Podíl těch, na nichž vznikne inteligentní život
- Podíl civilizací ochotných a schopných komunikovat
- Očekávanou dobu trvání takové civilizace.

Stanovením rozumných odhadů a vzájemným vynásobením těchto postupných pravděpodobností se ukáže, že jen v naší galaxii, Mléčné dráze, by mohlo být 100 až 10 000 planet schopných hostit inteligentní život. Jestliže jsou tyto inteligentní formy života stejnoměrně roztroušeny po Mléčné dráze, měli bychom být schopni najít takovou planetu v okruhu jen několika set světelných roků od naší Země. Carl Sagan v roce 1974 odhadl, že v naší Mléčné dráze by takových civilizací mohlo být až milion.

Tyto teoretické úvahy opět poskytly další důvody k hledání známek mimozemských civilizací. Vzhledem k příznivým odhadům počtu planet schopných nést inteligentní život začali vědci se vši vážností hledat rádiové signály vysílané takovými planetami, podobné rozhlasovým a televizním signálům, které naše planeta vysílá posledních padesát let.

Naslouchání mimozemšťanům

Projekt hledání mimozemské inteligence zvaný SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence) se datuje od roku 1959, kdy byl publikován článek fyziků Giuseppa Cocconihho a Philipa Morrisona. Upozorňuje se v něm na to, že nejúčinnější způsob, jak zachytit mimozemské komunikace, je naslouchat

frekvencím od 1 do 10 gigahertzů. (Signály pod 1 gigahertz by překrylo záření z rychlých elektronů, signály nad 10 gigahertzů by rušil šum způsobený kyslíkem a molekulami vody v naší atmosféře.) Jako nejslibnější se pro poslech signálů z vesmíru jeví frekvence 1420 gigahertzů, neboli frekvence záření obyčejného vodíku, nejrozšířenějšího prvku ve vesmíru.

Hledání známek inteligentních signálů v oblasti této frekvence však přineslo zklamání. Roku 1960 spustil Frank Drake projekt Ozma, pojmenovaný podle Královny ze země Oz, který byl zaměřen na hledání signálů pomocí 25metrového radioteleskopu v Green Bank v Západní Virginii. Avšak projekt Ozma ani jiné projekty, snažící se po léta porůznu prohledávat noční oblohu, žádné signály neodhalily.

Roku 1971 navrhla NASA ctižádostivý projekt SETI. Nazýval se „Cyclops“, měl zahrnovat patnáct set radioteleskopů a stát 10 miliard dolarů. Není překvapením, že z projektu sešlo. Našly se však finance na mnohem skromnější návrh, totiž vyslat mimozemským bytostem do kosmu pečlivě zakódovanou zprávu. Roku 1974 byla pomocí obřího radioteleskopu Arecibo v Portoriku vyslána směrem na kulovou hvězdokupu M13, vzdálenou asi 25 100 světelných let, kódovaná zpráva skládající se ze 1679 bitů. Do mřížky o rozměrech 23×73 bodů vědci načrtli polohu naší Sluneční soustavy, podobu lidských tvorů a několik chemických vzorců. (Vzhledem k velkému vzdálenostem nelze očekávat odpověď z vesmíru dříve než za 52 174 let.)

Na americký Kongres neudělal význam těchto projektů velký dojem, dokonce ani poté, když byl v roce 1977 přijat záhadný rádiový signál, jemuž se začalo říkat „Wow!“. Skládal se z písmen a číslic, které se nezdály být náhodné a mohly signalizovat existenci inteligentního života. (Signál Wow! však nepřesvědčil všechny, kdo jej viděli.)

Roku 1995, po zklamání z nedostatku finanční podpory z federálních zdrojů, se astronomové obrátili k soukromým zdrojům o podporu pro neziskový ústav SETI v Mountain View v Kalifornii. Výzkum se tímto zcentralizoval a byl spuštěn projekt Phoenix, který si vytyčil za cíl prostudovat tisíc blízkých, Slunci podobných hvězd ve frekvenčním rozsahu 1200–3000 MHz. Vedoucí projektu byla jmenována Dr. Jill Tarterová (posloužila jako předobraz vědkyně z filmu *Kontakt*, kterou ztvárnila Jodie Fosterová). (Přístroje použité v projektu jsou tak citlivé, že jsou schopny zachytit záření z letištního radaru ve vzdálenosti 200 světelných let.)

Od roku 1995 sledoval ústav přes tisíc hvězd při nákladech pět milionů dolarů ročně. Hmatatelné výsledky se nedostavily. Seth Shostak, vedoucí

astronom ústavu SETI, však stále věří, že Allenův soubor radioteleskopů, který se právě staví 400 km severovýchodně od San Franciska, „do roku 2025 na nějaký signál narazí“.

Novátorský přístup zvolil projekt SETI@home, který roku 1999 spustili astronomové z Kalifornské univerzity v Berkeley. Připadli na myšlenku zaangažovat miliony majitelů PC, jejichž počítače většinu času zahálejí. Kdo se chce účastnit, stáhne si programový balík, jehož pomocí se během doby, kdy je aktivován spořič obrazovky, bude dekódovat některý z rádiových signálů přijatých radioteleskopem, takže uživateli PC nevznikne žádné omezení. Projekt doposud získal pět milionů účastníků z více než dvou set zemí a spotřeboval elektrický proud v ceně přes jednu miliardu dolarů, to vše při velmi nízkých nákladech. Je to nejctižádostivější kolektivní počítačový projekt, jaký byl kdy podniknut, a mohl by sloužit jako model pro jiné projekty, které pro provádění výpočtů vyžadují velké počítačové zdroje.

Po desetiletích tvrdé práce přinutil zoufalý nedostatek jakéhokoli pokroku v oblasti SETI jeho příznivce k tomu, aby si položili nepříjemné otázky. Jedním ze zřejmých nedostatků by mohlo být výlučné používání rádiových vln na určitých frekvencích. Kdosi přišel s myšlenkou, že mimozemský život by místo rádiových vln mohl používat laserových signálů. Lasery mají proti rádiovému vysílání některé přednosti; protože mají krátké vlnové délky, můžeme do nich vměstnat více signálů než do rádiových vln. Avšak proto, že laserové světlo je vysoce směrové a také obsahuje jen jednu frekvenci, je mimořádně obtížné naladit ten správný laserový kmitočet.

Jinou zřejmou vadou by mohlo být spoléhání výzkumníků SETI na určité rozhlasové frekvence. Jestliže existuje mimozemský život, používá možná kompresní metody nebo zprávy naopak rozptyluje do malých balíčků, což jsou strategie používané v dnešním internetu. Jestliže nasloucháme komprimované zprávě rozptýlené na mnoho kmitočetů, uslyšíme pouze náhodný šum.

Při všech těchto značných problémech stojících před SETI je přiměřené očekávat, že někdy během tohoto století bychom měli být schopni zachytit signál vyslaný mimozemskou civilizací, za předpokladu, že taková civilizace existuje. Něco takového by představovalo milník v dějinách lidstva

Kde jsou?

Skutečnost, že projekt SETI dosud nenašel žádné náznaky signálů od inteligentního života ve vesmíru, přinutila vědce, aby střízlivě přehodnotili před-

poklady, z nichž vychází rovnice Franka Drakea, týkající se pravděpodobnosti inteligentního života na jiných planetách. Nové astronomické objevy ukazují, že šance pro nalezení inteligentního života se velmi liší od těch, které Drake původně spočítal v šedesátých letech. Možnost, že ve vesmíru existuje inteligentní život, je současně větší i menší, než se původně myslelo.

Nové objevy nás především přesvědčily, že život může existovat i za podmínek, s nimiž se v Drakeových rovnicích nepočítalo. Dříve se vědci domnívali, že kapalná voda může existovat pouze v takzvané obyvatelné zóně kolem Slunce. (Země je od Slunce vzdálena „právě tak akorát“. Není ani příliš blízko, což by uvedlo oceány do varu, ani příliš daleko, neboť to by vody zamrzly, nýbrž „právě tak“, aby byl život možný.)

Všechny proto překvapilo, když astronomové našli důkazy, že kapalná voda může existovat i pod ledovým příkrovem měsíce Europa, kroužícího kolem Jupiteru. Europa je daleko mimo „obyvatelnou zónu“, a proto zdánlivě nevyhovuje Drakeově rovnici. K roztání ledu a udržení oceánu v kapalném stavu by však mohly dostačovat slapové síly. Jak se Europa otáčí kolem vlastní osy a obíhá kolem Jupitera, obrovská přitažlivost planety hněte svůj měsíc jako gumový míč a hluboko v jeho nitru vytváří tření, které vede k tání ledového příkrovu. Jen naše Sluneční soustava čítá přes sto měsíců, což znamená, že by v ní mohlo být plno měsíců umožňujících život mimo „obyvatelnou zónu“. (Měsíce umožňující život na svých planetách by mohlo mít i oněch přibližně dvě stě padesát dosud objevených obřích planet jiných hvězd.

Navíc se vědci domnívají, že by vesmír mohl obsahovat také toulavé planety, které již neobíhají kolem žádné hvězdy. Vlivem slapových sil by každý měsíc takové toulavé planety mohl mít pod ledovým příkrovem kapalným oceánem a tedy život, my bychom jej však svými přístroji neviděli, protože jeho pozorování je závislé na dopadu světla z příslušné mateřské hvězdy.

Vyjdeme-li z předpokladu, že počet měsíců v jakékoliv sluneční soustavě patrně zdaleka přesahuje počet planet, a z toho, že v naší galaxii by mohly být miliony toulavých planet, mohl by být počet nebeských těles s projevy života mnohem větší, než se dosud myslelo.

Jiní astronomové naopak došli k závěru, že šance pro život na planetě nacházející se v obyvatelné zóně je z nejrůznějších důvodů patrně mnohem nižší, než Drake původně odhadoval.

Počítačové simulace především ukázaly, že v každé sluneční soustavě je přítomnost obří planety, jakou je například Jupiter, podstatná pro to, aby

FYZIKA NEMOŽNÉHO

neustále vyhazovala prolétávající komety a meteory do mezihvězdného prostoru, a tak udržovala sluneční soustavu čistou a vhodnou pro život. Kdyby v naší soustavě nebyl Jupiter, Země by nestále bombardovaly meteory a komety a činily by život nemožným. Dr. George Wetherill, astronom z Carnegieho ústavu ve Washingtonu, odhaduje, že bez přítomnosti Jupitera nebo Saturnu v naší Sluneční soustavě by Země utrpěla tisíckrát více srážek s asteroidy a velký dopad ohrožující život (obdobný tomu, který vyhubil dinosaury před 65 miliony let) by se udál každých deset tisíc let. „Je obtížné si představit, jak by něco takového život mohl přečkat,“ říká.

Dále je naše planeta obdařena velkým měsícem, což napomáhá stabilizaci zemské rotace. Na základě Newtonových zákonů přitažlivosti se dá ukázat, že bez velkého měsíce by se zemská osa patrně stala nestabilní, Země by se chaoticky kolébala a život na ní by nebyl možný. Francouzský astronom Dr. Jacques Lasker odhaduje, že bez našeho měsíce by zemská osa kolísala mezi 0 a 54 stupni, což by vedlo k extrémním klimatickým podmínkám neslučitelným se životem. Přítomnost velkého měsíce tedy také musí být zahrnuta do podmínek Drakeovy rovnice. (Okolnost, že Mars má dva nepatrné měsíce, příliš malé na to, aby stabilizovaly jeho rotaci, značí, že se planeta v dávných dobách točila chaoticky a k něčemu takovému by mohlo dojít i v budoucnosti.)

Nedávné geologické nálezy ukazují, že život na Zemi byl v minulosti mnohokrát téměř vyhuben. Před dvěma miliardami let byla zřejmě celá Země pokryta ledem; byla to „sněhová koule“ sotva schopná hostit život. Jindy život na Zemi pro změnu ohrožovaly sopečné výbuchy a dopady meteorů. Vznik a vývoj života je tedy křehčí záležitostí, než se původně myslelo.

Inteligentní život byl v minulosti už téměř vyhuben. Před zhruba sto tisíci lety žilo podle posledního zkoumání lidské DNA na Zemi patrně jen několik stovek až několik málo tisíců jedinců našeho druhu. Na rozdíl od většiny zvířat, mezi nimiž jsou v rámci druhu velké genetické rozdíly, jsou všichni lidé po genetické stránce téměř úplně stejní. Ve srovnání s živočišnou říší jsme téměř jako klony jeden druhého. Tento jev lze vysvětlit jen tak, že se v naší minulosti objevily kritické okamžiky, kdy byl lidský rod téměř vyhuben. Například velký sopečný výbuch mohl způsobit náhlé ochlazení, což málem vedlo k vymření celého lidstva. Ke vzniku života na Zemi však vedly i některé šťastné náhody:

- *Silné magnetické pole.* Je nezbytné k tomu, aby se odklonilo kosmické záření, které by život na Zemi mohlo zničit.
- *Mírná rychlost otáčení planety.* Kdyby se Země otáčela příliš pomalu, bylo by na straně přivrácené k Slunci nesnesitelné horko, zatímco druhá strana by se na dlouhou dobu ponořila do mrazivých teplot; kdyby Země rotovala příliš rychle, vládlo by extrémní počasí s obrovskými vichřicemi a bouřemi.
- *Správná poloha vzhledem ke středu galaxie.* Kdyby byla Země příliš blízko středu Mléčné dráhy, zasáhlo by ji nebezpečné záření; kdyby byla od středu příliš daleko, neměla by dost vyšších prvků, aby mohly vzniknout molekuly DNA a bílkoviny.

Ze všech těchto důvodů jsou astronomové nyní přesvědčeni, že život by mohl existovat i na měsících nebo potulných planetách mimo obyvatelnou zónu, avšak šance nalézt planetu podobnou Zemi přímo v obyvatelné zóně je mnohem menší, než se dříve myslelo. Odhady založené na Drakeově rovnici vesměs ukazují, že pravděpodobnost nalezení civilizace v naší galaxii je patrně menší, než se Drake domníval.

Profesoři Peter Ward a Donald Brownlee napsali: „Jsme přesvědčeni, že život v podobě mikrobů a jim podobných je ve vesmíru velmi častý, snad i častější než předvídali Drake a [Carl] Sagan. Ovšem složitý život - živočichové a vyšší rostliny - je nejspíše mnohem vzácnější, než se obecně předpokládá.“ Ward a Brownlee vlastně připouštějí, možnost, že Země je svou schopností hostit život v naší galaxii jedinečná. (Tato teorie sice možná tlumí motivaci hledání inteligentního života v naší galaxii, nicméně nevyklučuje existenci života v jiných, vzdálených galaxiích.)

Hledání planet podobných Zemi

Drakeova rovnice je samozřejmě naprosto hypotetická. Proto byl takovou podporou pro hledání života ve vesmíru objev extrasolárních planet. Jejich výzkum nicméně brzdí skutečnost, že jsou pro dalekohled neviditelné, protože nevyzařují vlastní světlo. Jejich svítivost je milion až miliardkrát slabší než svítivost mateřské hvězdy.

Aby je objevili, jsou astronomové nuceni zkoumat nepatrné kolébání mateřské hvězdy, vycházející z předpokladu, že planeta velikosti Jupiteru je schopna ovlivnit její pohyb. (Představme si psa honícího svůj ocas. Stejným způsobem se navzájem „honí“ mateřská hvězda a planeta velká jako Jupiter:

krouží kolem sebe, přesněji řečeno kolem společného těžiště. Dalekohled planetu velikosti Jupiteru, která je tmavá, zachytit nemůže, mateřská hvězda ovšem je jasně viditelná a lze tedy jasně pozorovat, jak se kolíbá sem a tam.)

První skutečná extrasolární planeta byla objevena roku 1994 dr. Alexandrem Wolszczanem z Pensylvánské státní univerzity. Wolszczan pozoroval planety kroužící kolem rotujícího pulzaru, tedy vyhaslé hvězdy. Mateřská hvězda velmi pravděpodobně vybuchla jakožto supernova, a proto lze očekávat, že tyto planety jsou sežehlé a bez života. Následujícího roku oznámili dva ženevští astronomové Michel Mayor a Didier Queloz, že našli slibnější planetu, hmotností srovnatelnou s Jupiterem, jež obíhá kolem hvězdy 51 Pegasi. Brzy nato se otevřela stavidla.

Během posledních deseti let došlo v tempu, jakým se nacházejí extrasolární planety, k nápadnému zrychlení. Geolog Bruce Jakosky z Coloradské univerzity v Boulderu říká: „Je to v dějinách lidstva zvláštní doba. Jsme první generací, která má reálnou šanci najít život na jiné planetě.“

Žádná z dosud nalezených slunečních soustav se nepodobá naší. Vlastně se od ní zcela liší. Astronomové se kdysi domnívali, že podobně jako naše Sluneční soustava vypadají i ostatní soustavy ve vesmíru, dráhy jsou kruhové a kolem mateřské hvězdy jsou tři okruhy planet: nejbližší ke hvězdě pás kamenných planet, za ním pás plyných obrů, a nakonec pás komet skládající se ze zmrzlých ledovců.

Ke svému velkému překvapení ale zjistili, že žádná z dalších soustav se neřídí tímto jednoduchým pravidlem. Mnohé z planet velikosti Jupiteru, které očekávali daleko od mateřské hvězdy, místo toho obíhají buď velmi blízko (dokonce blíže než Merkur kolem Slunce), nebo ve velmi protáhlých drahách. V obou případech by existence malé, Země podobné planety obíhající v „obyvatelné zóně“ byla nemožná. Jestliže planeta jako Jupiter obíhá příliš blízko mateřské hvězdy, znamená to, že se postupně přiblížila z velké vzdálenosti a po spirále se blíží ke středu soustavy (patrně působením tření, které má na svědomí prach). V tom případě by tato planeta dřív či později zkřížila cestu menší, Země podobné planetě a vymrštila ji do mezihvězdného prostoru. A jestliže velká planeta obíhá po velmi protáhlé dráze, znamená to, že pravidelně prolétá „obyvatelnou zónou“ a opět způsobí vymrštění Země podobné planety do prostoru.

Tato zjištění byla zklamáním pro lovce planet a astronomy doufající, že najdou další planety podobné Země, při zpětném pohledu je však jasné, že se tyto výsledky daly očekávat. Naše přístroje jsou tak hrubé, že jsou

schopny zaznamenat jen největší a rychle se pohybující planety velikosti Jupitera, mající měřitelný vliv na mateřskou hvězdu. Není tedy překvapením, že dnešní dalekohledy zachytí jen rychle obíhající obří planety. Pokud by někde ve vesmíru byla soustava, která by byla dvojčetem naší Sluneční soustavy, byly by naše přístroje patrně příliš nepřesné na to, aby ji našly.

To vše by se mohlo změnit vypuštěním družic Corot, Kepler a Terrestrial Planet Finder určených k objevení několika set Zemi podobných planet ve vesmíru. Corot a Kepler budou hledat slabý stín, který taková planeta vrhá, když přechází přes kotouč mateřské hvězdy a nepatrně při tom sníží její jas. Planeta podobná Zemi by sice nebyla vidět, družice ovšem bude schopna zaregistrovat úbytek slunečního záření mateřské hvězdy.

Francouzská družice Corot (což je zkratkové slovo složené z francouzských výrazů pro konvekci, hvězdnou rotaci a planetární přechod) byla úspěšně vypuštěna v prosinci 2006 a představuje milník, neboť je prvním přístrojem pro hledání extrasolárních planet umístěným ve vesmíru. Vědci doufají, že naleznou okolo deseti až čtyřiceti planet podobných Zemi. Tyto planety budou patrně skalnaté, nikoliv plynní obří, a budou jen několikrát větší než Země. Corot také zřejmě rozšíří řadu planet podobných Jupiteru, které již byly nalezeny. „Corot bude schopen najít extrasolární planety všech velikostí a druhů, čehož v současné době nejsme z povrchu Země schopni dosáhnout,“ říká astronom Claude Catala. Vědci doufají, že družice prozkoumá až 120 000 hvězd.

Corot by jednoho dne mohl najít první důkaz o existenci planety podobné Zemi, což bude zásadní přelom v dějinách astronomie. V budoucnosti by lidé mohli při pohledu na noční oblohu zažít existenciální šok, když si uvědomí, že existují i další planety schopné hostit inteligentní život. Budeme se dívat na nebe a uvažovat, jestli se někdo nedívá na nás.

Družici Kepler by měla NASA vypustit koncem roku 2008. Je tak citlivá, že by měla být schopna najít ve vesmíru až stovky planet podobných Zemi. Bude měřit jas 100 000 hvězd, aby zaznamenala přechod jakékoli planety přes disk hvězdy. Bude v činnosti čtyři roky a za tu dobu prozkoumá a zaznamená tisíce vzdálených hvězd až do vzdálenosti 1950 světelných let od Země. Za první rok činnosti družice podle očekávání vědců najde zhruba

- 50 planet přibližně stejné velikosti, jako je Země
- 185 planet o 30 % větších než Země a
- 640 planet o velikosti zhruba 2,2krát větší, než je Země.

Družice Terrestrial Planet Finder bude možná mít naději objevit planety podobné Zemi. Po několika odkladech by měla být vypuštěna roku 2014; prozkoumá s velkou přesností až sto hvězd do vzdálenosti 45 světelných let. Bude vybavena dvěma různými zařízeními pro vyhledávání vzdálených planet. Jedním je koronograf, speciální dalekohled schopný odstínit světlo mateřské hvězdy a miliardkrát snížit její jas. Tento dalekohled bude tři až čtyřikrát větší než Hubbleův teleskop a desetkrát přesnější. Druhým zařízením bude interferometr, používající interference světelných vln pro vyrušení světla mateřské hvězdy na miliontinu.

Evropská kosmická agentura v současnosti plánuje vypuštění svého vlastního vyhledávače planet zvaného Darwin nejdříve na rok 2015. Darwin by se měl skládat ze tří vesmírných dalekohledů, o průměru asi tři metry, letících prostorem ve formaci a fungujících jako jeden velký interferometr. Také jeho úkolem bude hledání planet podobných Zemi.

Nalezení stovek planet podobných Zemi pomůže novému soustředění úsilí na projekt SETI. Místo aby se nazdařbůh zkoumaly blízké hvězdy, budou astronomové moci soustředit své úsilí na malý soubor hvězd, které by mohly hostit dvojče Země.

Jak vypadají?

Někteří vědci se s použitím fyziky, biologie a chemie pokoušejí předpovědět, jak by takový mimozemský život mohl vypadat. Isaac Newton se například zamýšlel nad tím, proč mají všichni živočichové, které vidí kolem sebe, tutéž bilaterální souměrnost - dvě souměrně uložené oči, dvě paže, dvě nohy. Může za to šťastná náhoda, nebo jde o dílo Boží?

Dnes jsou biologové přesvědčeni, že během tzv. „kambrické exploze“, ke které došlo přibližně před půl miliardou let, příroda experimentovala s velkým rozsahem tvarů pro vznikající drobné mnohobuněčné tvory. Některé z nich měly míchu ve tvaru velkého X, Y nebo Z. Jiné měly středovou souměrnost jako hvězdice. Jeden z nich měl náhodou míchu utvářenou do tvaru I, a dvoustranně souměrné tělo - a právě ten byl předkem většiny savců. V principu tedy „lidský“ tvar s dvoustrannou souměrností, jaký mimozemšťanům přisuzuje Hollywood, nemusí být nutně vlastní veškerému inteligentnímu životu.

Někteří biologové jsou názoru, že důvodem k rozkvětu různorodých živých forem během kambrické exploze byly „závody ve zbrojení“ mezi lovci a kořistí. Vznik prvních mnohobuněčných organismů schopných pozřít jiné

organismy si vynutil zrychlený vývoj obou, kdy každý z nich spěchal, aby překonal toho druhého. Jako ve zbrojních závodech mezi bývalým Sovětským svazem a Spojenými státy během studené války musely obě strany chvátat, aby svého protivníka překonaly.

Zkoumáním vývoje života na této planetě lze dojít i k následujícím úvahám o tom, jak se na Zemi rozvíjel inteligentní život. Vědci došli k závěru, že inteligentní život patrně vyžaduje

1. Nějaký typ zraku nebo čidla ke zkoumání prostředí;
2. Nějaký typ palce potřebného k uchopení - mohlo by se jednat i o chapadlo nebo spár;
3. Nějaký druh komunikačního systému, jakým je například řeč.

Tyto tři charakteristiky jsou zapotřebí pro vnímání prostředí a následnou manipulaci s ním - obojí jsou znaky intelligence. Mimo tyto tři charakteristiky však je možné vše. Na rozdíl od všech těch mimozemšťanů známých z televize by skutečný mimozemšťan nemusel nijak připomínat člověka. Dětem podobní mimozemšťané s broučíma očima, jak je vidíme v televizi a ve filmech, ve skutečnosti podezřele připomínají tvory z druhořadých filmů padesátých let, kteří se pevně zapsali do našeho podvědomí.

(Někteří antropologové však přidali čtvrté kritérium pro inteligentní život, aby vysvětlili podivný jev: lidé jsou mnohem inteligentnější, než potřebují pro přežití v pralese. Náš mozek zvládá mezihvězdné lety, kvantovou teorii, vyšší matematiku - což jsou soubory schopností naprosto nepotřebné pro lov a sběr kořínků v džungli. Nač tyto nadbytečné rozumové schopnosti? Vidíme-li v přírodě dvojici živočichů s mimořádnými schopnostmi zdaleka přesahujícími potřebu přežití, jakou je například gepard a antilopa, ukáže se, že mezi nimi proběhly zbrojní závody. Obdobně se někteří vědci domnívají, že je tu ještě čtvrté kritérium, biologické „závody ve zbrojení“ pohánějící inteligentní lidstvo. Možná že se tyto závody ve zbrojení konaly mezi příslušníky našeho vlastního druhu.)

Pomyslete na všechny ty různorodé formy života na Zemi. Kdybychom například mohli selektivně po několik milionů let chovat chobotnice, není vyloučené, že by se také staly inteligentními. (My sami jsme se před šesti miliony let oddělili od lidoopů patrně proto, že jsme nebyli dobře přizpůsobeni měnícímu se prostředí v Africe. Na rozdíl od nás je chobotnice velmi dobře přizpůsobena ke svému životu ve skalní štěrbině, a tak se po miliony let ni-

jak nevyvíjela.) Biochemik Clifford Pickover říká: „Když hledím na všechny ty bláznivě vyhlížející koryše, medúzy s ozdobnými chapadly, groteskní hermafroditické červy a slizké plísně, vím, že Bůh má smysl pro humor, a přesvědčíme se o tom, až se setkáme s jinými formami života ve vesmíru.“

Hollywood má naproti tomu patrně pravdu, když ukazuje inteligentní mimozemské životní formy jako dravce. Masožraví mimozemšťané zaručují nejen vyšší kasovní úspěch, v jejich zobrazení je také kus pravdy. Lovci jsou obvykle chytřejší než jejich kořist. Musí užít lsti, aby lov naplánovali, připlížili se, ukryli a napadli kořist ze zálohy. Lišky, psi, tygři i lvi mají oči na přední ploše tváře, aby mohli při útoku na kořist odhadnout vzdálenost. Pomocí dvou očí mohou k uchopení své oběti užít prostorového vidění. Na druhou stranu jejich kořist, například srnka nebo králík, musí umět pouze utíkat. Aby mohli vyhlížet útočníka ze všech směrů, mají oči po stranách hlavy.

Jinými slovy, inteligentní život ve vesmíru se pravděpodobně vyvine z masožravců s očima - nebo jinými senzory - vepředu. Mohly by se u nich vyvinout některé ze znaků dravého, agresivního, územního chování, jaké na Zemi pozorujeme u vlků, lvů a lidí. (Tyto životní formy by ovšem byly založeny na zcela odlišných DNA a bílkovinných molekulách, a neměly by proto žádný zájem o to nás požírat - nebo se s námi pářit.)

S použitím fyziky můžeme také odhadovat, jaká bude velikost jejich těla. Za předpokladu, že žijí na planetě velké jako Země a mají zhruba stejnou hustotu jako voda, podobně jako životní formy na Zemi, pak se patrně nemůže jednat o příliš velké tvory, a to z důvodu poměrového zákona, který říká, že fyzikální zákony působí výrazně jinak, změní-li se měřítko jakéhokoli předmětu.

Monstra a poměrový zákon

Kdyby King Kong skutečně existoval, nebyl by schopen terorizovat New York. Právě naopak, jakmile by udělal jediný krok, zlomily by se pod ním nohy. To proto, že vezmete-li lidoopa a desetkrát ho zvětšíte, jeho váha se zvětší ve stejném poměru jako jeho objem, tedy $10 \times 10 \times 10 = 1000$ krát. Byl by tedy tisíckrát těžší. Jeho síla však vzroste v poměru síly jeho kostí a svalů. Průřez jeho kostí a svalů se zvětší jen úměrně čtverci jeho rozměrů, tedy $10 \times 10 = 100$ krát. Jinými slovy, kdyby byl King Kong desetkrát větší, byl by jen stokrát silnější, avšak vážil by tisíckrát více. Když tedy lidoop roste, zvyšuje se jeho váha mnohem rychleji, než roste jeho síla. Byl by poměrně de-

setkrát slabší než za normálních podmínek. A proto by se pod ním zlomily nohy.

Vzpomínám si, jak byla naše učitelka na základní škole nadšená ze síly mravence schopného nadzvednout list mnohem těžší, než je on sám. Usoudila z toho, že kdyby byl mravenec velký jako dům, mohl by dům nadzvednout. Tato úvaha je však nesprávná ze stejného důvodu, jako jsme právě viděli u King Konga. Kdyby byl mravenec velký jako dům, nohy by se mu též polámaly. Kdyby se zvětšil tisíckrát, byl by tisíckrát slabší než obyčejný mravenec, a zhroutil by se pod svou vlastní vahou. (Také by se udusil. Mravenec dýchá otvory po stranách těla. Plocha těchto otvorů roste se čtvercem poloměru, objem těla mravence však roste s jeho třetí mocninou. Mravenec tisíckrát větší než obvykle by dostával tisíckrát méně kyslíku, než potřebuje pro své svaly a tělesné tkáně. To je také důvod, proč jsou šampionky v krašobruslení a gymnastice mnohem menší, než je průměr, i když mají stejné tělesné proporce jako každý jiný. O každé kilo váhy mají větší poměrnou svalovou sílu než vyšší jedinci.)

S použitím poměrového zákona můžeme přibližně spočítat i velikost pozemských živočichů, a snad i mimozemšťanů. Teplo vyzárené zvířetem roste, jak roste jeho povrch. Když se tvor desetkrát zvětší, zvýší se jeho tepelné ztráty $10 \times 10 = 100$ krát. Tepelný obsah těla je však úměrný jeho objemu, tedy $10 \times 10 \times 10 = 1000$ krát vyšší. Velká zvířata tedy ztrácejí teplo pomaleji než malá. (To je důvod, proč nám v zimě nejdřív mrznou prsty a uši – mají totiž poměrně největší povrch – a proč je malým lidem dřív zima než velkým. Vysvětluje to, proč noviny pro svůj poměrně velký povrch hoří velmi rychle, zatímco polena hoří velmi pomalu.) Vysvětluje to také, proč mají velryby v Arktidě zaoblené tvary – koule má totiž při dané hmotnosti nejmenší možný povrch, a proč si hmyz v teplejším prostředí může dovolit vyzáblé tvary, a tudíž poměrně velký povrch na hmotnost těla.

Ve filmu z dílny Walta Disneyho *Co je malý, to je hezký* se rodina zmenší na velikost mravenců. Přijde bouřka, a my vidíme, jak v jejich mikrosvětě do louže dopadají malé dešťové kapky. Ve skutečnosti by dešťová kapka z pohledu mravence nevypadala jako malá kapička, ale jako velký kopec nebo polokoule vody. V našem světě je polokoule vody nestabilní a působením gravitace se zhroutí pod vlastní vahou. V mikrosvětě však je povrchové napětí poměrně velké a polokulovitá hromada vody je naprosto stabilním útvarem.

Podobným způsobem jsme schopni s použitím fyzikálních zákonů přibližně odhadnout poměr povrchu k objemu u tvorů žijících na vzdálených

planetách. Pomocí těchto zákonů můžeme usoudit, že mimozemšťané ve vesmíru patrně nebudou obři, jak je často vidíme ve sci-fi, nýbrž budou spíše velikostí podobní nám. (Velryby si ovšem mohou dovolit být mnohem větší, neboť je nadnáší voda. To také vysvětluje, proč velryba uvízlá na břehu hyne - rozdrtí ji její vlastní váha.)

Poměrový zákon znamená, že působení fyzikálních zákonů se mění, jak postupujeme stále hlouběji do mikrosvěta. To vysvětluje, proč nám kvantová teorie připadá tak bizarní a narušuje jednoduché představy zdravého rozumu o světě. Tento zákon například vylučuje známou myšlenku světů uvnitř jiných světů, se kterou se setkávám ve vědeckofantastické literatuře, tedy myšlenku, že uvnitř atomu by se mohl skrývat celý vesmír, nebo že naše galaxie je atomem v mnohem větším vesmíru. Tato myšlenka byla využita ve filmu *Muži v černém*. V závěrečné scéně filmu se kamera od Země vzdaluje k planetám, hvězdám, galaxiím, až je celý náš vesmír jen míčem v obrovské mimozemské hře hrané gigantickými mimozemšťany.

Ve skutečnosti se galaxie skládající se z hvězd v ničem nepodobá atomu; elektrony v atomových slupkách se od planet zcela liší. Víme, že planety jsou každá jiná a mohou obíhat v libovolné vzdálenosti od mateřské hvězdy. V atomu však jsou subatomární částice vzájemně identické. Nemohou obíhat v libovolné vzdálenosti od jádra, nýbrž jen po diskretních drahách. (Navíc na rozdíl od planet vykazují elektrony bizarní chování přičící se zdravému rozumu, jako že jsou na dvou místech současně nebo mají vlnové vlastnosti.)

Fyzika pokročilých civilizací

Fyziku můžeme také použít k vykreslení rysů případných vesmírných civilizací. Díváme-li se na vzestup naší vlastní civilizace během posledních 100 000 let, od doby, kdy se v Africe objevili moderní lidé, lze na celý proces nahlížet jako na příběh rostoucí spotřeby energie. Ruský astrofyzik Nikolaj Kardášov vyslovil myšlenku, že stupně ve vývoji mimozemských civilizací ve vesmíru by bylo možné roztrdit i podle spotřeby energie. S použitím fyzikálních zákonů uspořádal možné civilizace do tří typů:

1. Civilizace typu I: Civilizace, které zužitkují planetární energii, totiž všechno sluneční světlo dopadající na planetu. Mohou zřejmě využívat i energie sopek, ovlivňovat počasí, kontrolovat zemětřesení a stavět podmořská města. Všechna energie planety je v jejich moci.

Civilizace typu II: Ty, které jsou schopny zužitkovat veškerou energii svého Slunce, čímž se stávají 10miliardkrát mocnějšími než civilizace typu I. Civilizací tohoto typu je Federace Planet v seriálu *Star Trek*. V jistém smyslu je civilizace typu II nesmrtelná; žádný z dnešní vědě známých jevů, jako jsou doby ledové, dopady meteoritů, dokonce ani supernovy, ji nemůže zničit. (Ve chvíli, kdy se jejich mateřská hvězda ocitne na pokraji výbuchu, se tito tvorové mohou odstěhovat do jiné hvězdné soustavy, možná i s celou domovskou planetou.)

Civilizace typu III: Ty, které jsou schopny využít sílu celé galaxie. Jsou 10miliardkrát mocnější než civilizace typu II. Civilizaci daného typu odpovídají Společenství Borg ze *Star Treku*, Říše z *Hvězdných válek* nebo galaktická říše z Asimovovy *Nadace*. Kolonizovaly miliardy hvězdných soustav a jsou schopny zužitkovat energii černé díry ve středu naší galaxie. Volně se pohybují po Mléčné dráze.

Kardašov odhaduje, že každá civilizace s mírně vzrůstající spotřebou energie o několik procent ročně pokročí od jednoho typu k druhému poměrně rychle, za několik tisíc až desítky tisíc let.

Jak jsem vysvětloval ve svých předchozích knihách, můžeme naši civilizaci označit jako civilizaci typu 0 (k pohonu svých strojů používáme odumřelé rostliny, totiž ropu a uhlí). Využíváme pouze nepatrný zlomek sluneční energie dopadající na naši planetu. Vidíme však, že už i na Zemi vznikají počátky civilizace typu I. Internet je počátkem telefonního systému typu I, spojujícího celou planetu. Začátky ekonomiky typu I lze vidět ve vzestupu Evropské unie, která byla vytvořena, aby soutěžila s NAFTA, Severoamerickou dohodou o volném obchodu. Angličtina je již druhým nejrozšířenějším jazykem na Zemi a stala se jazykem vědy, financí a obchodu. Představuji si, že se může stát jazykem typu I, jímž hovoří prakticky každý. Místní kultury a tradice budou nadále rozkvétat v tisících variant, avšak nad touto mozaikou národů bude planetární kultura, snad podléhající kultuře mládeže a komercialismu.

Přechod od jedné civilizace k další není zdaleka zaručen. Nejnebezpečnější by na příklad mohl být přechod mezi typem 0 a I. Civilizaci typu 0 stále ochromuje sektářství, fundamentalismus a rasismus, typické pro její vzestup, a není jasné, zda tyto kmenové a náboženské vášně při přechodu převládnu, nebo ne. (Jedním z důvodů, proč v naší galaxii nevidíme civilizace typu I, je možná to, že nikdy nezvládly přechod, tj. samy sebe zničily. Až jednoho dne

navštívíme jiné hvězdné soustavy, možná najdeme pozůstatky civilizací, které se samy zničily tím či oním způsobem, jejich atmosféry například zamořila radiace nebo se ohřály na teplotu znemožňující zachování života.

Ve chvíli, kdy civilizace dosáhne typu III, má k dispozici energii i znalosti, aby mohla volně cestovat po galaxii a dokonce dosáhnout planety Země. Podobně jako ve filmu *2001: Vesmírná odysea* by takové civilizace mohly například vysílat po galaxii autoreplikace schopné robotické sondy, které by hledaly inteligentní život.

Civilizace typu III by však spíše neměla zájem nás navštívit ani dobýt, jako je tomu ve filmu *Den nezávislosti*, kde se taková civilizace šíří jako egyptská rána kobylek a krouží kolem planet, aby vysála jejich zdroje. Ve skutečnosti je ve vesmíru nesčíslně mrtvých planet s obrovským nerostným bohatstvím, které by bylo možné těžit bez nepříjemností s nevypočitatelným místním obyvatelstvem. Jejich postoj k nám by se mohl podobat našemu vlastnímu postoji k mraveništi. Nemáme snahu se sklonit a nabídnout mravencům korále a cetky, jednoduše je ignorujeme.

Největší nebezpečí hrozící mravencům není, že k nim lidé vtrhnou a vyhubí je. To spíše že mraveniště zaasfaltujeme, protože nám překáží. Uvědomme si, že s ohledem na spotřebu energie je odstup mezi civilizací typu III a naší vlastní civilizací typu 0 mnohem větší než mezi námi a mravenci.

UFO

Někteří lidé tvrdí, že mimozemšťané již Zemi navštívili jako UFO. Vědci obvykle při zmínce o ufonech obracejí oči v sloup a pro velkou vzdálenost mezi hvězdami tuto možnost odmítají. Bez ohledu na reakce vědců však neustálé zprávy o UFO s léty neubývají.

Pozorování UFO je ve skutečnosti stejně staré jako dějiny samy. V bibli prorok Ezechiel záhadně zmiňuje „kolo uprostřed kola“, které viděl na nebesích, což se podle některých výkladů vztahuje k UFO. Roku 1450 př. n. l., za vlády faraona Thutmose III., zmiňují egyptští písaři událost, v níž vystupují „ohnivé kruhy“ jasnější než Slunce, o průměru asi pět metrů, které se objevovaly několik dnů po sobě a nakonec zmizely v oblacích. Roku 91 př. n. l. psal římský autor Julius Obsequens o „kulatém předmětu, kulovém nebo kruhovém štítu stoupajícím do nebes“. Roku 1235 viděli generál Yoritsume a jeho armáda v blízkosti Kjóta v Japonsku tančit na nebi podivné světelné koule. Roku 1561 byly nad Norimberkem v Německu pozorovány četné předměty jakoby bojující ve vzdušné bitvě.

Rozsáhlý výzkum pozorování UFO provedlo v nedávné době vojenské letectvo Spojených států. Roku 1952 zahájilo projekt Blue Book, který analyzoval celkem 12 618 pozorování. Zpráva došla k závěru, že velkou většinu těchto pozorování lze vysvětlit přírodními úkazy, dopravními letadly nebo žerty. Ovšem 6 % bylo ohodnoceno jako mající neznámý původ. Po uveřejnění Condonovy zprávy, která nakonec došla k závěru, že tyto studie nic nepřinášejí, byl projekt „Blue Book“ roku 1969 uzavřen. To byl poslední větší výzkum UFO prováděný americkým letectvem.

Roku 2007 uvolnila francouzská vláda pro širokou veřejnost svůj obsáhlý archiv týkající se UFO. Tento archiv, který francouzské Národní středisko pro výzkum vesmíru zveřejnilo i na internetu, obsahuje 1600 pozorování UFO za období 50 let: 100 000 stran výpovědí očitých svědků, filmy a audio-nahrávky. Francouzská vláda prohlásila, že 9 % těchto pozorování lze plně vysvětlit a pro dalších 33 % má pravděpodobné vysvětlení, avšak u ostatních nebyli schopni věci přijít na kloub.

Je ovšem těžké tato pozorování nezávisle ověřit. Většinu zpráv o UFO lze po pečlivé analýze odmítnout s tím, že se jedná o jeden z následujících jevů:

1. *Planeta Venuše, nejjasnější objekt noční oblohy po Měsíci.* Pro svou ohromnou vzdálenost od Země se zdá, jako by vás planeta při cestě vozem sledovala, což vytváří iluzi, že ji někdo řídí. Stejně je tomu i u Měsíce. Vzdálenosti odhadujeme částečně srovnáváním pohybu objektů vzhledem k okolí. Protože Měsíc i Venuše jsou dále, než kterékoli jiné objekty, nepohybují se v souladu s naším okolím a vytvářejí tak optický klam, že nás sledují.

2. *Bahenní plyny.* Během teplotní inverze se plyn nad bažinatou krajinou drží při zemi a může slabě světélkovat. Menší plynové bubliny se mohou oddělovat od větších a vytvářet tak dojem, že průzkumné čluny opouštějí „mateřskou loď“.

3. *Meteory.* Jasně světelné čáry mohou po sekundy křížovat noční oblohu a vytvářet iluzi pilotované lodě. Mohou se též během letu rozpadnout a opět tak vytvářet dojem průzkumných člunů opouštějících „mateřskou loď“.

4. *Mimořádné atmosférické jevy.* Existuje celá řada bouřkových forem a jiných atmosférických jevů, které osvětlují oblohu neobvyklým způsobem a vytvářejí tak iluzi UFO.

Ve dvacátém a jednadvacátém století by pozorování UFO mohla být generována i dalšími jevy:

1. *Radarové ozvěny.* Radiolokační vlny se mohou odrážet od hor a vytvářet ozvěny, které následně zachytí radary. Takové vlny pak na obrazovce radaru „létají obrovskou rychlostí sem a tam“, právě proto, že se jedná o pouhé ozvěny.

2. *Meteorologické a výzkumné balony.* Armáda v jedné kontroverzní zprávě tvrdí, že slavná zvěst z roku 1947 o ztroskotání mimozemšťanů v Roswellu v Novém Mexiku byla způsobena zbloudilým balonem z projektu Mogul, což byl přísně utajený projekt na sledování radiačních úrovní v atmosféře pro případ vypuknutí jaderné války.

3. *Letadla.* Je známo, že zprávy o UFO způsobují také dopravní a vojenská letadla. To platí zvláště pro zkušební lety nových experimentálních letounů, jako byl kupříkladu bombardér Stealth. (Vojsko Spojených států dokonce povzbuzovalo zprávy o létajících talířích, aby odvrátilo pozornost od svých nejtajnějších projektů.)

4. *Úmyslné žertíky.* Některé z nejznámějších obrázků, které údajně zachycují létající talíře, jsou ve skutečnosti podvod. Jeden ze známých létajících talířů, který měl dokonce okénka a přistávací podpěry, byl ve skutečnosti upravené krmítko pro slepice.

Přinejmenším 95 % pozorování lze odmítnout jakožto způsobené jednou z uvedených příčin. To však stále ještě ponechává otevřenou otázku ohledně zbývajících několika procent nevysvětlených případů. Nejvěrohodnější případy pozorování UFO jsou ty, které se vyznačují (a) vícenásobným pozorováním nezávislými věrohodnými očitými svědky, a (b) hlášením od vícenásobných zdrojů, jako od očitých svědků a z radarů. Zavrhnout takové zprávy je už obtížnější, neboť obsahují několik nezávislých kontrol. Například v roce 1986 bylo UFO pozorováno nad Aljaškou z letu JAL 1628; případ vyšetřovala FAA. UFO viděli cestující linkového letu JAL a současně je také zachytil pozemní radiolokátor. Obdobně došlo k masovému radarovému pozorování černých trojúhelníků nad Belgií v letech 1989-90, které zachytily jak radiolokátory NATO, tak i radiolokátory tryskových letounů. Roku 1976 došlo k pozorování UFO nad Teheránem v Íránu, které, jak zaznamenaly dokumenty CIA, mělo za následek mnohočetná systémová selhání stíhacího letounu F-4.

Pro vědce je frustrující, že z tisíců zaznamenaných pozorování ani jediné neposkytlo fyzický důkaz, který by vedl k výsledkům ověřitelným v laboratoři. Nebyl získán jediný vzorek mimozemského DNA, mimozemský čip či fyzický důkaz přistání mimozemšťanů.

Předpokládejme však na okamžik, že takové UFO není přelud, nýbrž skutečná vesmírná loď, a položme si otázku, jaké by mohla mít vlastnosti. Zde je několik charakteristik zaznamenaných pozorovateli.

- a. Je o nich známo, že v letu náhle mění směr.
- b. Je o nich známo, že při průletu občas přeruší zapalování v autě a naruší přívod proudu.
- c. Tiše se vznášejí ve vzduchu.

Nic z toho neodpovídá vlastnostem raket, které jsme vyvinuli na Zemi. Tak například pohyb všech známých raket se zakládá na třetím Newtonově zákonu (každé akci odpovídá reakce stejné velikosti a opačného směru); avšak zdá se, že pozorovaná UFO žádnou trysku nemají. Setrvačné síly vznikající náhlými změnami směru letu by navíc stonásobně převýšily gravitační sílu na Zemi - dokázaly by rozmačkat jakéhokoli pozemského tvora.

Lze tyto charakteristiky UFO vysvětlit s pomocí moderní vědy? Ve filmech, jako je například *UFO útočí!*, se vždy předpokládá, že loď řídí mimozemšťané. Je však pravděpodobnější, že pokud tyto lodě existují, jsou bez posádky (nebo je řídí tvor částečně organický a částečně mechanický). To by vysvětlovalo, proč člun může provádět manévry, při nichž vzniká přetížení, které by jinak živoucího tvora rozdrtilo.

Je-li loď schopná zastavit zapalování v autě a tiše se pohybovat vzduchem, nasvědčuje vše tomu, že se jedná o vozidlo poháněné magnetismem. Problém s magnetickým pohonem však spočívá v tom, že magnet má vždy dva póly, severní a jižní. Umístíte-li magnet do zemského magnetického pole, bude se jednoduše otáčet (jako strelka kompasu), nikoli vznášet v povětří jako UFO; jižní pól bude mířit jedním směrem, severní pól druhým, magnet se začne otáčet a loď nikam nepopluje.

Možným řešením tohoto problému by bylo užití „monopólů“, tedy magnetů s pouze jedním pólem, ať už severním nebo jižním. Rozpůlením magnetu však monopóly nezískáte. Místo toho se každá z poloviček magnetu stane magnetem sama o sobě, s vlastním severním i jižním pólem; stává se tedy dalším dipólem. Když takto pokračujete v rozkládání magnetu, vždy opět

získáte dvojice severního a jižního pólu. (Tento proces rozkládání magnetického dipólu na stále menší magnetické dipóly může pokračovat až na atomovou úroveň, kde jsou dipóly samotné atomy.)

V laboratoři však ke smůle vědců takový magnetický monopol nebyl nikdy pozorován. Fyzikové se snažili vyfotografovat dráhu monopolu prolétávajícího jejich zařízením, avšak neúspěšně (až na jeden velmi sporný snímek ze Stanfordské univerzity z roku 1982).

Monopóly tedy nikdy nebyly v laboratoři prokazatelně pozorovány, vědci jsou však povětšinou přesvědčeni, že v okamžiku velkého třesku jich bylo ve vesmíru plno. Tato myšlenka je součástí posledních kosmologických teorií velkého třesku. Vesmír se však po velkém třesku rychle rozpínal, hustota monopolů se v něm naředila, a proto je dnes v laboratoři nevidíme. (Ve skutečnosti bylo pozorování, že dnes monopóly chybějí, klíčem k předložení koncepce inflačního vesmíru. Myšlenka reliktních monopolů se tedy ve fyzice spěšně ujala.)

Lze si tedy představit, že by vesmírná výprava mohla posbírat tyto „prvopočáteční monopóly“ které zůstaly po velkém třesku, například pomocí magnetické „sítě“, kterou by její členové rozprostřeli po vesmíru. Jakmile by jich měli dostatek, mohli by cestovat prostorem s použitím silokřivek galaxie nebo planet, aniž by se vytvářely výfukové plyny. Monopóly jsou předmětem intenzivního zájmu mnoha kosmologů a existence takového korábu je tudíž zcela v souladu se současným uvažováním ve fyzice.

Mimozemská civilizace pokročilá natolik, že by její hvězdné koráby putovaly vesmírem, by jistě dokázala nakládat s nanotechnologiemi. To by znamenalo, že by jejich lodě nemusely být příliš velké a mohly by se po milionech vysílat k výzkumu neobydlených planet. Nejlepšími základnami pro takové nanolodě by patrně byly nehostinné měsíce. Jestliže tomu tak je, pak byl civilizací typu III v minulosti možná navštíven i náš Měsíc, podobně jako ve filmu *2001: Vesmírná odysea*, který je snad nejrealističtějším zobrazením setkání s mimozemskou civilizací. Taková vesmírná loď by pravděpodobně měla místo živé posádky roboty. (Potrvá zřejmě dalších sto let, než naše technika pokročí natolik, abychom byli schopni prozkoumat magnetické anomálie na povrchu celého Měsíce a odhalit případný důkaz o předchozím přistání nanolodi.)

Jestliže náš Měsíc v minulosti skutečně někdo navštívil, nebo na něm byla vybudována nanotechnologická základna, pak by právě použití nanotechnologií mohlo vysvětlit, proč UFO nutně nemusejí být příliš velká.

Někteří vědci se úvahám o UFO vysmívali, protože nejsou v souladu s některými vpravdě gigantickými návrhy na pohon lodí, jež vycházejí z pera dnešních techniků, jako jsou fúzní náporové motory, laserové plachetnice nebo nukleární pulzní motory, které by mohly mít rozměry až několik set metrů v průměru. UFO by mohlo být malé jako proudový dopravní letoun. Jestliže však existuje stálá měsíční základna, která byla zbudována při některé z předchozích návštěv, pak UFO ani nemusí být velké; může doplňovat palivo na základně na Měsíci.

Vzhledem k rychlému rozvoji projektu SETI a tempu objevování extrasolárních planet by ke styku s mimozemskou civilizací, za předpokladu, že taková v našem sousedství existuje, mohlo dojít již v tomto století. Takový kontakt je tedy nemožností I. řádu. Jestliže ve vesmíru jsou mimozemské civilizace, pak je nasnadě otázka: Budeme mít kdy prostředky, abychom k nim doletěli? A co nás čeká ve vzdálené budoucnosti, až se naše Slunce začne zvětšovat a Zemi pohltí? Je naše budoucnost skutečně ve hvězdách?

VESMÍRNÉ LODĚ

Celá ta hloupá myšlenka cest na Měsíc je příkladem oněch absurdit, k nimž vede vědce pomýlená specializace ... zdá se, že celý ten nápad je zcela neproveditelný.

A. W. BICKERTON, 1926

Vznešenější podíl lidstva téměř jistě nikdy nezhyne - bude cestovat od jednoho Slunce k jinému, jak budou jedno po druhém zhasínat.

A tak nenastane nikdy konec života, inteligence a lidské dokonalosti. Její pokrok je věčný.

KONSTANTIN E. CIOLKOVSKIJ, OTEC RAKETOVÉHO POHONU

Jeden krásný den ve vzdálené budoucnosti bude pro naši Zemi dnem posledním. Za miliardy let naši oblohu zachvátí plameny. Slunce se zvětší, vyplní celé nebe a rozpoutá pravé peklo na Zemi. Teplota stoupne, oceány začnou vřít, voda se vypaří a zůstane jen spálená krajina. Hory se nakonec roztaví a místy, kde dříve stála města plná života, se povalí proudy lávy.

Podle fyzikálních zákonů je tento krutý scénář nevyhnutelný. Země nakonec zhyne v plamenech Slunce, které ji pohltí. Tak praví fyzikální zákony.

K této kalamitě dojde během příštích pěti miliard let. V takových kosmických časových měřítcích je vzestup a pád lidských civilizací jen malým záchvěvem. Jednoho dne Zemi opustíme, nebo zhyneme. Jak si tedy lidstvo, naše potomstvo, poradí, až podmínky na Zemi přestanou být snesitelné?

Matematik a filozof Bertrand Russell si jednou posteskl: „...ani žár, ani hrdinství nebo síla myšlenky a citu nemůže zachovat život po smrti; že všechny snahy věků, všechna oddanost, inspirace, jas lidského génia jsou předurčeny ke zmaru v obrovském konci Sluneční soustavy; a že celý chrám

lidských výtvarků bude nevyhnutelně pohřben pod troskami zhrouceného vesmíru...“

Toto je pro mne jedna z nejstřízlivějších pasáží v anglické literatuře. Russell ji ovšem psal v době, kdy se raketové lodě považovaly za technicky nemožné. Dnes již vyhlídka, že jednou Zemi opustíme, nezní tak neuvěřitelně. Carl Sagan jednou řekl, že bychom se měli stát „dvouplanetovým druhem“. Život na Zemi je tak drahocenný, říkal, že bychom se měli pro případ katastrofy rozšířit přinejmenším na jednu další obyvatelnou planetu. Země se pohybuje uprostřed „kosmické střelnice“ asteroidů, komet a jiných úlomků prolétávajících blízko zemské dráhy, a jediná srážka s jedním z nich by mohla znamenat náš zánik.

Budoucí katastrofy

Básník Robert Frost se tázal, zda Země zanikne v ohni nebo v ledu. S použitím fyzikálních zákonů jsme schopni rozumně předpovědět, jak Země v případě přírodní katastrofy skončí.

V řádu tisíciletí je jednou z hrozeb lidské civilizaci nástup nové doby ledové. Poslední ledová doba skončila před 10 000 lety. Až za 10 000 až 20 000 let nastane další, bude většina Severní Ameriky pokryta 800 metrů tlustým ledovým krunýřem. Lidská civilizace vykvetla během současného malého meziledového období, kdy je Země neobvykle teplá, takový cyklus však nemůže trvat věčně.

V řádu milionů let mohou Zemi zpusťřit srážky s velkými meteority nebo kometami. Poslední velká nebeská srážka nastala před 65 miliony let, kdy objekt o průměru asi 10 km narazil do poloostrova Yucatán v Mexiku, vytvořil kráter o průměru okolo 280 km a vyhubil dinosaury, kteří byli do té doby na Zemi dominantní formou života. K další kosmické kolizi pravděpodobně dojde v podobném časovém měřítku.

V řádu miliard let se Slunce začne postupně rozpínat a pohltí Zemi. Odhaduje se, že během několika příštích miliard let se Slunce zahřeje přibližně o 10 % a sežehne Zemi. Zcela ji pohltí za pět miliard let, kdy se přemění na gigantického rudého obra. Naše planeta se tak ocitne uvnitř sluneční atmosféry.

Za desítky miliard let zhyne Slunce i celá Mléčná dráha. Naše Slunce nakonec spotřebuje své vodíkové a héliové palivo, smrští se na drobného bílého trpaslíka a postupně vychladne, až nakonec bude hroudou černého nukleárního odpadu plující vesmírem. Mléčná dráha se nakonec srazí se sousední

galaxií Andromedy, která je mnohem větší než naše. Spirální ramena Mléčné dráhy se roztrhnou a naše Slunce by snadno mohlo být vyvrženo do hlubokého vesmíru. Černé díry ve středech obou galaxií předvedou tanec smrti, který zakončí srážkou a následným splynutím.

Aby lidstvo přežilo, bude muset jednoho dne opustit Sluneční soustavu a vydat se k okolním hvězdám. Je tedy třeba položit si otázku, jak se k nim dostaneme. Nejbližší hvězdná soustava, Alfa Centauri, je od nás vzdálena přes čtyři světelné roky. Běžné chemické raketové motory, tahouni současného vesmírného programu, dosahují sotva rychlosti 64 000 kilometrů v hodině. Při takové rychlosti by nám cesta k nejbližší hvězdě trvala 70 000 let.

Analyzujeme-li dnešní vesmírný program, je třeba zmínit obrovskou propast mezi našimi dnešními žalostnými schopnostmi a požadavky na skutečnou vesmírnou loď, která by nám umožnila začít s průzkumem vesmíru. Od výprav na Měsíc začátkem 70. let 20. století vysílal náš pilotovaný vesmírný program astronauty v raketoplánech a na palubě Mezinárodní vesmírné stanice pouze na oběžnou dráhu do výše asi 500 km nad zemí. K roku 2010 však NASA plánuje lety raketoplánů ukončit a uvolnit místo kosmické lodi Orion, která někdy okolo roku 2020 dopraví astronauty po padesátileté přestávce znovu na Měsíc. V plánu je postavit stálou měsíční základnu s posádkou. Poté by mohla následovat pilotovaná mise na Mars.

Je zřejmé, že pokud máme dosáhnout hvězd, je nutno najít nový druh raketového pohonu. Musíme buď radikálně zvýšit tah našich raket, nebo prodloužit dobu, po kterou pracují. Například velká chemická raketa může mít tah několika tisíc tun, hoří však jen několik minut. Na rozdíl od ní mají jiné principy raketového pohonu, jako třeba iontový pohon (jak jej popíšeme dále), možná slabý tah, v mezihvězdném prostoru však mohou být v provozu celá léta. V raketové technice vítězí želva nad zajícem.

Iontové a plazmové pohony

Na rozdíl od chemických raket nevytvářejí iontové pohony onen náhlý, dramatický výtrysk superhorkých plynů, který pohání konvenční rakety. Jejich tah je velmi slabý. Leží-li na Zemi na stole, jsou příliš slabé, než aby se samy pohnuly. Co jim však chybí na tahu, bohatě vynahrazují vytrvalostí, neboť ve vzduchoprázdném mezihvězdném prostoru mohou pracovat celá léta.

Typický iontový pohon vypadá jako vnitřek vakuové televizní obrazovky. Horké vlákno je zahříváno elektrickým proudem, který dává vzniknout proudu ionizovaných atomů (například xenonu). Ten je pak vystřelován

z konce rakety. Místo aby jej poháněl výtrysk horkých výbušných plynů, pohání iontový motor tenký, avšak stálý tok iontů.

Iontový motor NSTAR vyzkoušela NASA v meziplanetárním prostoru na palubě sondy Deep Space 1, vypuštěné roku 1998. Iontový pohon fungoval po 678 dní, což byl pro tento typ motorů rekord. Evropská kosmická agentura vyzkoušela iontový pohon na sondě Smart 1. Japonskou vesmírnou sondu Hayabusa, která prolétla kolem asteroidu, poháněly čtyři xenonové iontové motory. Iontový pohon vypadá na pohled nezajímavě, své uplatnění však najde při dálkových misích (při nichž nebude třeba spěchat). Jednoho dne možná budou iontové motory standardním vybavením meziplanetárních dopravních prostředků.

Silnější verzí iontového pohonu je pohon plazmový, například VASIMR, používající silný proud plazmatu. Zkonstruoval jej astronaut a inženýr Franklin Chang-Diaz. Pomocí rádiových vln a magnetického pole zahřeje vodíkový plyn na teplotu jednoho milionu stupňů. Superhorká plazma, která začne proudit z konce rakety, vyvine značný tah. Prototypy tohoto zařízení byly již na Zemi postaveny, žádné však ještě nebylo vysláno do kosmu. Někteří technici doufají, že plazmový pohon bude možno použít na misi k Marsu a tím významně zkrátit trvání cesty až na pouhých několik měsíců. Některé systémy užívají k zahřátí plazmatu sluneční energie. Jiné systémy používají jaderného štěpení (což vyvolává obavy o bezpečnost, protože je třeba s sebou na lodi náchylné k nehodě vozit velké množství jaderného materiálu).

Ani iontový, ani plazmový pohon však nemají dost energie, aby nás dopravily ke hvězdám. K tomu bychom potřebovali zcela nový princip pohonu. Vážnou překážkou při konstrukci vesmírných korábů je ohromné množství paliva potřebné pro let i k té nejbližší hvězdě, a dlouhá doba, kterou by trvalo dosažení vzdáleného cíle.

Sluneční plachetnice

Jeden z navrhovaných principů, který by tyto problémy mohl vyřešit, je sluneční plachetnice. Využívá skutečnosti, že sluneční svit působí velmi malým, avšak stálým tlakem, dostatečným k pohánění veliké plachty. Myšlenka sluneční plachetnice je stará a pochází z pojednání s názvem *Sen*, které roku 1611 sepsal velký astronom Johannes Kepler. Fyzikální princip sluneční plachetnice je velmi jednoduchý, nicméně pokrok při konstrukci prototypu, který by bylo možno vyslat do vesmíru, se neobešel bez potíží. Roku 2004

uplatnila japonská raketa úspěšně ve vesmíru dvě malé sluneční plachetnice. V roce 2005 vypustily Planetární společnost, Cosmos Studios a Ruská akademie věd z ponorky v Barentsově moři plachetnici Cosmos 1, avšak nosná raketa Volna selhala a plachetnice nedosáhla oběžné dráhy. (Předchozí pokus o suborbitální plachetnici v roce 2001 taktéž selhal.) Patnáctimetrová plachetnice, kterou roku 2006 na oběžnou dráhu vynesla japonská raketa M-V, byla úspěšně vypuštěna, ale její plachta se zcela nerozvinula.

Pokrok v technice slunečních plachetnic byl bolestně pomalý, avšak jejich příznivci připadli na novou myšlenku, jak se dostat ke hvězdám: postavit na Měsíci velkou baterii laserů schopnou vysílat na sluneční plachetnici intenzivní laserové svazky a umožnit jí tak doplachtit k nejbližší hvězdě. Vlastnosti takové meziplanetární sluneční plachetnice by byly skutečně ohromující. Plachetnice samotná by měřila stovky kilometrů a musela by se celá zkonstruovat v meziplanetárním prostoru. Na Měsíci by bylo třeba postavit tisíce mohutných laserů, schopných zářit nepřetržitě po léta až desetiletí. (Podle jednoho odhadu by bylo nutno provozovat lasery s celkovým výkonem rovným tisícinásobku současného celkového silového výkonu na planetě Zemi.)

Teoreticky by tato mamutí sluneční plachetnice mohla být schopna cestovat až poloviční rychlostí světla. Trvalo by jí pouhých osm let, než by dosáhla nejbližší hvězdy. Výhodou takového pohonu by bylo, že by využíval technologii dnes běžně dostupných. K vytvoření plachetnic by nebylo zapotřebí objevovat žádné nové fyzikální zákony. Hlavní problémy jsou ovšem ekonomického a technického rázu. Technické problémy s vytvořením stovky kilometrů velké plachetnice poháněné tisíci mohutnými lasery umístěnými na Měsíci jsou značné a vyžadují technologie dosažitelné snad za sto let. (Jedním z problémů s mezihvězdnou sluneční plachtou je její návrat. Abychom získali pohon pro cestu zpátky k Zemi, musela by se na vzdáleném měsíci vytvořit druhá baterie laserů. Další možností je, že by loď rychle obkroužila hvězdu, použila ji jako prak a tím by získala dostatečnou rychlost pro zpáteční cestu. Pak by se lasery na Měsíci použily ke zpomalení plachetnice, aby mohla přistát na Zemi.)

Fúzní náporový motor

Můj vlastní horký kandidát na pohon pro let k hvězdám je fúzní náporový motor. Vzhledem k tomu, že ve vesmíru je dostatek vodíku, náporový motor by mohl nabírat vodík při svém pohybu prostorem, což by mu v podstatě

poskytovalo nevyčerpatelný zdroj raketového paliva. Jakmile by se shromážděný vodík zahřál na teplotu několika milionů stupňů, došlo by k jeho slučování a uvolnila by se energie termojaderné reakce.

Fúzní náporový motor navrhl roku 1960 fyzik Robert W. Bussard a později jej zpopularizoval Carl Sagan. Bussard spočítal, že takový motor o váze 1000 tun by byl teoreticky schopen udržet tah 1 g, tedy srovnatelný s tíhou, která nás přitahuje k Zemi. Kdyby motor udržel zrychlení 1 g po dobu jednoho roku, dosáhl by 77 % rychlosti světla, což by stačilo k tomu, aby se mezihvězdné cestování stalo reálnou možností.

Spočítat požadavky na fúzní náporový motor je snadné. Za prvé, známe průměrnou hustotu vodíku ve vesmíru. Lze také zhruba spočítat, kolik vodíku se musí spálit pro dosažení zrychlení 1 g. Z toho dále vyplývá, jak velký musí být sběrač na zachycování vodíkového plynu. Za rozumných předpokladů vychází, že by byl zapotřebí lapač o průměru kolem 160 km. Postavit něco takového na povrchu Země by nebylo možné, v meziplanetárním prostoru by vzhledem k beztlákovému stavu bylo problémů méně.

V principu by náporový motor mohl fungovat libovolně dlouho a nakonec doletět ke vzdáleným hvězdným soustavám naší galaxie. Čas se podle Einsteina v raketě zpomaluje, takže by se mohlo dosáhnout astronomických vzdáleností, aniž by bylo nutno uvádět posádku do umělého spánku. Poté, co by koráb letěl se zrychlením 1 g po dobu 11 let (podle hodin na palubě), dosáhl by hvězdokupy Plejády, vzdálené 400 světelných let. Za 23 let by doletěl k mlhovině v Andromedě vzdálené od Země dva miliony světelných let. Teoreticky by loď mohla dosáhnout hranic viditelného vesmíru během života členů posádky (byť na Zemi mezitím uplynou miliardy let).

Jedinou klíčovou nejasností je fúzní reakce. Fúzní reaktor ITER, který se má stavět na jihu Francie, slučuje za účelem získávání energie dva vzácné izotopy vodíku, deuterium a tritium. V mezihvězdném prostoru je však nejčastější formou vodíku jeden proton obklopený elektronem. Fúzní náporový motor by tedy musel využít fúzní reakce proton-proton. Fúzní proces deuterium-tritium fyzikové studovali po desetiletí, proces proton-proton je však prozkoumán mnohem méně, je obtížnější jej docílit, a vzniká při něm mnohem méně energie. Zvládnutí obtížnější reakce proton-proton tak bude technickou výzvou pro příští desetiletí. (Někteří inženýři navíc vyjádřili pochybnost, zda náporový motor při rychlostech blížících se rychlosti světla bude schopen překonat odpor prostředí.)

Dokud nebude zpracována fyzika a ekonomika fúze proton-proton, je obtížné správně odhadnout, zda je náporový motor realizovatelný. Je to nicméně jeden z nejnadějnějších kandidátů pro každou uvažovanou misi ke hvězdám.

Nukleární elektrická raketa

Roku 1956 se americká Komise pro atomovou energii (AEC) začala v projektu Rover vážně zabývat jadernými raketami. Teoreticky by se štěpného jaderného reaktoru dalo využít k zahřátí plynů, kupříkladu vodíku, na extrémní teploty. Tyto plyny by pak tryskaly z konce rakety a tím vyvíjely tah.

Pro nebezpečí výbuchu v zemském ovzduší, při němž by se mohlo uvolnit jedovaté jaderné palivo, se první verze jaderných raketových motorů ukládaly vodorovně na železniční koleje, kde se jejich výkon dal pečlivě sledovat. Jako první byla roku 1959 vyzkoušena raketa Kiwi 1 (případně pojmenovaná podle nelétavého australského ptáka). V 60. letech se NASA spojila s AEC a vytvořila raketový motor na bázi jaderného reaktoru (NERVA), což byla první jaderná raketa testovaná ve svislé poloze. Roku 1968 byla tato jaderná raketa spuštěna s motorem směřujícím nahoru (tedy „hlavou vzhůru“).

Výsledky výzkumu nebyly jednoznačné. Rakety byly velmi složité a často selhávaly. Intenzivní vibrace jaderného motoru často narušily svazky paliva a loď se rozlomila. Stále problémy působila také koroze vzniklá vlivem vodíku spalovaného při vysokých teplotách. Program jaderných raket byl roku 1972 ukončen.

U těchto atomových raket existuje ještě další problém: nebezpečí samovolné jaderné reakce, jako v malé jaderné pumě. Dnešní komerční jaderné elektrárny jsou poháněny rozředěným jaderným palivem a nemohou proto vybuchnout jako bomba v Hirošimě; avšak atomové rakety, aby vytvářely maximální tah, pracují s vysoce obohaceným uranem a mohly by tudíž explodovat v řetězové reakci a způsobit tak malý jaderný výbuch. Když již bylo schváleno uzavření celého programu jaderných raket, rozhodli se vědci provést ještě jeden poslední test. Nechali raketu vybuchnout jako malou jadernou pumu. Odstranili kontrolní tyče, které brání jaderné reakci. Reaktor se stal nadkritickým a došlo k velkému ohnivému výbuchu. Tento spektakulární konec jaderného raketového programu byl dokonce zachycen na film. Rusy to nijak nepotěšilo. Považovali tento žertík za porušení smlouvy o zákazu pokusných jaderných výbuchů, která zakazovala nadzemní výbuchy jaderných bomb.

V uplynulých letech se vojáci k jaderným raketám opakovaně vraceli. Jeden z tajných projektů se nazýval Timberwind Nuclear Rocket a byl součástí obranné iniciativy zvané Hvězdné války, činné v 80. letech 20. století. (Od projektu bylo upuštěno, když Federace amerických vědců uveřejnila detaily o jeho existenci.)

Hlavním problémem raket s jaderným štěpením je bezpečnost. Vesmírný věk trvá již 50 let, a přesto postihne chemickou pohonnou raketu katastrofické selhání v asi 1 % případů. (Nehody raketoplánů Challenger a Columbia, při nichž tragicky zahynulo čtrnáct astronautů, tento poměr selhání opět potvrdily.)

V několika posledních letech, poprvé od programu NERVA z šedesátých let, se NASA vrátila k jaderným raketám. Roku 2003 pokřtila nový projekt Prometheus pojmenovaný podle řeckého poloboha, jenž přinesl lidstvu oheň. V roce 2005 dostal Prometheus 430 milionů dolarů, nicméně následujícího roku byla finanční podpora snížena na 100 milionů. Budoucnost projektu je nejasná.

Nukleární pulzní rakety

Jinou vzdálenou možností pro pohon hvězdného korábu je použití série jaderných minibomb. V projektu Orion se měly ze zádi rakety vypouštět atomové minibomby, přičemž loď by se „vezla“ na rázových vlnách vytvářených těmito vodíkovými minipumami. Teoreticky by takový systém mohl urychlit loď na téměř světelné rychlosti. S myšlenkou přišel roku 1947 Stanislaw Ulam, jenž se účastnil konstrukce prvních vodíkových pum, a rozvinuli ji Ted Taylor, jeden z vedoucích konstruktérů jaderných hlavic pro americkou armádu, a fyzik Freeman Dyson z Institutu pokročilých studií v Princetonu.

Koncem 50. a v průběhu 60. let se v souvislosti s touto mezihvězdnou raketou prováděly složité výpočty. Odhadovalo se, že loď by při nejvyšší cestovní rychlosti rovné 10 % rychlosti světla mohla doletět k Plutu a nazpátek během jediného roku. Avšak i touto rychlostí by cesta k nejbližší hvězdě trvala 44 let. Vědci uvažovali, že vesmírná archa poháněná pulzní raketou by musela být na cestě po staletí, osídlena vícegenerační posádkou, jejíž děti by se na arše narodily a strávily by na ní celý život, aby jejich potomci mohli dosáhnout blízkých hvězd.

Roku 1959 vydala společnost General Atomics zprávu, v níž odhadovala velikost lodi. Největší verze, zvaná Super Orion, by vážila osm milionů tun, měřila v průměru 400 m a pohánělo by ji přes 1000 vodíkových pum.

Jedním z velkých problémů projektu ovšem byla možnost kontaminace jaderným odpadem během startu. Dyson odhadl, že jaderný odpad z každého vypuštění by způsobil nevléčitelnou rakovinu u deseti lidí. Elektromagnetický šok ze startu rakety by byl navíc tak velký, že by způsobil zkraty v přilehlých elektrických systémech.

Podepsání Smlouvy o částečném zákazu jaderných zkoušek v roce 1963 bylo umíráčkem projektu. Od programu nakonec odstoupil i konstruktér jaderných pum Ted Taylor, hlavní hybná síla projektu. (Jednou se mi svěřil, že jej definitivně rozčarovalo, když si uvědomil, že fyzika jaderných minibomb by mohla být použita i teroristy pro stavbu přenosných atomových náloží. Pro svou nebezpečnost byl projekt zrušen, jeho název však přežívá ve jménu kosmické lodi Orion, kterou se NASA rozhodla od roku 2010 nahradit program raketoplánů.)

Koncept rakety s jaderným pohonem byl nakrátko vzkříšen v letech 1973 až 1978 Britskou meziplanetární společností při projektu Daedalus, což byla předběžná studie, která měla za úkol zjistit, zda by bylo možné postavit automaticky řízenou vesmírnou sondu schopnou doletět k Barnardově hvězdě vzdálené 5,9 světelných let. (Barnardova hvězda byla zvolena kvůli domněnce, že by mohla mít planetu. Od té doby sestavily astronomky Jill Tarterová a Margaret Turnbullová seznam 17 129 blízkých hvězd, kolem nichž by mohla obíhat planeta schopná hostit život. Nejslibnějším kandidátem je Epsilon Indi A ve vzdálenosti 11,8 světelných roků.)

Raketová loď plánovaná pro projekt Daedalus byla tak velká, že by musela být sestavena v kosmu. Vážila by 54 000 tun, z čehož by naprostou většinu tvořilo raketové palivo, a mohla by dosáhnout 7,1 % rychlosti světla s užitečným zatížením 450 tun. Na rozdíl od projektu Orion, který používal malých štěpných náloží, měl projekt Daedalus užívat vodíkové minibomby se směsí deuterium-helium-3, rozněcované elektronovými svazky. Pro značné technické problémy a obavy týkající se jaderného pohonu byl projekt Daedalus také ukončen.

Měrný impulz a účinnost stroje

Inženýři někdy mluví o takzvaném „měrném impulzu“ umožňujícím srovnávat účinnost motorů různých systémů. „Měrný impulz“ je definován jako poměr změny hybnosti k množství paliva. Čím je tedy motor účinnější, tím méně paliva je třeba k vynesení rakety do vesmíru. Impulz je součin působící síly a doby jejího působení. Chemické rakety mají sice velmi vysoký tah,

pracují však jen po několik minut, a proto mají velmi malý měrný impulz. Iontové motory pracují po léta a mohou proto mít vysoký měrný impulz i při velmi malém tahu.

Měrný impulz se měří v sekundách. Typická chemická raketa může mít měrný impulz 400 až 500 sekund. Měrný impulz motoru raketoplánu je 453 sekund. (Nejvyšší kdy dosažený měrný impulz chemické rakety byl 542 sekund s použitím palivové směsi vodíku, lithia a fluoru.) Iontový motor u iontového motoru Smart 1 měl měrný impulz 1640 sekund. Jaderná raketa dosahovala měrného impulzu 850 sekund.

Nejvyšší možný měrný impulz by měla raketa schopná dosáhnout rychlosti světla; rovnal by se asi 30 milionům. Následuje tabulka měrných impulzů pro různé druhy raketových motorů.

Typ raketového motoru	Měrný impulz
Raketa s pevným palivem	250
Raketa s tekutým palivem	450
Iontový motor	3000
Plazmový motor VASIMR	1000 až 30 000
Jaderná raketa s štěpným reaktorem	800 až 1000
Jaderná raketa s fúzním reaktorem	2 500 až 200 000
Nukleární pulzní raketa	10 000 až 1 milion
Raketa s antihmotovým pohonem	1 milion až 10 milionů

(Laserové plachetnice a náporové motory mají v podstatě nekonečný měrný impulz, neboť nenesou žádné raketové palivo.)

Vesmírné výtahy

Vážnou námitkou proti mnohým těmto raketovým systémům je, že jsou tak obrovské a těžké, že by se na Zemi nikdy nedaly postavit. Někteří vědci proto navrhli stavět je v kosmu, kde by beztlíže astronautům umožnila s lehkostí zvedat i ty nejtěžší předměty. Kritikové však upozorňují na příliš vysoké náklady na montáž v kosmickém prostoru. Kompletní stavba Mezinárodní vesmírné stanice bude například vyžadovat více než stovku startů nosných raket a náklady dosáhnou 100 miliard dolarů. Je to nejnákladnější vědecký projekt v dějinách.

Postavit v kosmu mezihvězdnou plachetnici nebo sběrač náporového motoru by stálo několikanásobek této částky.

Autor vědeckofantastické literatury, spisovatel Robert Heinlein s oblibou říkával, že dostanete-li se 160 km nad zemský povrch, jste už na půli cesty kamkoli ve Sluneční soustavě. To proto, že prvních 160 km po startu, kdy se raketa vymaňuje ze zemské přitažlivosti, je zdaleka nejnáročnějších. Potom už může raketová loď téměř doplachtit k Plutu nebo ještě dále.

Jedním ze způsobů, jak v budoucnosti drasticky snížit náklady, by bylo vymyslet vesmírný výtah. Myšlenka vyšplhat se po laně do nebes není nová, známe ji z pohádky o chlapci, který šplhal po fazolovém stonku stále výš a výš; kdybychom však uměli poslat lano daleko do kosmu, mohla by se tato představa stát skutečností. Odstředivá síla otáčení Země by totiž postačovala k vyrušení gravitace, a lano by nikdy nespadlo. Stoupalo by magicky kolmo k nebi a mizelo v oblacích. (Představme si míč, jímž točíme na provázku. Vypadá to, jako by míč odolával přitažlivosti, protože odstředivá síla míč odtahuje od středu otáčení. Stejným způsobem by se velmi dlouhé lano působením otáčení Země vznášelo ve vzduchu.) Ničeho jiného než rotace Země by nebylo k udržení lana třeba. Člověk by teoreticky mohl po laně šplhat a odebrat se do výšin. Studentům nižších ročníků fyziky někdy dáváme za úkol, aby vypočítali napětí takového lana. Lehko se ukáže, že tah vyvíjený na lano by stačil i k přetržení ocelového kabelu, a to byl také důvod, proč tak dlouho vládlo přesvědčení, že postavit vesmírný výtah není možné.

První, kdo se vážně zabýval studiem vesmírného výtahu, byl vizionářský ruský vědec Konstantin Ciolkovskij. V roce 1895 se inspiroval Eiffelovou věží a představoval si věž stoupající vzhůru, která by spojovala Zemi s „nebeským palácem“ ve vesmíru. Stavěla by se zdola nahoru, začalo by se na Zemi a inženýři by ji pomalu prodlužovali do nebes.

Roku 1957 navrhl ruský vědec Jurij Arcutanov nové řešení, totiž že by se vesmírný výtah stavěl v opačném směru, shora dolů, a začalo by se ve vesmíru. Představoval si, že by se z družice nacházející se na geostacionární dráze (to znamená ve výšce, odkud se družice na Zemi jeví nehybná, tedy v 58 000 km nad Zemí) spustil dolů na Zemi kabel, který by se následně zakotvil do Země. Lano pro vesmírný výtah by muselo odolat tahu zhruba 60 až 100 gigapascalů (Gpa). Ocel se trhá při asi 2 GPa, a tak je realizace této myšlenky nedosažitelná.

Myšlenka vesmírného výtahu dosáhla mnohem širší publicity s uveřejněním románu Arthura C. Clarka *Rajské fontány* z roku 1979 a románu Roberta Heinleina *Friday* z roku 1982. Bez dalšího pokroku však myšlenka skomírala.

Vše se významně změnilo, když chemici vyvinuli uhlíková nanovlákná. Zájem o ně vyvolala práce Sumia Iijimy z firmy Nippon Electric z roku 1991 (ačkoli uhlíková nanovlákná jsou ve skutečnosti doložena již z 50. let 20. století, tehdy se ovšem této problematice nikdo nevěnoval). Je pozoruhodné, že nanovlákná jsou mnohem pevnější než ocelový kabel, avšak také mnohem lehčí. Svou pevností vlastně přesahují požadavky na lano vesmírného výtahu. Vědci jsou přesvědčeni, že vlákno z uhlíkových nanovláken by vydrželo tah 120 Gpa, což s rezervou přesahuje tah u výtahu. Tento objev znovu vzkřísil starou myšlenku.

Vesmírným výtahem se vážně zabývala jedna ze studií NASA z roku 1999. Uvažovalo se v ní o stuze široké jeden metr a dlouhé okolo 47 000 km, schopné dopravit na oběžnou dráhu Země přibližně 15 tun užitečné zátěže. Takový vesmírný výtah by mohl přes noc změnit výdaje na vesmírné cesty. Náklady by bylo možno zredukovat desettisíckrát, což je překvapivá a převratná změna.

V současné době stojí doprava jednoho kilogramu materiálu na oběžnou dráhu 20 000 dolarů a více (dopřít jeden gram zátěže přijde přibližně na tolik, co gram zlata). Každá mise raketoplánu stojí 700 milionů dolarů. Vesmírný výtah by náklady mohl zredukovat na pouhé dva dolary za kilogram. Takové zásadní snížení výdajů na vesmírné programy by mohlo způsobit převrat ve způsobu, jakým hledíme na vesmírné lety. Prostým stlačením knoflíku výtahu bychom mohli dojet do vesmíru zdviží za cenu letenky.

Než však postavíme vesmírný výtah, který nás vynese na nebesa, bude třeba překonat nemalé překážky praktického rázu. V současnosti nejsou čistá uhlíková nanovlákná vytvořená v laboratoři delší než 15 mm. Pro vesmírný výtah by bylo třeba vytvořit kabely z nanovláken dlouhých tisíce kilometrů. Z vědeckého hlediska se jedná o čistě technický problém, nicméně problém zapeklitý a těžký, a bez jeho vyřešení se konstrukce vesmírné zdviže neobejde. Řada vědců se domnívá, že technologii výroby dlouhých kabelů z uhlíkových nanovláken bychom měli zvládnout.

Za druhé, mikroskopické nečistoty v uhlíkových nanovláknách by v dlouhých kabelech mohly působit potíže. Nicola Pugno z polytechniky v italském Turíně odhaduje, že kdyby byl v uhlíkovém nanovlákně nesprávně umístěn byt' jediný atom, jeho pevnost poklesne o 30 %. Celkově by poruchy na atomární úrovni mohly snížit pevnost kabelu z nanovláken až o 70 % a jeho pevnost by tak klesla pod minimální počet gigapascalů potřebných pro udržení vesmírného výtahu.

FYZIKA NEMOŽNÉHO

Aby NASA podnítila zájem podnikatelů o vesmírný výtah, vypsalala dvě ceny. (Ceny jsou vytvořeny podle příkladu desetimilionové ceny Ansari X, která se osvědčila v podnícení podnikavých vynálezců k vytvoření komerční rakety schopné dopravit cestovatele do vesmíru. Tuto cenu získala roku 2004 raketa Spaceship One.) Ceny, které NASA nabízí, se nazývají Beam Power Challenge a Tether Challenge. Pro získání první musí autoři po laně (visícím z jeřábu) vyslat rychlostí jeden metr za sekundu do výšky nejméně 50 metrů mechanické zařízení vážící alespoň 25 kilogramů. Vypadá to snadně, háček je však v tom, že zařízení nesmí použít palivo, baterie nebo elektrický přívod. Robotické zařízení musí získávat energii ze solárních článků, slunečních reflektorů, laserů nebo mikrovln - tedy energetických zdrojů, které jsou pro práci v kosmu vhodnější.

V druhé soutěži musí autoři vytvořit dvoumetrové lanko, které neváží více než dva gramy a unese o 50 % více než nejlepší lanko z minulého roku. Účelem je podnítit výzkum a vývoj lehkých materiálů natolik pevných, že budou moci být nataženy na vzdálenost 100 000 km. Ceny jsou ve výši 150 000, 40 000 a 10 000 dolarů. (Obtížnost úkolu je zřejmá z toho, že v prvním roce soutěže cenu nezískal nikdo.)

Úspěšný vesmírný výtah by byl schopen zrevolutionizovat vesmírný program, i taková zařízení však mají svá úskalí. Například dráhy sond pohybujících se nízko nad Zemí se neustále posouvají (důvodem je, že se Země pod nimi protáčí). Družice by se tudíž s vesmírným výtahem srazily rychlostí 28 000 km/hod a lano by se přetrhlo. Aby se takové katastrofě předešlo, budou v budoucnosti muset družice buď obsahovat malé rakety, pomocí nichž by manévrovaly kolem výtahu, nebo by malými raketami bylo vybaveno lano a s jejich pomocí by se vyhýbalo prolétávajícím družicím.

Problémem jsou také srážky s mikrometeority, protože vesmírný výtah sahá vysoko nad zemskou atmosféru, která nás obvykle před meteory chrání. Srážky s mikrometeority jsou nepředvídatelné, a proto musí být vesmírný výtah vybaven dodatečným štítem a možná i neselhávajícími záložními systémy. Problémy by mohly nastat i s bouřlivými atmosférickými jevy, jako jsou hurikány, přílivové vlny a bouře.

Efekt praku

Další novátorskou metodou, jak udělit předmětu rychlost blízkou rychlosti světla, je použití „praku“. Když NASA vysílá sondy k vnějším planetám, nechá je někdy prosmýknout kolem blízké planety, při čemž sonda prakovým

efektem zvýší svou rychlost. NASA tak ušetří drahocenné raketové palivo. Tímto způsobem byla družice Voyager schopna dosáhnout Neptunu, jenž leží blízko samé hranice Sluneční soustavy.

Se zajímavou myšlenkou přišel princetonský fyzik Freeman Dyson: Ve vzdálené budoucnosti bychom mohli objevit dvě neutronové hvězdy obíhající velkou rychlostí kolem sebe navzájem. Kdybychom se k jedné z nich přiblížili na velmi krátkou vzdálenost a prosmýkli se kolem ní, budeme následně vyvrženi do prostoru rychlostí blížící se třetině rychlosti světla. Vlastně bychom využili gravitace, která by nás „postrčila“ natolik, až bychom téměř dosáhli rychlosti světla. Teoreticky by to mohlo fungovat.

Objevily se i návrhy, abychom se k dosažení rychlosti blízké rychlosti světla takto prosmýkli kolem našeho vlastního Slunce. Tato metoda byla použita ve filmu *Star Trek IV: Cesta domů*, kde posádka lodi Enterprise unese klingonskou loď a pak spěchá do blízkosti Slunce, aby prolomila světelnou bariéru a pospíšila si domů. Když Zemi ve filmu *When Worlds Collide* (*Když se srazí světy*) hrozí srážka s asteroidem, prchnou z ní vědci pomocí gigantického toboganu. Raketová loď se spustí na tobogan, získá vysokou rychlost, projede spodkem toboganu a vystřelí do kosmu.

Ve skutečnosti ovšem žádnou z těchto metod použití gravitace k urychlení cesty do vesmíru nelze použít. (Vzhledem k zákonu o zachování energie platí, že když se spustíme dolů po toboganu a vyjedeme zpátky nahoru, dosáhneme *stejně* rychlosti, s jakou jsme startovali, což znamená, že vůbec žádnou energii nezískáme. Podobně když prolétneme kolem Slunce stojícího na místě, získáme stejnou rychlost, jako byla ta, kterou jsme měli na počátku.) Důvodem, proč by mohla fungovat Dysonova metoda použití dvou neutronových hvězd je, že tyto hvězdy rotují velmi rychle. Loď využívající prakového efektu získává energii z pohybu planety nebo hvězdy. Kdyby se ony nepohybovaly, žádného prakového efektu nedosáhneme.

Dysonův návrh by mohl přinést úspěch. To ovšem není dnešním pozemským vědcům nic platné, protože bychom se museli nejdříve se svou vesmírnou lodí dostat k rotujícím neutronovým hvězdám.

Kolejnicové dělo do nebes

Další vynalézavou metodou, jak vymrštít předměty do vesmíru fantastickou rychlostí, je kolejnicové elektromagnetické dělo. Arthur C. Clarke a další je použili ve svých vědeckofantastických příbězích, a vážně se o nich uvažovalo také jako o součásti protiraketového štítu v rámci programu Hvězdné války.

Místo aby se střela velkou rychlostí vypustila s pomocí raketového paliva nebo střelného prachu, používá kolejnicové dělo elektromagnetické síly.

Ve své nejjednodušší podobě se kolejnicové dělo skládá ze dvou rovnoběžných drátů nebo kolejnic, mezi něž je umístěna střela. Dokonce již Michael Faraday věděl, že na elektrický proud umístěný do magnetického pole působí síla. (To je vlastně základem všech elektromotorů.) Vyšleme-li do soustavy miliony ampérů elektrického proudu, vytvoří se kolem kolejnic obrovské magnetické pole. To pak urychlí střelu podél kolejí na obrovské rychlosti.

Kolejnicová děla již vysokou rychlostí úspěšně vystřelila kovové předměty na malé vzdálenosti. Je pozoruhodné, že jednoduché kolejnicové dělo by teoreticky mělo být schopno vystřelit kovovou střelu rychlostí 29 000 km/hod, takže by se dostala na oběžnou dráhu kolem Země. Těmito děly, která by vynášela užitečnou zátěž ze Země na oběžné dráhy, by v podstatě bylo možné nahradit celou raketovou flotilu NASA. Kolejnicové dělo má před chemickými raketami a děly významné výhody. V dělu je konečná rychlost, s níž rozpínající se plyn vytlačuje střelu, omezena rychlostí postupu rázové vlny. Jules Verne ve svém slavném příběhu *Ze Země na Měsíc* použil k dopravení astronautů na Měsíc střelného prachu, lze však vypočítat, že krajní rychlost dosažitelná pomocí střelného prachu je pouhým zlomkem potřebné rychlosti. Kolejnicová děla však nejsou limitována rychlostí rázových vln.

Ovšem i s kolejnicovými děly jsou potíže. Urychlují předměty tak mocně, že je náraz na vzduch obvykle rozdrťí. Užitečná zátěž se při opuštění hlavně kolejnicového děla silně zdeformuje, protože náraz střely na vzduch je stejně intenzivní jako náraz do zdi. K její deformaci navíc stačí již obrovské urychlení podél kolejí. Koleje je také třeba pravidelně obnovovat, protože je střela poškozují, a setrvačná síla by byla tak silná, že by usmrtila astronauta, protože by mu snadno polámala všechny kosti v těle.

Jedním z návrhů je umístit takové dělo na Měsíc. Daleko od zemské atmosféry by střela z kolejnicového děla mohla bez potíží letět vzduchoprázdnem. Ovšem užitečnou zátěž by mohla poškodit již obrovská zrychlení vznikající v samotném dělu. V určitém smyslu jsou kolejnicová děla opakem laserových plachet, které dosahují své konečné rychlosti postupně po dlouhou dobu. Slabinou kolejnicových děl je, že vzniká tolik energie na tak malém prostoru.

Kolejnicová děla schopná vystřelovat objekty k blízkým hvězdám by byla velmi drahá. Jedním z návrhů je postavit kolejnicové dělo v kosmickém prostoru. Zařízení, které by mělo délku dvou třetin vzdálenosti Země od Slunce,

by shromažďovalo sluneční energii, kterou by pak v jediném okamžiku všechnu zavedlo do děla a vypustilo desetitunový náklad rychlostí rovnou jedné třetině rychlosti světla s urychlením 5000 g. Není divu, že takové obrovské zrychlení by byl schopen přečkat jen nejhrouževnatější náklad.

Nebezpečí vesmírných cest

Vesmírné cestování samozřejmě není nedělní výlet. Pilotované lety k Marsu a dále čekají obrovská nebezpečí. Život v bezpečí přežíval na Zemi po miliony let. Ozónová vrstva chrání Zemi před ultrafialovými paprsky, její magnetické pole před slunečními protuberancemi a kosmickým zářením a hustá atmosféra před meteory, které po vstupu do jejích vnějších vrstev shoří. Samozřejmostí jsou pro nás mírné teploty a příhodný tlak vzduchu. Musíme se však připravit na to, že ve většině vesmíru vládne chaos se smrtonosnými radiačními pásy a hejny nebezpečných meteorů.

První problém, s nímž se je třeba vyrovnat při delších vesmírných letech, je beztlíže. Dlouhodobé studie prováděné Rusy ukázaly, že ve vesmíru tělo ztrácí cenné minerální látky a sloučeniny daleko rychleji, než se čekalo. I při přísném režimu tělesných cvičení byly po ročním pobytu na vesmírné stanici kosti a svaly ruských kosmonautů tak atrofované, že se po návratu na Zemi sotva plazili jako nemluvnata. Atrofie svalů, poškození kosterní soustavy, nižší produkce červených krvinek a snížená funkce kardiovaskulárního systému jsou patrně nevyhnutelnými následky déletrvající beztlíže.

Mise k Marsu, která bude trvat několik měsíců až rok, posune samotné hranice odolnosti našich astronautů. Při dlouhodobých misích k blízkým hvězdám by však tyto problémy mohly mít fatální následky. Mezihvězdné čluny budoucnosti možná budou muset rotovat a vytvářet tak pomocí odstředivé síly umělou gravitaci, aby se na nich vůbec mohl udržet lidský život. Taková úprava by značně zvýšila složitost a cenu budoucích vesmírných lodí.

Za druhé, mikrometeority letící prostorem rychlostí mnoha desítek tisíc kilometrů v hodině by nás mohly přinutit, abychom vesmírné lodě vybavili zvláštními štíty. Podrobné prozkoumání pláště raketoplánů prokázalo několik menších, avšak potenciálně smrtících stop po drobných meteoritech. V budoucnosti budou vesmírné lodě možná muset obsahovat speciální dvojnásobně zesílenou komoru pro posádku.

Úroveň radiace ve vesmíru je mnohem vyšší, než se dříve myslelo. Během jedenáctiletého cyklu slunečních skvrn mohou sluneční protuberance vysílat

směrem k Zemi obrovská množství smrtícího plazmatu V minulosti již tento jev přinutil astronauty na vesmírné stanici hledat speciální ochranu proti potenciálně smrtonosné salvě jaderných částic. Vesmírné procházky během takových slunečních erupcí by mohly mít fatální následky. (Již při prostém letu z Los Angeles do New Yorku obdržíme každou hodinu letu dávku radiace o velikosti zhruba jednoho miliremu. Za celý let jsme vystaveni téměř stejnému ozáření jako při pořízení rentgenového snímku u zubního lékaře.) V kosmu, kde nás nechrání atmosféra ani magnetické pole Země, by ozáření radiací mohlo představovat vážný problém.

Umělá hibernace

Raketové konstrukce, které jsem doposud zmínil, často vyvolají následující kritiku: I kdybychom byli schopni takové vesmírné čluny postavit, bude pak trvat desetiletí až staletí, než doletíme k nejbližším hvězdám. Taková mise by musela mít vícegenerační posádku, kde by konečného cíle dosáhli až potomci původních astronautů.

Jedním z řešení, předkládaným ve filmech jako *Vetřelec* nebo *Planeta opic*, je uvést vesmírné cestovatele do umělé hibernace; jejich tělesná teplota je opatrně snižována, až jejich životní funkce téměř ustanou. Živočichové ukládající se k zimnímu spánku to tak dělají každou zimu. Některé druhy ryb a žab mohou v bloku ledu zmrznout na kost a přesto zase obživnou, jakmile teplota stoupne a ony roztají.

Biologové studovali tento podivný jev a zjistili, že tito živočichové mají schopnost vytvářet přirozenou „nemrznoucí kapalinu“, která snižuje bod mrazu vody. Tato přírodní nemrznoucí kapalina obsahuje u ryb určité bílkoviny a u žab glukózu. Tím, že zaplaví svou krev těmito bílkovinami, přežijí ryby v Arktidě při teplotě okolo $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Žáby si vypěstovaly schopnost udržovat vysokou hladinu glukózy a zabránit tak vytváření ledových krystalků. Jejich těla mohou být zevně zmrzlá, zevnitř však zmrzlá nejsou a to umožňuje jejich tělesným orgánům, aby nadále fungovaly, byť mnohem pomaleji.

Snahy vyvolat tuto schopnost u savců však narážejí na potíže. Když lidská tkáň zmrzne, začnou se uvnitř buněk tvořit ledové krystalky. Jak krystaly rostou, narušují a ničí buněčné stěny. (Celebrity uvažující o tom, nechat si posmrtně zamrazit hlavy a těla v tekutém dusíku, by si to možná měly rozmyslet.)

V poslední době se nicméně dosáhlo pokroku ve zpomalení životních procesů u savců, kteří do zimního spánku neupadají, jako jsou myši a psi.

Roku 2005 se podařilo vědcům na univerzitě v Pittsburghu oživit psy poté, co jim krev v těle nahradili speciálním ledovým roztokem. Psi byli klinicky mrtví po tři hodiny a poté byli přivedeni zpátky k životu obnově srdeční činnosti. (Většině psů po této proceduře nic nebylo, někteří však utrpěli částečné poškození mozku.)

Téhož roku se vědcům podařilo umístit myši do komory obsahující sirovodík a po dobu šesti hodin úspěšně udržet jejich tělesnou teplotu na 13 °C. Metabolismus myši se snížil desetkrát. Roku 2006 uvedli lékaři Massachusettské všeobecné nemocnice v Bostonu do stavu umělé hibernace s použitím sirovodíku prasata a myši.

V budoucnosti by takové postupy mohly zachránit život lidem po těžkých haváriích nebo při srdečních záchvatech, kde rozhodují vteřiny. Umělá hibernace by možná lékařům dovolila „zmrazit čas“ do doby, než bude možno pacienta ošetřit. Uplynou však desetiletí, možná i staletí, než ji bude možno použít na lidskou posádku astronautů, která by se v hibernaci musela udržovat i několik stovek let.

Nanolodi

Je ještě několik dalších způsobů, jak dosáhnout hvězd s použitím pokročilých, dosud nevyzkoušených technologií hraničících se sci-fi. Jednou ze slibných možností je užití nepilotovaných sond založených na nanotechnologiích. Během celého výkladu jsem vycházel z toho, že mezihvězdné koráby musí být ohromná zařízení spotřebovávající obrovská množství energie a schopná dopravit početnou lidskou posádku ke hvězdám, podobně jako *Enterprise* v seriálu *Star Trek*.

Schůdnější cestou by však zpočátku mohlo být vysílat ke vzdáleným hvězdám miniaturní sondy bez posádky. Jak jsem se již zmínil, pomocí nanotechnologií bychom v budoucnu měli být schopni vytvářet malé kosmické sondy poháněné atomovými a molekulárními motory. Například ionty je pro jejich lehkost snadné urychlit téměř na rychlost světla i při obyčejném elektrickém napětí, jaké je k dispozici v laboratoři. Raketových pohonů by nebylo třeba, sondy bychom mohli vysílat do vesmíru téměř světelnou rychlostí pomocí silných elektromagnetických polí. Znamená to, že kdyby byl nanorobot ionizován a umístěn do elektrického pole, snadno by se dal urychlit na rychlost blížíící se rychlosti světla. Nanorobot by pak plul ke hvězdám, neboť ve vesmíru není žádné tření. Tímto způsobem se rázem vyřeší mnohé problémy, které trápí velké hvězdné koráby. Inteligentní nanorobotické

vesmírné lodě bez posádky by mohly dosáhnout blízkých hvězdných systémů za pouhý zlomek nákladů, které by padly na stavbu a vypuštění velké vesmírné lodi nesoucí lidskou posádku.

Tyto nanolodi by nám mohly sloužit k dosažení blízkých hvězd, nebo, jak navrhnul Gerald Nordley, penzionovaný inženýr a odborník na astronautiku z Amerického vojenského letectva, bychom s jejich pomocí mohli pohybovat slunečními plachetnicemi. „S flotilou člunů velikosti špendlíkové hlavičky, které letí ve formaci a vzájemně se dorozumívají, bychom je prakticky mohli pohánět kapesní svítilnou,“ říká Nordley.

I s vesmírnými nanoloděmi je však potíž. V kosmu by je snadno mohla odklonit míjená elektrická a magnetická pole. Aby se tomu předešlo, musely by se nanolodě na Zemi urychlit velmi vysokým napětím. Za druhé, aby k cíli dorazila alespoň hrstka nanolodí, museli bychom jich zřejmě vyslat milionová hejna. Vysílat roj sond k výzkumu nejbližších hvězd možná vypadá výstředně, tyto lodi by však byly levné a daly by se vyrábět masově po miliardách, takže by stačilo, aby cíle dosáhl jen zlomek z nich.

Jak by nanolodě mohly vypadat? Dan Goldin, bývalý ředitel NASA, si představuje armádu člunů „velikosti plechovky od Coca-coly“. Jiní hovoří o hvězdných lodích velikosti jehly. Pentagon se zabýval myšlenkou vývoje „chytrého prachu“, senzory vybavených částic velikosti zrnka, které by se mohly rozptýlit po bitevním poli a podávaly by velitelům informace v reálném čase. Je možné, že v budoucnu se „chytrý prach“ vypraví k blízkým hvězdám.

Nanoroboti velikosti zrnka prachu by měli obvody zhotovené stejnou leptací technikou, jaká se dnes užívá v polovodičovém průmyslu a umožňuje vytvářet komponenty ne větší než 30 nm, neboli o tloušťce přibližně 150 atomů. Tyto stroje by z Měsíce vypouštěla kolejnicová děla nebo dokonce urychlovače částic, které běžně urychlují jaderné částice téměř na rychlost světla. Výroba nanorobotů by byla tak levná, že by se jich mohly do vesmíru vypustit miliony.

Jakmile nanoroboti dosáhnou blízké hvězdné soustavy, mohli by přistát na opuštěném měsíci. Pro malou gravitaci by na něm mohly snadno přistávat i startovat. Stabilní prostředí takového měsíce by navíc bylo ideální pro zřízení operační základny. Nanoroboti by s použitím místních nerostů postavili nanotovárnu a vytvořili silnou radiostanici schopnou vysílat informace zpět na Zemi. Nanotovárna by také mohla být určena k výrobě milionů jejich kopií, které by následně prozkoumaly místní sluneční soustavy nebo odletěly k dalším blízkým hvězdám, kde by se celý proces opakoval. Lodě by

byly robotické a tak by zpáteční cesta nebyla potřebná, stačilo by jen, aby pomocí rádiových vln odeslaly informace na domovskou planetu.

Výše popsaný nanorobot se někdy nazývá von Neumannova sonda, po slavném matematikovi Johnu von Neumannovi, který vypracoval matematiku Turingových strojů schopných autoreplikace. Nanorobotické vesmírné lodě by v podstatě mohly prozkoumat nejen blízké hvězdy, ale celou galaxii. Postupem času bychom získali hejno čítající biliony těchto robotů, jejichž počet by dále exponenciálně rostl. Během několika málo statisíců let by pak tyto nanoroboti mohli kolonizovat celou galaxii.

Elektroinženýr Brian Gilchrist z univerzity v Michiganu bere myšlenku nanolodí velmi vážně. Nedávno dostal od Institutu pokročilých studií při NASA grant 500 000 dolarů, aby prozkoumal možnosti stavby nanolodí s motory ne většími než je bakterie. Plánuje použít stejné technologie leptání, jako se užívá v polovodičovém průmyslu, a s její pomocí vyrobit armádu několika milionů nanolodí poháněných tak, že budou vypouštět nepatrné nanočástice o průměru pouhých desítek nanometrů. Nanočástice by získávaly energii průchodem elektrickým polem, stejně jako v iontovém motoru. Každá z nich by vážila tisíckrát více než iont, a tak by tento motor vyvíjel mnohem větší tah než typický iontový motor. Motory nanolodí by tudíž měly stejné výhody jako motory iontové, a navíc by měly mnohem větší tah. Gilchrist už začal s vyleptáváním komponentů. V současnosti je schopen umístit na jediný křemíkový čip o průměru 1 cm 10 000 jednotlivých motorů. Pro začátek plánuje, že svou flotilu vyšle po Sluneční soustavě, aby vyzkoušel jejich účinnost. Jednoho dne by se však nanolodi mohly stát součástí první armády, která dosáhne hvězd.

Gilchristův projekt není jedinou z futuristických koncepcí, jimiž se NASA zabývá. Po několika desetiletích nečinnosti začala nedávno vážně uvažovat o různých způsobech mezihvězdného cestování - od věrohodných až po fantastické. Od počátku 90. let pořádá každoroční seminář o pokročilých technikách vesmírného pohonu, kde tyto technologie podrobně rozebírají týmy vážených inženýrů a fyziků. Ještě ambicióznější je program „Fyziky průlomových metod pohonu“, který zkoumá tajemný svět kvantové fyziky ve vztahu k mezihvězdným letům. Všeobecný souhlas nevládne, většinou se však tyto aktivity soustřeďují na dvě techniky: laserovou plachetnici a různé verze raket s nukleárním fúzním pohonem.

* * *

FYZIKA NEMOŽNÉHO

Vzhledem k pomalému, avšak stálému pokroku v konstrukci vesmírných lodí je rozumné předpokládat, že první sonda bez posádky bude vyslána k blízkým hvězdám snad koncem tohoto nebo začátkem příštího století, což z ní činí nemožnost I. řádu.

Jako nejvýkonnější se pro pohon hvězdné lodi však patrně jeví užití anti-hmoty. Zní to sice jako sci-fi, ovšem antihmota již byla na Zemi vytvořena a jednoho dne by se mohla stát prozatím nejslibnějším typem pohonu pro pilotované kosmické lodi.

ANTIHMOTA A ANTIVESMÍRY

Nejvíce vzrušující výrok, který lze slyšet ve vědě a který zvěstuje nové objevy, není „Heuréka“ ale „To je divné...“

ISSAC ASIMOV

Jestliže někdo nemá stejnou víru jako my, řekneme, že je pomatenec, a tím to končí. Tedy, alespoň v dnešní době, kdy ho nemůžeme upálit.

MARK TWAIN

Průkopníka poznáte podle šípů zabodnutých v zádech.

BEVERLY RUBIKOVÁ

V knize Dana Browna *Andělé a démoni*, velmi úspěšném předchůdci *Šifry mistra Leonarda*, přišla skupinka extremistů, zvaná Ilumináti, s nápadem zaútočit na Vatikán s použitím antihmotové pumy, kterou ukradli v CERNu, jaderné laboratoři stojící poblíž Ženevy. Spiklenci vědí, že přijdou-li hmota a antihmota do styku, nastane mohutný výbuch, mnohem silnější než exploze vodíkové pumy. Antihmotová puma je pouhá fikce, antihmota sama však nikoli.

Atomová bomba má při vši své strašné síle účinnost pouze 1 %. V energii se promění jen nepatrný podíl uranu. Kdyby se ovšem dala sestrojít bomba s antihmotou, proměnila by v energii 100 % své hmoty, a byla by tudíž mnohem účinnější než bomba atomová. (Přesněji řečeno, přibližně 50 % hmoty by se přeměnilo v použitelnou výbušnou energii; zbytek by se rozptýlil ve formě nezachytitelných částic zvaných neutrina.)

O antihmotě se již dlouho a intenzívně spekuluje. Antihmotová puma sice neexistuje, fyzikové však dovedou použít svých mohutných urychlovačů k výrobě velmi malých množství antihmoty ke studijním účelům.

Výroba antiatomů a antichemie

Na začátku dvacátého století si fyzikové uvědomili, že atomy se skládají z nabitých částic, v nichž elektrony (se záporným nábojem) obíhají kolem velmi malého jádra (s kladným nábojem). Jádro se dále skládá z protonů nenesoucích kladný náboj a elektricky neutrálních neutronů.

Ve 30. letech 20. století je pak zcela šokovalo zjištění, že ke každé z těchto částic existuje dvojče, antičástice s opačným nábojem. První objevenou antičásticí byl antielektron (zvaný také pozitron). Pozitron je v každém ohledu stejný jako elektron, až na to, že náboj, který nese, je kladný. Poprvé byl objeven na fotografiích kosmického záření z mlžné komory. (Stopy pozitronů lze na snímcích z mlžné komory snadno rozpoznat. V silném magnetickém poli zatačejí na opačnou stranu než obyčejné elektrony. Já sám jsem stopy těchto antičástic fotografoval již v době, kdy jsem chodil na střední školu.)

Roku 1955 vyprodukoval Bevatron, urychlovač na univerzitě v Kalifornii v Berkeley, první antiproton. Antiproton je v souladu s očekáváními identický s protonem, až na to, že má záporný náboj. To znamená, že lze v podstatě vytvořit anti-atomy (v nichž obíhají pozitrony okolo antiprotonů). Teoreticky skutečně mohou existovat antiprvky, antisloučeniny, antilidé, antiZemě, a dokonce i celé antivesmíry.

V současnosti jsou schopny vytvářet malá množství antivodíku obří urychlovače v CERNu a ve Fermilabu poblíž Chicaga. (Proud vysokoenergetických protonů naráží do terčíku a vytváří tak spršku jaderných úlomků. Silné magnety z nich vydělí antiprotony, ty se pak zpomalí téměř do klidu a přivedou do styku s antielektrony, které se přirozeně uvolňují ze sodíku 22. Když začnou antielektrony obíhat kolem antiprotonů, vznikne antivodík, protože vodík sám je tvořen jedním protonem a jedním elektronem.) V naprostém vzduchoprázdnu by tyto antiatomy mohly žít věčně. Avšak vinou nečistot a nárazů do stěn se naše antiatomy nakonec setkají s obyčejnými atomy a anihilují se, čímž se uvolní energie.

Roku 1995 se CERN zapsal do historie vytvořením devíti atomů antivodíku. Brzy ho následoval Fermilab s výrobou jednoho sta atomů antivodíku. V principu nám kromě vysokých výrobních nákladů nic nebrání ani ve vytváření vyšších antiprvků. Výroba byť pouhých 250 g antiatomů by přivedla na mizinu každý národ. V současnosti se vyrábí něco mezi miliardtinou a desetimiliardtinou gramu antihmoty ročně, kolem roku 2020 by se však výtěžnost mohla třikrát zvýšit. Výroba antihmoty je finančně velmi náročná.

Roku 2004 stálo CERN 20 milionů dolarů vyrobit několik biliontin gramu antihmoty. V každém případě by výroba jediného gramu antihmoty stála 100 kvadrilionů dolarů a továrna na antihmotu by musela běžet nepřetržitě po 100 miliard let! To činí z antihmoty nevzácnější látku na světě.

„Kdybychom mohli shromáždit veškerou antihmotu, kterou jsme v CERNu kdy vyrobili, a anihilovali ji s hmotou,“ píše se v jedné zprávě CERNu, „získali bychom dostatek energie k rozsvícení jediné žárovky na několik minut.“

Zacházení s antihmotou nás staví před mimořádné problémy, neboť jakýkoli kontakt hmoty s antihmotou je výbušný. Vložit antihmotu do obyčejné nádoby by bylo sebevraždou. Při doteku se stěnami nádoby by antihmota vybuchla. Jak tedy s choulostivou antihmotou zacházet? Jedním ze způsobů by bylo antihmotu nejprve ionizovat na ionizovaný plyn a pak ji bezpečně uložit do „magnetické láhve“. Magnetické pole by pak zabránilo antihmotě, aby se dotkla stěn komory.

K postavení motoru poháněného antihmotou by musel reakční komoru zásobovat stálý proud antihmoty, která by se v něm mísila s obyčejnou hmotou a vytvářela kontrolovaný výbuch obdobný tomu, jaký vzniká v chemických raketách. Ionty, vznikající při tomto výbuchu, by se pak vystřelovaly z jednoho konce antihmotové rakety a poháněly tak loď. Pro svou účinnost je to teoreticky jeden z nejslibnějších principů pohonu pro budoucí hvězdné koráby. V seriálu *Star Trek* je antihmota zdrojem energie lodi Enterprise; její motory jsou poháněny řízeným stykem hmoty s antihmotou.

Raketa poháněná antihmotou

Jedním z hlavních zastánců rakety na antihmotu je fyzik Gerald Smith z Pensylvánské státní univerzity. Je přesvědčen, že již čtyři miligramy pozitronů by stačily k tomu, aby se antihmotová raketa během několika týdnů dopravila na Mars. Poukazuje na to, že hustota energie v antihmotě je přibližně miliardkrát vyšší než v obyčejném raketovém palivu.

Prvním krokem ve výrobě takového paliva by bylo vytvořit v urychlovači proudy antiprotonů a následně je skladovat v tzv. Penningově pasti, kterou Smith staví. Po zhotovení bude Penningova past vážit asi 100 kg (většinu tvoří dusík a hélium v kapalném stavu) a zadržovat v magnetickém poli asi bilion antiprotonů. (Při velmi nízkých teplotách je vlnová délka antiprotonů několikrát delší než vlnová délka atomů stěn nádoby, takže by se antiprotony od stěn odrážely a nedocházelo by k jejich anihilaci.) Smith uvádí, že by měla být schopna udržovat antiprotony po dobu zhruba pěti dnů (pak

by se anihilovaly smísením s obyčejnými atomy). Tento prototyp by měl být schopen uskladnit asi miliardtinu gramu antiprotonů, Smithovým cílem je však vytvořit Penningovu past schopnou zadržovat až mikrogram antiprotonů.

Ačkoli je antihmota nejdrahocennější látkou na světě, její cena se každým rokem dramaticky snižuje (při dnešních cenách by gram stál asi 62,5 bilionů dolarů). Nová součást urychlovače stavěná ve Fermilabu na okraji Chicaga by měla být schopna zvýšit produkci antihmoty desetkrát, z 1,5 nanogramu na 15 nanogramů ročně, což by mělo její cenu dále snížit. Harold Gerrish z NASA je přesvědčen, že s dalšími zdokonaleními by náklady mohly reálně klesnout až na 5000 dolarů za mikrogram. Dr. Steven Howe z firmy Synergistics Technologies v Los Alamos v Novém Mexiku říká: „Naším cílem je přesunout antihmotu z oblasti sci-fi do skutečnosti a komerčně ji využívat v oblasti dopravy a medicíny.“

Současné urychlovače nejsou určeny k masové výrobě antiprotonů a jsou tedy pro tyto účely nedostačující. Slouží především výzkumu, ne jako továrny na antihmotu. Proto Smith plánuje stavbu nového urychlovače, speciálně určeného k výrobě značného množství antiprotonů, čímž by se snížila jejich cena.

Smith očekává, že jakmile se pomocí pokročilejších technologií a hromadné výroby podaří snížit cenu antihmoty ještě výrazněji, stane se raketa na antihmotu standardním prostředkem meziplanetárních a snad i mezihvězdných cest. Do té doby však zůstanou antihmotové rakety na rýsovacích prknech.

Přirozený výskyt antihmoty

Jestliže je tak obtížné vytvořit antihmotu na Zemi, není snadnější se po ní poohlédnout ve vesmíru? Hledání antihmoty mimo naši planetu není bohužel příliš úspěšné. Našlo se jí velmi málo, což fyziky dosti překvapuje. Skutečnost, že náš vesmír se skládá především z hmoty a nikoli z antihmoty, je obtížné vysvětlit. Člověk by naivně předpokládal, že na počátku vesmíru tu byla stejná, souměrná množství hmoty a antihmoty. Nepřítomnost antihmoty je proto zarážející.

S nejpravděpodobnějším vysvětlením přišel jako první Andrej Sacharov, který v padesátých letech vytvořil pro Sovětský svaz vodíkovou pumu. Sacharov vyslovil teorii, že na počátku vesmíru existovala nepatrná asymetrie v množství hmoty a antihmoty. Nepatrné narušení souměrnosti se nazývá

„narušení CP symetrie“. Kolem tohoto jevu se v současnosti soustřeďuje živý výzkum. Sacharov v podstatě říká, že všechny atomy v dnešním vesmíru jsou tím, co zbylo po téměř dokonalé vzájemné anihilaci mezi hmotou a antihmotou. Malinký zbytek hmoty tvořící viditelný vesmír dneška a všechny atomy našich těl je pozůstatkem této titánské srážky hmoty s antihmotou.

Tato teorie ponechává možnost přirozeného výskytu malého množství antihmoty. Jestliže tomu tak skutečně je, pak by objev jejího zdroje drasticky zredukoval náklady na výrobu antihmoty pro použití v antihmotových motorech. Objevit naleziště přirozeně se vyskytující antihmoty by mělo být v zásadě snadné. Setkají-li se elektron a antielektron, anihilují a změní se v kvantum gama záření o energii 1,02 milionů elektronvoltů nebo vyšší. Budeme-li tedy ve vesmíru pátrat po gama paprscích této energie, mohli bychom nalézt stopy přirozené antihmoty.

„Zdroje“ antihmoty skutečně našel nedaleko galaktického středu Mléčné dráhy Dr. William Purcell z Northwesternské univerzity. Proud antihmoty vytvářející při srážce s obyčejným vodíkovým plynem toto charakteristické záření gama s 1,02 miliony elektronvoltů tedy zjevně existuje. Jestliže tomu tak skutečně je, pak není vyloučené, že lze ve vesmíru nalézt i další ložiska s antihmotou, která nezanikla při velkém třesku.

Pro systematictější hledání přirozeně se vyskytující antihmoty byla roku 2006 vypuštěna družice PAMELA. Je výsledkem spolupráce Ruska, Itálie, Německa a Švédska a má za úkol hledat zákoutí s antihmotou. Dřívější mise při hledání antihmoty užívaly stratosférických balonů a raketoplánu, údaje se tedy vždy sbíraly pouze po dobu přibližně jednoho týdne. PAMELA však zůstane na dráze přinejmenším tři roky. „Je to nejlepší detektor všech dob a budeme jej provozovat po dlouhou dobu,“ říká člen týmu Piergiorgio Picozza z univerzity v Římě.

PAMELA bude zaznamenávat kosmické záření z obvyklých zdrojů, jako jsou supernovy, ale také ze zdrojů neobvyklých, jako jsou hvězdy skládající se výlučně z antihmoty. Zejména bude hledat důkazy o antihéliu, které by mohlo vznikat uvnitř antihvězd. Většina fyziků je dnes sice přesvědčena, že výsledkem velkého třesku bylo téměř dokonalé vzájemné zničení hmoty a antihmoty, jak se domníval Sacharov, PAMELA je však založena na jiném předpokladu - že celé oblasti vesmíru skládající se z antihmoty tomuto zničení nepodlehly a existují dnes ve formě antihvězd.

Jestliže někde ve vesmíru skutečně existuje malá množství antihmoty, pak by ji mohlo být možné částečně těžít a užívat k pohonu vesmírných lodí.

Institut pokročilých studií při NASA bere myšlenku sklízet antihmotu ve vesmíru natolik vážně, že nedávno financoval pilotní program na studium této koncepce. „V podstatě je třeba vyrobit síť, jako byste šli na ryby,“ říká Gerald Jackson z Hbar Technologies, jedné z organizací prosazujících tento projekt.

Základem přístroje pro sklizení antihmoty jsou tři soustředné koule z drátěných sítí. Vnější sféra o průměru 16 km by byla nabitá kladně, takže by odpuzovala všechny kladně nabité protony, avšak přitahovala záporně nabitě antiprotony. Vnější sféra by antiprotony přitáhla a ty by následně při průchodu druhou sférou zpomalily a zcela by se zastavily při dosažení vnitřní sféry o průměru 100 m. Antiprotony by se na závěr zachytily do magnetické láhve, kde by se sloučily s antielektrony za vzniku antivodíku. Jackson odhaduje, že řízená reakce hmota-antihmota uvnitř vesmírné lodi by mohla být schopna pohánět sluneční plachetnici až k Plutu se spotřebou pouhých 50 miligramů antihmoty. 17 gramů antihmoty by podle Jacksona stačilo k pohonu hvězdného korábu k nejbližší hvězdě. Jackson tvrdí, že mezi drahami Venuše a Marsu by se mohlo nacházet 80 gramů antihmoty, jež by tato vesmírná sonda mohla sklídit. Pro obtíže a náklady spojené s vypuštěním takového velkého sklízeče antihmoty však projekt patrně nebude uskutečněn do konce tohoto ani příštího století.

Někteří vědci sní o získání antihmoty z meteoru. (Jeden z dílů komiksu *Flash Gordon* pojednával o nebezpečném meteoru z antihmoty, který se řítí vesmírem a při srážce s kteroukoli planetou může způsobit obrovský výbuch.)

Jestliže se ve vesmíru nenajde přirozeně se vyskytující antihmota, budeme muset čekat desítky nebo i stovky let, než jí na Zemi svedeme vyrobit významná množství. Za předpokladu, že lze překonat technické problémy spojené s výrobou, to však ponechává otevřenou možnost, že nás jednoho dne rakety na antihmotu odnesou ke hvězdám.

S tím, co o antihmotě dnes víme, a při očekávaném rozvoji této technologie, bych antihmotovou raketovou loď zařadil mezi nemožnosti I. řádu.

Objevitel antihmoty

Co je to antihmota? Zdá se zvláštní, že by příroda jen tak bezdůvodně zdvojnásobila počet jaderných částic ve vesmíru. Příroda bývá obvykle docela úsporná, když však nyní víme o antihmotě, musí nám připadat vrcholně nehospodárná. A pokud existuje antihmota, mohou existovat i antivesmíry?

K zodpovězení těchto otázek je třeba se zabývat samotnými počátky antihmoty. Objevení antihmoty se datuje rokem 1928 a je dílem Paula Diraka,

jednoho z nejskvělejších fyziků 20. století. Dirac byl profesorem na věhlasné katedře matematiky univerzity v Cambridgi a zastával tedy stejné místo jako svého času Newton a nyní Stephen Hawking. Dirac se narodil roku 1902 a v roce 1925, kdy vypukla kvantová revoluce, to byl štíhlý mladík. Studoval v té době elektroinženýrství, nicméně vlna zájmu vyvolaná kvantovou teorií jej zcela pohltila.

Kvantová teorie se zakládá na myšlence, že částice, kupříkladu elektrony, se nedají popsat jako bodové částice, nýbrž jako určitý druh vlny, popisované slavnou Schrödingerovou vlnovou rovnicí. (Vlna představuje pravděpodobnost, že se částice nachází v daném bodě.)

Dirac si uvědomil, že Schrödingerova rovnice má jednu vadu. Popisuje pouze elektrony pohybující se malými rychlostmi. Při vyšších rychlostech rovnice selhává, neboť nevyhovuje zákonům pro pohyb při vysokých rychlostech, totiž zákonům relativity objeveným Albertem Einsteinem.

Pro mladého Diraka bylo výzvou přeformulovat Schrödingerovu rovnici tak, aby byla v souladu s teorií relativity. Roku 1928 navrhl radikální změnu této rovnice, aby zcela odpovídala Einsteinově teorii relativity. Fyzikální svět byl ohromen. Dirac objevil svou slavnou relativistickou rovnici elektronu pouze skrze manipulaci s objekty z vyšší matematiky zvanými spinory. Matematická zvláštnost se náhle stala ústředním jevem celého vesmíru. (Na rozdíl od mnoha fyziků před ním, kteří trvali na tom, aby velké průlomy ve fyzice byly pevně zakotveny v experimentálních datech, přijal Dirac opačnou strategii. Pro něj byla čistá matematika, je-li dostatečně krásná, spolehlivým vodítkem k velkým objevům. Napsal: „Je důležitější mít ve svých rovnicích krásu, než aby odpovídaly experimentům ... Vypadá to, že když člověk vyjde z toho, že je třeba dostat do rovnic krásu, a když má skutečně dobrou intuici, pak je na jisté cestě k pokroku.“)

Při práci na své nové rovnici pro elektron si Dirac uvědomil, že slavná Einsteinova rovnice $E = mc^2$ není úplně správně. Jakkoli je napsána všude možně, v reklamách, na dětských tričkách, v kreslených vtipech, a dokonce na kostýmech filmových hrdinů, je Einsteinova rovnice správná jen částečně. Správné znění je $E = \pm mc^2$. (Toto znaménko minus vzniká proto, že musíme odmocnit určitou veličinu. Druhá odmocnina vždy přináší tuto dvojznačnost, kdy původní hodnotu provázelo znaménko plus nebo minus.

Fyzikové se ovšem záporné energie hrozí. Existuje fyzikální axiom, že vše vždy spěje ke stavu s nejnižší energií (to je důvod, proč voda vždy teče k nejnižší úrovni, úrovni mořské hladiny). Jestliže hmota vždy směřuje ke

stavu nejnižší energie, obsahuje myšlenka záporné energie potenciál katastrofy. Znamená, že všechny elektrony by se nakonec zhroutily k nekonečné záporné energii a Dirakova teorie by byla nestabilní. Dirac tedy zavedl pojem Dirakovo moře. Představuje si, že všechny záporné energetické stavy jsou již zaplněny, a to elektronu brání, aby do některého z nich přeskočil. Vesmír je tudíž stabilní. Do elektronu by také čas od času mohl narazit paprsek gama záření a vymrstit jej do stavu s kladnou energií. Pak bychom viděli, jak se tento paprsek změní v elektron a v Dirakově moři se vytvoří „díra“. Tato díra by se chovala jako bublina ve vzduchoprázdnu; měla by kladný náboj a stejnou hmotu jako původní elektron. Jinými slovy, díra by se chovala jako antielektron (neboli pozitron). Z tohoto pohledu se tudíž antihmota skládá z „bublin“ v Dirakově moři.

Jen několik let poté, co Dirac vyslovil tuto udivující předpověď, objevil antielektron Carl Anderson (díky jeho objevu získal Dirac v roce 1933 Nobelovu cenu).

Jinými slovy, antihmota existuje, protože Dirakova rovnice má dvě řešení, jedno pro hmotu a druhé pro antihmotu. (A to je zase důsledkem speciální relativity.)

Nejen že Dirakova rovnice předpověděla existenci antihmoty, předpověděla též „spin“ elektronu. Jaderné částice se mohou otáčet jako káča. Spin elektronu je podstatný pro porozumění toku elektronů v tranzistorech a polovodičích, které jsou základem moderní elektroniky.

Stephen Hawking lituje, že si Dirac neopatřil na svou rovnici patent. Píše: „Kdyby si Dirac nechal svou rovnici patentovat, vydělal by na ní jmění. Dostával by poplatky za každý televizor, walkman, videohru i počítač.“

Dnes je Dirakova slavná rovnice vyryta do kamene ve Westminsterském opatství, nedaleko Newtonovy hrobky. Je to snad jediná rovnice na celém světě, již se dostalo této cti.

Dirac a Newton

Když se historici vědy snaží porozumět kořenům toho, jak Dirac na svou revoluční rovnici a na koncepci antihmoty přišel, často jej přirovnávají k Newtonovi. Newton a Dirac měli kupodivu řadu společných rysů. Oběma bylo v době svých klíčových objevů něco přes dvacet let, oba byli výteční matematikové, a sdíleli jiný výrazný rys: naprostý, až patologický nedostatek společenských dovedností. Oba byli všeobecně známí svou neschopností účastnit se nezávazné konverzace a vyměňovat si běžné zdvořilosti. Dirac byl

neuvěřitelně plachý, mlčel, dokud nebyl přímo tázán, a i poté dokázal odpovědět jen „ano,“ „ne“ nebo „nevím“.

Dirac byl též mimořádně skromný a nenáviděl publicitu. Když obdržel Nobelovu cenu za fyziku, vážně uvažoval o jejím odmítnutí, pro pozdvižení a potíže, které cena způsobí. Když jej však upozornili, že odmítnutí Nobelovy ceny by způsobilo ještě větší publicitu, rozhodl se ji přijmout.

O Newtonově podivné osobnosti byly napsány knihy, a hypotézy sahají od otravy rtutí po duševní chorobu. Nedávno však cambridgeský psycholog Simon Baron-Cohen předložil novou teorii, která by mohla vysvětlit podivné osobnostní rysy Newtonovy i Dirakovy. Baron-Cohen tvrdí, že oba patrně trpěli Aspergerovým syndromem, který se podobá autismu hrdiny z filmu *Rain Man*. Lidé trpící Aspergerovým syndromem jsou nápadně zdrženliví, společensky neobratní, a někdy mají výjimečné početní schopnosti. Na rozdíl od autistických jednotlivců jsou však schopní do jisté míry fungovat ve společnosti a vykonávat tvůrčí zaměstnání. Jestliže tato teorie platí, pak Newton i Dirac možná za své zázračné početní schopnosti zaplatili cenu v podobě odtržení od společnosti.

Antigravitace a antivesmíry

S použitím Dirakovy teorie nyní můžeme zodpovědět řadu otázek: Co je antihmotovým protějškem gravitace? Existují antivesmíry?

Jak jsme již řekli, antičástice mají opačný náboj než obyčejná hmota. Ovšem částice bez náboje (například foton, částice světla, nebo graviton, částice gravitace) mohou být samy sobě antičásticí. Vidíme, že gravitace je svou vlastní antihmotou; jinými slovy, gravitace a antigravitace jsou jedno a totéž. Tedy antihmota by měla padat v gravitačním poli dolů a ne vzhůru. (Této domněnce věří fyzikové na celém světě, v laboratoři však doposud nebyla prokázána.)

Dirakova teorie též odpovídá na záludné otázky: Proč příroda připouští antihmotu? Znamená to, že existují antivesmíry?

V některých vědeckofantastických příbězích se ve vesmíru podaří objevit novou planetu podobnou Zemi. Nová planeta vlastně vypadá v každém ohledu identicky jako Země, až na to, že se celá skládá z antihmoty. Na planetě máme své antihmotové dvojče, které žije v antiměstě se svými antiděťmi. Zákony antichemie jsou stejné jako zákony chemie, jen náboje jsou opačné. Lidé v takovém světě by nikdy nepoznali, že se skládají z antihmoty. (Fyzikové takový vesmír nazývají vesmírem se záměnou náboje neboli

s C-záměnou, neboť všechny náboje jsou opačné, zatímco vše ostatní zůstává stejné.)

V jiných případech vědci pro změnu ve vesmíru objeví dvojče naší Země s tím rozdílem, že je jejím zrcadlovým obrazem. Levá a pravá strana jsou zaměněny, každý má srdce na pravé straně a většina lidí jsou leváci. Žijí své životy, aniž by se kdy dověděli, že žijí v zrcadlovém vesmíru s převrácenými stranami. (Fyzikové nazývají takový zrcadlový vesmír vesmírem se záměnou parity neboli s P-záměnou.)

Mohou takové vesmíry z antihmoty a se záměnou parity opravdu existovat? Fyzikové berou tyto otázky o vesmírných dvojnicích velice vážně, neboť jak Newtonovy, tak Einsteinovy rovnice se nemění, jestliže převrátíme náboje všech částic nebo zaměníme pravou a levou stranu. Vesmíry s C-záměnou i s P-záměnou tedy skutečně mohou existovat.

Laureát Nobelovy ceny Richard Feynman položil ohledně těchto vesmírů zajímavou otázku. Předpokládejme, že jednoho dne navážeme s mimozemšťany na vzdálené planetě radiový kontakt, navzájem se však nevidíme. Jsme schopni vysvětlit jim po rádiu rozdíl mezi levou a pravou stranou? Jestliže fyzikální zákony připouštějí vesmír s P-záměnou, mělo by sdělení těchto pojmů být nemožné.

Některé údaje, například informace o tvaru těla a počtu našich prstů, rukou, nohou, sdělíme snadno. Jsme schopni vysvětlit mimozemšťanům dokonce i chemické a biologické zákony. Když se jim však snažíme sdělit pojmy „levý“ a „pravý“ (nebo „po směru hodinových ručiček“ a „proti směru hodinových ručiček“), pokaždé narazíme. Nikdy jim nevysvětlíme, že srdce máme vlevo, jakým směrem se otáčí Země, nebo jak se vine molekula DNA.

Byl to proto šok, když C. N. Yang a T. D. Lee, oba toho času pracující na Kolumbijské univerzitě, toto oblíbené tvrzení vyvrátili. Zkoumáním vlastností jaderných částic zjistili, že zrcadlový vesmír se záměnou parity nemůže existovat. Když se s tímto revolučním výsledkem seznámil, řekl jeden z fyziků, že „Pánbůh musel udělat nějakou chybu“. Za tento ohromující objev, zvaný „narušení parity“, obdrželi Yang a Lee v roce 1957 Nobelovu cenu za fyziku.

Pro Feynmana tento závěr znamenal, že mluvíme-li s mimozemšťany rádiem, lze vymyslet experiment, který by nám umožnil poznat rozdíl mezi levostranným a pravostranným vesmírem jen podle obsahu komunikace. (Například elektrony uvolňované z radioaktivního kobaltu-60 nemají oba

možné spiny stejně zastoupené, nýbrž dávají jednomu z nich ve skutečnosti přednost, a tak narušují paritu.)

Feynman si představuje, že jednou dojde k historickému setkání mezi mimozemšťany a lidstvem. Až se poprvé s mimozemšťany sejdeme, řekneme jim, že si podáme pravou ruku. Jestliže nám skutečně nabídnou pravou ruku, poznáme, že se nám úspěšně podařilo vysvětlit pojmy „pravý-levý“ a „pravotočivý-levotočivý“.

Pak však Feynman nastolil znepokojující myšlenku. Co když nám mimozemšťané budou podávat levou ruku? Znamenalo by to, že jsme udělali fatální chybu, že se nám nepodařilo sdělit pojem „levý“ a „pravý“. Co horšího, znamená to, že se mimozemšťan vlastně skládá z antihmoty, všechny experimenty prováděl obráceně, proto zaměnil levou stranu za pravou a naopak. Když si s ním potřese rukou, vybuchneme!

Alespoň tak jsme tomu rozuměli do šedesátých let. Bylo nemožné poznat rozdíl mezi naším vesmírem a vesmírem, kde se vše skládá z antihmoty a je zrcadlově převrácené. Jestliže současně převrátíte paritu a náboj, bude výsledný vesmír vyhovovat fyzikálním zákonům. Parita sama nestačí, ale parita a náboj vytvářejí dobrou symetrii. Vesmír s CP-záměnou je přece jen možný.

To znamená, že kdybychom hovořili s mimozemšťany po telefonu, nepoznali bychom rozdíl mezi obyčejným vesmírem a vesmírem zrcadlově i nábojově převráceným (tzn. vesmírem, v němž je zaměněna levá a pravá strana a místo hmoty je antihmota).

Roku 1964 pak přišel pro fyziky druhý šok: vesmír s CP-záměnou nemůže existovat. Na základě vlastností jaderných částic je pořád ještě možno rozeznat levou a pravou stranu, pravotočivost a levotočivost, a tyto poznatky sdílet prostřednictvím rádiového přenosu s jiným vesmírem. Za tento výsledek získali v roce 1980 Nobelovu cenu James Cronin a Val Fitch.

(Mnoho fyziků rozrušilo, když se ukázalo, že vesmír s CP-záměnou odporuje fyzikálním zákonům; nyní ovšem vidíme, že tento objev pro nás má pozitivní důsledky. Kdyby takový vesmír byl možný, pak by v okamžiku velkého třesku existovalo stejné množství hmoty i antihmoty, což by vedlo ke stoprocentní anihilaci, a my bychom vůbec nebyli! Skutečnost, že žijeme, znamená, že náš vesmír je pozůstatkem po anihilaci nestejných množství hmoty a antihmoty, což dokazuje narušení CP-symetrie.)

Mohou však vůbec existovat nějaké převrácené antivesmíry? Odpověď zní ano. Byť vesmíry nábojově ani zrcadlově převrácené existovat nemohou, antivesmír jako takový skutečností být může. Byl by to však podivný vesmír.

Jestliže současně zaměníme náboj, paritu i směr času, výsledkem bude vesmír splňující všechny fyzikální zákony. CPT-zaměněný vesmír je dovolen.

Převrátit běh času vede k bizarním jevům. Ve vesmíru s T-záměnou vyskakují smažená vajíčka z talíře, na pánvi získají původní tvar a skočí zpět do skořápek, které se zacelí. Mrtvoly vstávají z hrobu, mládnou, mění se v kojence a nakonec skočí do matčina lůna.

Zdravý rozum nám říká, že vesmír s T-záměnou není možný. Něco jiného nám však říkají matematické rovnice jaderných částic. Newtonovy zákony bez výjimky platí v obou směrech. Představme si, že natočíme na video partii biliáru a pustíme si ji pozpátku. Každý karambol splňuje Newtonovy zákony pohybu; hra vypadá bizarně, odpovídá však pohybovým zákonům.

V kvantové teorii jsou věci složitější. T-záměna sama o sobě porušuje zákony kvantové mechaniky, ovšem vesmír s CPT-záměnou je plně dovolen. To znamená, že vesmír, kde je zaměněna levá a pravá strana, hmota se mění na antihmotu a čas běží pozpátku, je zcela přijatelný vesmír vyhovující fyzikálním zákonům!

(Je ironií, že s bytostmi z takového světa nemůžeme komunikovat. Jestliže na jejich planetě plyne čas pozpátku, znamená to, že cokoliv jim sdělíme rádiem, je součástí jejich budoucnosti, takže jakmile s nimi promluvíme, zapomenou vše, co jsme jim řekli. Takže byť je CPT-převrácený vesmír podle fyzikálních zákonů možný, nemůžeme si s mimozemšťanem z něj telefonovat.)

Můžeme shrnout, že motory na antihmotu by jednou ve vzdálené budoucnosti mohly pohánět vesmírné lodi, za předpokladu, že se podaří vyrobit nebo vytěžit dostatek antihmoty. Z důvodu narušení CP-symetrie existuje malá nerovnováha mezi hmotou a antihmotou, což by mohlo znamenat, že ložiska antihmoty stále existují a dala by se vytěžit.

Avšak z důvodu technických potíží s antihmotovými motory by vývoj této technologie mohl trvat sto i více let, a to z něj činí nemožnost I. řádu.

Podívejme se však na jinou otázku: Budeme za tisíce let schopni konstruovat hvězdné lodě rychlejší než světlo? Jsou ve slavném Einsteinově výroku, že „nic nemůže být rychlejší než světlo“, nějaké mezery? Odpovědí je překvapivě „ano“.

II. ČÁST

NEMOŽNOSTI

II. ŘÁDU

RYCHLEJI NEŽ SVĚTLO

Je zcela představitelné, že se [život] nakonec rozšíří po galaxii a dále. Život by tedy nemusel navždy zůstat bezvýznamnou stopovou nečistotou, kterou je nyní. Ta myšlenka se mi vlastně docela líbí.

KRÁLOVSKÝ ASTRONOM SIR MARTIN REES

Cestovat rychleji než světlo není možné a rozhodně to není žádoucí, protože člověku neustále ulétává klobouk.

WOODY ALLEN

Ve *Hvězdných válkách* opouští vesmírná loď Millennium Falcon s hrdiny Lukem Skywalkerem a Hanem Solem pouštní planetu Tatooine, když tu narazí na formaci hrozivých bitevních lodí Impéria, které krouží kolem planety. Bitevní lodě Impéria vypálí na loď našich hrdinů pustošivou záplavu laserových svazků, které proniknou jejím silovým polem. Millennium Falcon podléhá. Han Solo se snaží vyhnout nepřátelské palbě a volá, že jedinou nadějí je skok do „hyperprostoru“. Vzápětí startují motory hyperpohonu. Všechny okolní hvězdy se v oslnivých světelných drahách náhle hrouť do středu obrazovky. V prostoru se otevře díra, loď skrze ni vlétne do hyperprostoru a je volná.

Je to sci-fi? Nepochybně. Mohlo by se však zakládat na vědeckých faktech? Něco takového není vyloučeno. Cestování nadsvětelnou rychlostí je nedílnou součástí vědeckofantastické literatury, ovšem v poslední době se touto možností vážně zabývají i vědci.

Podle Einsteina je rychlost světla nejvyšší možnou rychlostí ve vesmíru. Ani naše nejmohutnější urychlovače, které vytvářejí energie jinak přítomné jen ve středech vybuchujících hvězd nebo v samotném velkém třesku, nejsou schopny pohybovat jadernými částicemi rychleji, než se pohybuje

světlo. Vypadá to, že rychlost světla je ve vesmíru nejvyšším dopravním policistou. Pokud tomu tak je, všechny naděje, že dosáhneme vzdálených galaxií, se zřejmě hroutí.

Možná je ale všechno jinak...

Ztroskotanec Einstein

Roku 1902 nic nenaznačovalo tomu, že mladý fyzik Albert Einstein bude jednou oslavován jako největší fyzik od dob Isaaka Newtona. Byl to vlastně nejhorší rok v jeho životě. Jakožto čerstvý doktorand byl odmítnut na všech univerzitách, kde žádal o místo vyučujícího. (Později zjistil, že jeho profesor Heinrich Weber o něm napsal příšerné doporučující dopisy, snad z pomsty za to, že Einstein často chyběl na jeho přednáškách.) Einsteinova matka byla navíc velmi zaujatá proti jeho přítelkyni Milevě Marićové, která s ním byla těhotná. Jejich první dcerka Lieserl se narodila jako nemanželská. Mladý Albert selhával i v příležitostných zaměstnáních, o která se pokoušel. Dokonce i jeho podřadná práce doučujícího skončila náhlým propuštěním. Ve svých depresivních dopisech uvažuje o tom, stát se obchodním cestujícím, aby si vydělal na živobytí. Svě rodině dokonce napsal, že by snad bylo bývalo lepší, kdyby se nikdy nenarodil, když je pro ni takovou přítěží a nemá žádné životní vyhlídky. Když mu zemřel otec, styděl se, že starý muž umíral s vědomím, že jeho syn selhal.

Později toho roku však se situace začala obracet. Přítel mu opatřil práci ve švýcarském patentním úřadě. Z tohoto podřadného postu zahájil Einstein největší převrat v moderních dějinách. Rychle prozkoumal patenty, které se mu dostaly na stůl, a pak trávil dlouhé hodiny přemýšlením nad fyzikálními problémy, které ho trápily od dětských let.

Co bylo tajemstvím jeho génia? Jedním z klíčů jeho geniality byla zřejmě schopnost myslet v pojmech fyzikálních modelů (pohybujících se vlaků, zrychlujících se hodin, rozpínajících se látek) spíše než v jazyce čisté matematiky. Einstein jednou řekl, že když teorii nejde vysvětlit dítěti, pak není patrně k ničemu; podstata teorie tedy musí být vyjádřitelná fyzikálním modelem. Spousta fyziků se ztratí v labyrintu matematiky, aniž by se k něčemu dobrali. Einstein, podobně jako Newton před ním, byl posedlý fyzikálním modelem; až poté přijde ke slovu matematika. Takovými modely byly pro Newtona padající jablko a Měsíc. Jsou síly působící padání jablka shodné s těmi, které udržují Měsíc na jeho dráze? Až poté, co Newton došel k závěru, že tomu tak skutečně je, našel matematické vyjádření

rovnice, která náhle odhalila největší tajemství oblohy, totiž pohyb nebeských těles.

Einstein a relativita

Albert Einstein předložil svou slavnou speciální teorii relativity roku 1905. Jádrem jeho teorie byl obraz, jemuž porozumí i dítě. Tato teorie byla vyvrcholením snu, který měl od svých šestnácti let, kdy si položil klíčovou otázku: co se stane, předeženeme-li světelný paprsek? Již v mládí věděl, že Newtonova mechanika popisuje pohyb předmětů na Zemi i na nebi, a že Maxwellova teorie popisuje světlo. To byly dva pilíře fyziky.

Podstatou Einsteinova génia bylo, že poznal, že si tyto dva pilíře navzájem odporují. Jeden z nich musel padnout.

Podle Newtona byste kdykoli mohli předehnat světelný paprsek, neboť na rychlosti světla není nic zvláštního. To by ale znamenalo, že poběžíte-li vedle něj stejnou rychlostí, bude se vám jevit nehybný. Již v mládí si však Einstein uvědomil, že zastavený světelný paprsek, něco jako zamrzlou vlnu, doposud nikdo neviděl. Z toho důvodu nemůže Newtonova teorie platit.

Einstein našel řešení, když se jako student v Curychu zabýval Maxwellovou teorií. Objevil něco, co netušil ani sám Maxwell: že rychlost světla je konstantní, ať se pohybujete jakkoli rychle. Světelný paprsek se pohybuje stále stejnou rychlostí, ať se k němu přibližujete nebo se od něj vzdalujete. To ovšem odporuje zdravému rozumu. Einstein našel odpověď na otázku z mládí: nikdy nemůžete letět současně se světelným paprskem, protože ať se pohybujete jakkoli rychle, vždy se bude od vás stálou rychlostí vzdalovat.

Newtonovská mechanika je ovšem těsně svázaný systém: jako byste zatáhli za volnou nitku, při nejmenší změně svých předpokladů se rozpadne. V Newtonově teorii je běh času v celém vesmíru stejný. Jedna vteřina na Zemi je stejná jako vteřina na Venuši nebo na Marsu. Obdobně metrová míra má na Zemi stejnou délku jako na Plutu. Jestliže je ovšem rychlost světla vždy stálá bez ohledu na to, jak se rychle pohybujeme, pak je třeba naprosto změnit pohled na vnímání prostoru a času. Pro zachování konstantní rychlosti světla musí dojít k jejich výraznému zkreslení.

Nacházíte-li se v letící raketové lodi, musí se podle Einsteina běh času uvnitř rakety ve srovnání s pozorovatelem na Zemi zpomalit. Čas běží různě rychle v závislosti na tom, jak rychle se pohybujete. Navíc, prostor uvnitř rakety se stlačí, takže metrové míry mění podle rychlosti rakety svou délku. Raketa navíc zvýší svou hmotnost. Kdybychom do ní nahlédli pomocí te-

leskopu, viděli bychom, že hodiny uvnitř jdou pomalu a cestující dělají rozvláčné pohyby a vypadají zploštěle. A kdyby raketa letěla rychlostí světla, čas v ní by se zřejmě zastavil, sama raketa by se stlačila na nulovou tloušťku a její hmotnost by byla nekonečná. Protože nic takového nedává smysl, dospěl Einstein k názoru, že světelnou bariéru nemůže nic prolomit. (Předmět se stává tím těžším, čím rychleji se pohybuje, což znamená, že pohybová energie se mění na hmotnost. Přesné množství energie, která se mění ve hmotnost, lze snadno spočítat, a na pár řádcích docházíme ke slavné rovnici $E = mc^2$.)

Od chvíle, kdy Einstein odvodil svou slavnou rovnici, potvrdily jeho revoluční myšlenky doslova miliony pokusů. Například systém GPS, schopný určit naši polohu na Zemi s přesností jednoho metru, by selhával, kdybychom nezavedli korekce odchylek způsobených relativitou. (Protože na systému GPS závisí ozbrojené síly, musí se od odborníků na Einsteinovu teorii relativity nechat školit dokonce i generálové Pentagonu.) Hodiny na družicích GPS při kroužení kolem Země skutečně zpomalují přesně v souladu s Einsteinovými předpověďmi.

Nejnápadnější projev této koncepce je vidět v urychlovačích částic, v nichž vědci urychlují částice téměř na rychlost světla. V gigantickém urychlovači LHC (Large Hadron Collider) v ústavu CERN u Ženevy ve Švýcarsku jsou protony urychlovány na energii několik bilionů elektronvoltů a pohybují se rychlostí velice blízkou rychlosti světla.

Pro raketové odborníky není světelná bariéra zatím zase takový problém, protože rakety se sotva pohybují rychlostmi převyšujícími několik desítek tisíc km/hod. Ovšem během jednoho nebo dvou století, kdy raketoví odborníci zamýšlejí vyslat sondy k nejbližší hvězdě (vzdálené přes čtyři světelné roky), by mohla světelná bariéra začít činit jisté potíže.

Mezery v Einsteinově teorii

Po desetiletí se fyzikové pokoušejí najít v Einsteinově slavném výroku skulinu. Některé se skutečně našly, většinou však nejsou příliš k užitku. Pohybujeme-li například baterkou po nebi, může se v zásadě obraz světelného paprsku pohybovat rychlostí vyšší, než je rychlost světla. Za pár sekund může světélko baterky přelétnout z obzoru až na bod na protějším obzoru a urazit tak vzdálenost stovek světelných roků. To však nemá praktické využití, protože se tímto způsobem nemůže předat žádná informace. Ačkoli by se prásátko ze světla baterky pohybovalo rychleji než světlo, nebylo by nositelem energie ani informace.

Podobně, podíváme-li se na nůžky, místo, kde se obě ramena nůžek kříží, se pohybuje tím rychleji, čím dál jsme od spojovacího nýtu. Představíme-li si nůžky dlouhé světelný rok, pak se při stříhacím pohybu může místo křížení posouvat nadsvětelnou rychlostí. (Opět to není důležité, protože toto místo nenese žádnou energii ani informaci.)

A konečně, jak jsem zmínil v kapitole 4, vysílat informaci rychlostí vyšší než rychlost světla umožňuje také EPR experiment. (Připomeňme, že v tomto experimentu vyšleme opačnými směry dva elektrony, které vibrují unisono. Tyto elektrony jsou koherentní, a proto informace mezi nimi putuje rychleji, než je rychlost světla, avšak tato informace je náhodná, a proto neúčinná. Strojů na této bázi proto nelze využít k vysílání sond ke vzdáleným hvězdám.)

Největší nedostatek ovšem odhalil samotný Einstein, jenž roku 1915 vytvořil obecnou teorii relativity, která je silnější než speciální teorie relativity. Semínka obecné teorie byla zasazena, když Einstein uvažoval o dětském kolotoči. Jak už jsme viděli, s přiblížením k rychlosti světla se předměty smršťují. Čím rychleji se pohybujete, tím více jste stlačeni. Na otáčejícím se kotouči se však obvod pohybuje rychleji než střed (střed se vlastně téměř nepohybuje). To znamená, že metrová míra u obvodu se smršťuje, zatímco u středu se téměř nemění, takže plocha kolotoče už není plochá, nýbrž zakřivená. Zrychlení má tudíž ten účinek, že se na kolotoči zakřivuje prostor a čas.

V obecné teorii relativity je prostoročas prostředím, které se může protahovat a smršťovat. Pomysleme například na velký třesk, při němž se v kosmickém výbuchu před 13,7 miliardami let zrodil vesmír. Můžeme spočítat, že se kosmos zpočátku rozpínal nadsvětelnou rychlostí. (Tento děj není v rozporu se speciální relativitou, protože se rozpínal prázdný mezihvězdný prostor, nikoli hvězdy samotné. Rozpínající se prostor nenese žádnou informaci.)

Důležitou myšlenkou je, že speciální teorii relativity lze použít pouze lokálně, tedy pouze na naše blízké okolí. V našem sousedství (například ve Sluneční soustavě) speciální relativita platí, jak si ověřujeme na našich vesmírných sondách. Ovšem globálně (například v kosmologických měřítcích celého vesmíru) musíme užít obecné relativity. V obecné relativitě se prostoročas stává prostředím, a to se může rozpínat rychleji, než letí světlo. Připouští též přítomnost „vesmírných děr“, jimiž si lze udělat zkratku prostorem a časem.

S ohledem na toto vše je využití obecné relativity možná jedním ze způsobů, jak cestovat nadsvětelnou rychlostí. Existují dvě možnosti, jak toho dosáhnout:

1. *Rozpínáním prostoru.* Kdybyste protáhli prostor za sebou a stlačili prostor před sebou, získali byste iluzi, že jste se přemístili nadsvětelnou rychlostí. Ve skutečnosti jste se ani nepohnuli, deformace prostoru by vám však umožnila vmžiku dosáhnout vzdálených hvězd.

2. *Protržením prostoru.* Roku 1935 zavedl Einstein pojem červí díry. Představme si Alenčino zrcadlo, magický prostředek spojující krajinu u Oxfordu s říší divů. Červí díra je prostředek spojující dva vesmíry. Na škole jsme se učili, že nejkratší spojnici dvou bodů je přímka. To však nemusí vždy platit: vždyť stočíme-li arch papíru tak, že se dva body dotknou, vidíme, že nejkratší spojnici mezi nimi je vlastně červí díra.

Fyzik Matt Visser z washingtonské univerzity říká: „Komunita lidí zabývající se relativitou začala uvažovat, co by bylo třeba udělat, abychom cestování pomocí warpových pohonů nebo červích děr přenesli z oblasti sci-fi do skutečnosti.“

Sir Martin Rees, britský královský astronom, dokonce říká: „Červí díry, vyšší dimenze a kvantové počítače otevírají spekulativní scénáře, které by nakonec mohly celý náš vesmír přeměnit v ‚živoucí kosmos‘.“

Alcubierreův pohon a záporná energie

Nejlepším příkladem rozpínání prostoru je Alcubierreův pohon, který navrhl fyzik Miguel Alcubierre roku 1994 s použitím Einsteinovy teorie gravitace. Je velmi podobný pohonnému systému ze seriálu *Star Trek*. Pilot takové lodi by seděl uvnitř bubliny (zvané „warpová bublina“), kde by vše vypadalo normálně, dokonce i v okamžiku prolomení světelné bariéry. Pilotovi by se vlastně zdálo, že se loď vůbec nepohybuje. Vně bubliny by však docházelo k extrémním zkreslením prostoročasu, kdy se prostor před bublinou stlačí. Ke zpomalení času by ovšem nedošlo, takže uvnitř by čas běžel normálně.

Alcubierre připouští, že svou roli při nalezení tohoto řešení mohl sehrát právě *Star Trek*. „Ve *Star Treku* se neustále mluví o ‚warpovém pohonu‘, díky němuž můžete způsobit zborcení prostoru,“ říká. „Teorii o tom, jak se prostor může nebo nemůže deformovat, tu už máme, je jí obecná teorie relativity.“

Myslel jsem si, že by měl existovat způsob, jak těchto koncepcí použít, aby se vidělo, jak by ‚warповý pohon‘ mohl fungovat.“ Je to patrně poprvé, kdy televizní pořad inspiroval k nalezení řešení jedné z Einsteinových rovnic.

Alcubierre se domnívá, že cestování v jím navržené lodi by připomínalo cestování lodí Millennium Falcon ve *Hvězdných válkách*. „Odhaduji, že posádka by patrně viděla něco velmi podobného. Před lodí by se hvězdy měnily v dlouhé čáry. Za lodí by nebylo vidět nic – jen černo – protože světlo hvězd by se nepohybovalo dost rychle, aby ji dohonilo,“ říká.

Klíčem k Alcubierreovu pohonu je nalezení energie potřebné k pohánění lodi nadsvětelnou rychlostí. U lodí letících rychlostí nižší, než je rychlost světla, fyzikové obvykle počítají s kladným množstvím energie. Překonat tuto strategii a být tak schopen cestovat nadsvětelnou rychlostí by vyžadovalo změnit palivo. Přímý výpočet ukazuje, že bychom k tomu potřebovali „zápornou hmotu“ nebo „zápornou energii“, což jsou snad nejexotičtější věci ve vesmíru, pokud vůbec existují. Fyzikové zápornou energii a zápornou hmotu tradičně odmítali jakožto sci-fi. Nyní však vidíme, že pro cestování nadsvětelnou rychlostí jsou nezbytné a mohly by skutečně existovat.

Vědci hledali zápornou hmotu v přírodě, zatím ovšem bez úspěchu. (Antihmota a záporná hmota jsou dvě zcela rozdílné věci. Antihmota existuje a má kladnou energii, byť převrácený náboj. O existenci záporné hmoty zatím ještě nevíme.) Záporná hmota by byla opravdu zvláštní, protože by byla lehčí než nic. Vlastně by se vznášela. Jestliže se záporná hmota v raném vesmíru vyskytovala, jistě odplula daleko do jeho hlubin. Na rozdíl od meteorů, které působením přitažlivosti narážejí do planet, by se záporná hmota planetám vyhýbala. Velká tělesa jako hvězdy a planety by ji odpuzovaly, nikoli přitahovaly. Tudíž, ačkoli záporná hmota možná skutečně existuje, nalézt by se dala jen ve vzdálených částech vesmíru, jistě ne na Zemi.

Jedním z návrhů, jak najít ve vesmíru zápornou hmotu, je využít takzvané „Einsteinovy čočky“. Když světlo prolétá kolem hvězdy nebo galaxie, jeho cesta se podle všeobecné relativity její přitažlivostí zakříví. Roku 1912 (to znamená ještě dříve, než zcela rozvinul teorii obecné relativity) Einstein předpověděl, že galaxie by mohla působit jako čočka dalekohledu. Světlo ze vzdáleného zdroje by při průchodu kolem blízké galaxie lehce změnilo směr, jako by prošlo čočkou, a při pohledu ze Země by vytvořilo charakteristický tvar prstence. Tyto jevy se dnes nazývají Einsteinovy prstence. První byl objeven roku 1979. Od té doby se Einsteinovy čočky staly pro astronomy nepostradatelným prostředkem. Vědci se například dlouho domnívali, že

nebude možné určit polohu „temné hmoty“. (Temná hmota je záhadná látka, neviditelná, avšak hmotná. Obklopuje galaxie a je jí ve vesmíru snad desetkrát více než obvyklé viditelné hmoty.) Vědcům z NASA se však podařilo sestrojít celé mapy temné hmoty, protože světlo se při průchodu temnou hmotou ohýbá, stejně jako při průchodu sklem.

Einsteinových čoček by tudíž mělo být možné použít při hledání záporné hmoty a červích děr ve vesmíru. Specifický způsob, jakým ohýbají světlo, by měl zaznamenat Hubbleův vesmírný teleskop. Zatím se tímto způsobem známka záporné hmoty nebo červí díry ve vesmíru nenašla, ovšem hledání pokračuje. Jestliže jednoho dne Hubbleův teleskop stopu záporné hmoty nebo červí díry objeví, mohlo by to ve fyzikálním světě vyvolat otřes.

Záporná energie je něco jiného než záporná hmota, už proto, že opravdu existuje, byť jen v nepatrných množstvích. Roku 1933 učinil Hendrik Casimir s použitím kvantové teorie bizarní předpověď. Tvrdil, že dvě nenabitě rovnoběžné kovové desky by se jako kouzlem navzájem přitahovaly. Normálně jsou rovnoběžné desky bez pohybu, protože nemají žádný náboj. Vzduchoprázdno mezi nimi ovšem není prázdné, je plné „virtuálních částic“, které vznikají z ničeho a zase zanikají.

Na kratinké okamžiky z nicoty vytryskne pár elektron-antielektron, vzápětí anihiluje a zase zmizí do nicoty. Je ironií, že vakuum, o němž se vždy myslelo, že je prázdné, ve skutečnosti překypuje kvantovou aktivitou. Původně se zdálo, že malé výtrysky hmoty a antihmoty narušují zachování hmoty. Avšak díky principu neurčitosti jsou tato narušení neuvěřitelně krátkodobá a průměrná energie zůstává zachována.

Casimir zjistil, že tento oblak virtuálních částic vytvoří ve vakuu kladný tlak. Prostor mezi dvěma rovnoběžnými deskami je omezený, a proto je tlak malý. Vně desek je ovšem tlak neomezený a větší, a proto vznikne kladný tlak stlačující desky k sobě.

Jsou-li desky nepohyblivé a daleko od sebe, nastává za běžných okolností stav nulové energie. Když se však k sobě přiblíží, je možno z nich získat energii. A protože byla z desek získána energie, je tedy jejich energie nyní menší než nula.

Tato záporná energie byla skutečně v laboratoři v roce 1948 změřena a výsledky potvrdily Casimirovu předpověď. Záporná energie a Casimirův jev tedy již nejsou sci-fi, nýbrž potvrzený fakt. Problém je v tom, že Casimirův jev je velmi slabý; změřit tuto energii v laboratoři vyžaduje nejmodernější a nejjemnější měřicí zařízení. (Obecně je Casimirova energie nepřímo

úměrná čtvrté mocnině vzájemné vzdálenosti desek. To ovšem znamená, že čím menší je vzdálenost, tím větší je energie mezi deskami.) Casimirův efekt přesně změřil roku 1996 Steven Lamoreaux z Národní laboratoře v Los Alamos. Přitažlivá síla byla rovna jedné třicetitisícině váhy mravence.

Od té doby, co Alcubierre předložil svou teorii, objevili fyzikové řadu jejích podivných vlastností. Lidé uvnitř hvězdné lodi jsou od vnějšího světa kauzálně odděleni. To znamená, že nemůžete jen tak stisknout tlačítko a rozjet se nadsvětelnou rychlostí. Přes bublinu nelze komunikovat. Musí existovat předem stanovená „dálnice“ prostorem a časem. V tomto smyslu by hvězdná loď nebyla obyčejným člunem, který může měnit směr a rychlost, jak se mu zlíbí. Byla by spíše jako osobní automobil, vezoucí se na již existující „vlně“ stlačeného prostoru a řídicí se předem vytvořeným koridorem zborceného prostoročasu. Alcubierre uvažuje: „Podél celé trasy by bylo zapotřebí celé série generátorů exotické hmoty, jakési dálnice, která pro nás synchronizovaným způsobem manipuluje prostorem.“

Lze ovšem najít ještě bizarnější řešení Einsteinovy rovnice. Vyplývá z nich, že při daném množství hmoty nebo energie lze vypočítat zborcení prostoročasu, které hmota nebo energie způsobí (stejným způsobem jako když hodíte kámen do rybníka, dají se vypočítat vlnky, které kámen vyvolá). Rovnice však můžeme číst také obráceně. Vyjdeme z bizarního prostoročasu, takového, jako vidíme v pokračováních seriálu *The Twilight Zone*. (V těchto vesmírech například otevřete dveře a jste na Měsíci. Oběhnete strom a octnete se zpátky v čase, se srdcem vpravo.) Z něj pak vypočteme rozdělení hmoty a energie příslušné tomuto konkrétnímu prostoročasu. (To znamená, že vyjdeme z bizarní konfigurace vlnek na hladině rybníku, postupujeme pozpátku a vypočteme rozložení kamenů potřebné k vytvoření právě takových vln.) Právě tímto způsobem Alcubierre odvodil své rovnice. Vyšel z prostoročasu, v němž je možný pohyb rychlejší než světlo, postupoval pozpátku a vypočítal energii potřebnou k jeho vytvoření.

Červí díry a černé díry

Druhým možným způsobem, jak překonat světelnou bariéru, je kromě napínání prostoru jeho protržení pomocí červích děr, průchodů spojujících dva vesmíry. V krásné literatuře se o červí díře poprvé zmínil oxfordský matematik Charles Dodgson, když pod pseudonymem Lewis Carroll napsal knížku *Alenka za zrcadlem*. Alenčino zrcadlo je červí dírou, spojující oxfordský venkov s magickou „říší divů“. Když Alenka prostrčí ruku zrcadlem,

octne se rázem v jiném vesmíru. Matematicové tomu říkají „vícenásobně souvislé prostory“.

Koncepce červích děr ve fyzice pochází z roku 1916, vznikla tedy rok poté, co Einstein uveřejnil svou úžasnou obecnou teorii relativity. Fyzik Karl Schwarzschild, který tou dobou sloužil v císařské německé armádě, byl schopen přesně vyřešit Einsteinovy rovnice pro případ bodové hvězdy. Dostatečně daleko od ní je její gravitační pole velmi podobné poli obyčejné hvězdy a Einstein dokonce užil tohoto Schwarzschildova řešení k výpočtu odklonění světla při průchodu kolem hvězdy. Schwarzschildovo řešení mělo okamžitý a velký dopad na astronomii a dodnes zůstává jedním z nejznámějších řešení Einsteinových rovnic. Po generace používali fyzikové gravitační pole kolem takové bodové hvězdy jako aproximaci k poli kolem reálné hvězdy s konečným průměrem.

Když však vezmeme toto bodové řešení vážně, pak v jeho středu číhá nestvůrný bodový objekt, šokující a zneklidňující fyziky téměř celé století – černá díra. Schwarzschildovo řešení pro gravitaci bodové hvězdy je jako trojský kůň. Z vnějšku vypadá jako dar z nebes, v jeho vnitřku se však skrývají nejruznější démoni a duchové. Jestliže však přijmete jedno, musíte vzít i to druhé. Schwarzschildovo řešení ukazuje, že když se k této bodové hvězdě blížíte, dějí se bizarní věci. Kolem hvězdy se nachází neviditelná kulová plocha (zvaná horizont událostí), která je místem, odkud není návratu. Všechno vstupuje dovnitř, nic však nevychází ven. Jakmile jednou projdete horizontem, nikdy se nevrátíte. (Jakmile jste uvnitř, museli byste se pohybovat rychlostí převyšující rychlost světla, abyste unikli horizontem zpět, což je nemožné.)

Jak se blížíte k horizontu, jsou vaše atomy natahovány slapovými silami. Gravitace působící na vaše nohy by byla mnohem silnější než ta, která působí na vaši hlavu, a tak by vás roztrhala. Obdobně by se působením tíže natáhly a následně roztrhly i atomy vašeho těla.

Vnějšímu pozorovateli by se zdálo, že se s přibližováním k horizontu zpomalujete, a když ho dosáhnete, bude se zdát, že čas se zastavil!

Ihned poté, co propadnete horizontem, uvidíte světlo, které bylo kdysi dávno zachyceno a nyní po miliardy let obíhá kolem černé díry. Bude to, jako byste sledovali film vyprávějící celý příběh této černé díry od jejího samého počátku.

A konečně, když přímo propadnete černou dírou, octnete se v jiném vesmíru. Jedná se o takzvaný Einsteinův-Rosenův most, který Einstein prvně zavedl roku 1935; dnes se mu říká červí díra.

Einstein i další fyzikové byli přesvědčeni, že hvězda se nemůže přirozeně proměnit v takový nestvůrný objekt. Roku 1939 Einstein dokonce uveřejnil článek, kde dovozoval, že otáčející se masa plynu a prachu se nikdy nezhuští natolik, aby mohla vzniknout černá díra. Takže ačkoli ve středu černé díry číhá červí díra, byl si jist, že takový podivný objekt se přirozenými prostředky nikdy nemůže vytvořit. Astrofyzik Arthur Eddington dokonce jednou řekl, že „by měl platit přírodní zákon bránící hvězdě, aby se chovala tak absurdním způsobem“. Jinými slovy, černá díra je sice legitimním řešením Einsteinových rovnic, neexistuje však žádný známý mechanismus, jímž by se přirozenými prostředky vytvořila.

To vše se změnilo, když téhož roku vyšel článek J. Roberta Oppenheimera a jeho studenta Hartlanda Snydera, dokazující, že se černá díra skutečně může utvořit přirozenou cestou. Zabývali se situací, kdy umírající hvězda spotřebuje veškeré své jaderné palivo a pak se zhroutí pod svou vlastní vahou, takže gravitace ji přivede k implozi. Jestliže je gravitace schopna stlačit hvězdu až pod její horizont událostí, pak nic vědě známého nemůže gravitaci zabránit, aby hvězdu stlačila do bodové částice, tedy černé díry. (Tato myšlenka imploze možná napověděla Oppenheimerovi, jak jen o několik let později postavil bombu pro Nagasaki, založenou na principu imploze kulové vrstvy plutonia.)

Další průlom přišel roku 1963, když novozélandský matematik Roy Kerr zkoumal snad nejrealističtější model černé díry. Objekt, který se smršťuje, zrychluje svou rotaci, stejně jako když krasobruslař přitáhne ruce k tělu. Výsledkem je, že černé díry by měly rotovat neuvěřitelně rychle.

Kerr zjistil, že rotující černá díra se nezhroutí do bodové hvězdy, jak předpokládal Schwarzschild, nýbrž do otáčejícího se prstence. Každý, kdo by měl tu smůlu a prstence se dotkl, zemře, avšak ten, kdo jím propadne, jím pouze proletí a zůstane naživu. Ovšem místo toho, aby se prostě objevil na druhé straně prstence, přejde po Einsteinově-Rosenově mostě a ocitne se v jiném vesmíru. Jinými slovy, rotující černá díra je rám Alenčina zrcadla.

Kdyby pak člověk prošel rotujícím prstencem podruhé, ocitl by se opět v dalším vesmíru. Opakovaný průchod rotujícím prstencem nás zanesou do navzájem různých paralelních vesmírů, podobně, jako kdybychom ve výtahu opakovaně stiskli tlačítko „vzhůru“. V principu by mohl existovat nekonečný počet na sebe navršených vesmírů. „Prolítneš tímhle kouzelným prstencem a z ničeho nic se ocitneš v úplně jiném vesmíru, kde jsou poloměry i hmotnosti záporné!“ napsal Kerr.

Je tu však důležitý háček. Černé díry jsou příklady „neprůchozích červích děr“; průchod událostním horizontem je jednosměrný. Jakmile jednou projdete horizontem a Kerrovým prstencem, nemůžete se jimi vydat nazpět.

V roce 1988 však Kip Thorne a jeho kolegové z Caltechu našli příklad průchozí černé díry, tedy takové, kterou se dá volně procházet tam i zpět. Podle jednoho řešení by cesta červí dírou vlastně nebyla o nic horší než cesta letadlem.

Za normálních okolností by však gravitace rozdrtila hrdlo červí díry a zničila astronauty snažící se dostat na druhou stranu. To je jeden z důvodů, proč není cesta skrz červí díru nadsvětelnou rychlostí možná. Odpuzející síla záporné energie nebo záporné hmoty by však mohla udržet hrdlo otevřené po dostatečně dlouhou dobu, a tím by se astronautům umožnil bezpečný průchod. Jinými slovy, záporná hmota nebo energie je podstatná jak pro Alcubierreův pohon, tak pro řešení s červí dírou.

V posledních několika letech se našel udivující počet přesných řešení Einsteinových rovnic, která připouštějí červí díry. Existují skutečně, nebo se jedná o pouhý výmysl matematiků? Cestování červími děrami má několik vážných nedostatků. Za prvé by pro vytvoření mohutného zkreslení prostoru a času potřebného pro průlet červí dírou bylo zapotřebí obrovského množství kladné a záporné hmoty, řádu velké hvězdy nebo černé díry. Matthew Visser, fyzik z univerzity ve Washingtonu, odhaduje množství záporné energie potřebné k otevření metrové červí díry jako srovnatelné se hmotou Jupiteru, s tím rozdílem, že bude muset být záporná. „Potřebujete k tomu asi minus jednu hmotu Jupiteru. Už samotná manipulace s pozitivní energií Jupiteru zní jako šílený nápad a v dohledné době je zcela mimo naše možnosti,“ říká Visser.

Kip Thorne uvažuje: „Zjistíme, že fyzikální zákony připouštějí v červích dírách velikosti člověka dostatečné množství exotické hmoty, aby se díra udržela průchodná. Ukáže se však také, že technologie na vytvoření červí díry a udržení její průchodnosti nepředstavitelně přesahuje možnosti naší civilizace.“

Za druhé nevíme, jak stabilní by takové červí díry byly. Záření vznikající v jejich nitru by mohlo usmrtit kohokoli, kdo do nich vstoupí. Je také možné, že by vůbec nebyly stabilní a jakmile bychom do nich vstoupili, ihned by se uzavřely.

Za třetí, světelné paprsky dopadající do černé díry podléhají modrému posuvu; to znamená, že jejich energie se s přiblížením k horizontu událostí stále zvyšuje. Na horizontu samotném je modrý posuv nekonečný, takže záření z této dopadající energie by v raketě všechny zabilo.

Podívejme se na tyto problémy detailněji. Jedním z nich je nashromáždit dost energie na to, aby se tkanivo prostoru a času protrhlo. Nejjednodušší způsob je stlačit objekt natolik, až je menší než jeho vlastní horizont událostí. Aby se do černé díry zhroutilo naše Slunce, museli bychom je stlačit na kouli o průměru přibližně tří kilometrů. (Gravitace je na něco takového příliš slabá, takže naše Slunce se černou dírou nikdy nestane. To také znamená, že po odpovídajícím stlačení se černou dírou může stát cokoliv nebo kdokoliv - třeba i vy. To ovšem vyžaduje, aby byly všechny atomy vašeho těla stlačeny do objemu menšího, než je atom, čehož ovšem současná věda neumí dosáhnout.)

Praktičtější by bylo sestavit baterii laserových děl a vypálit ze všech stran do jednoho místa, nebo postavit obrovský urychlovač na vytvoření dvou svazků, které by se pak srazily při obrovských energiích, dostatečných k vytvoření trhlinky ve tkanivu prostoročasu.

Planckova energie a urychlovače částic

Energie potřebná k vytvoření nestability v prostoru a čase se dá vypočítat: je v řádu Planckovy energie, neboli 10^{19} miliard elektronvoltů. To je vpravdě nepředstavitelně velké číslo, nesrovnatelně vyšší než energie dosažitelná nejmohutnějším strojem dneška, urychlovačem LHC umístěným na okraji Ženevy ve Švýcarsku. LHC prohání protony velkým prstencem tak dlouho, až dosáhnou energie bilionů elektronvoltů, což je energie nevídaná od dob velkého třesku. Ani toto monstrózní zařízení však nestačí k vyprodukování energie byť jen blízké Planckově energii.

Po LHC by měl přijít ILC (International Linear Collider), který nebude ohýbat dráhu částic do kruhu, nýbrž je bude vystřelovat po přímé dráze. Energie se částicím bude dodávat během letu, až dosáhnou nepředstavitelně vysokých energií. Pak se svazek elektronů srazí s antielektrony a vytvoří obrovský výtrysk energie. ILC bude 30 až 40 km dlouhý, tedy desetkrát delší než stanfordský lineární urychlovač (LINAC), v současnosti největší svého druhu. Jestliže vše půjde dobře, bude ILC dokončen v příštím desetiletí.

ILC bude vytvářet energii o velikosti 0,5 až 1,0 bilionů elektronvoltů - což je sice méně než v případě LHC (kde energie dosahují 14 bilionů elektronvoltů), ale to je zavádějící údaj. (V LHC se srážky mezi protony odehrávají vlastně mezi kvarky, z nichž se protony skládají. Srážky mezi kvarky tak obnášejí méně než 14 bilionů elektronvoltů. Proto tedy budou energie srážek v ILC vyšší než v LHC.) Navíc, protože není známo, že by se elektron

skládal z nějakých dalších částic, je dynamika srážek mezi elektrony a antielektrony jednodušší a čistší.

Realita ovšem je taková, že ani ILC zdaleka nesvede otevřít díru v prostoročase. Na to by bylo třeba urychlovače nesrovnatelně silnějšího. Pro naši civilizaci typu 0, užívající jako palivo odumřelých rostlin (totiž ropy a uhlí), je taková technologie naprosto mimo naše možnosti. Civilizace typu II by však něco takového svést mohla.

Vzpomeňme si, že civilizace typu III je ve svém používání energie galaktická a spotřebovává 10miliardkrát více energie než civilizace typu II, jejíž spotřeba je založena na energii jediné hvězdy. A civilizace typu II zase spotřebovává 10 miliardkrát více energie než civilizace typu I, jejíž spotřeba je založena na energii jediné planety. Za sto nebo dvě stě let se naše chabá civilizace přemění z civilizace typu 0 na civilizaci typu I.

Při takových výhledech jsme skutečně velmi daleko od schopnosti dosáhnout Planckovy energie. Mnoho fyziků je přesvědčeno, že na krajně malých vzdálenostech, na takzvané Planckově vzdálenosti (10^{-33} cm), není prostor prázdný ani hladký, ale začíná být „zpěněný“; kypí malými bublinkami, které neustále vznikají z ničeho, srážejí se s jinými bublinkami a opět zanikají ve vzduchoprázdnu. Tyto bubliny vystřelující z vakua a opět se v něm ztrácející jsou „virtuální vesmíry“, velice podobné virtuálním elektronům a antielektronům, které také vznikají z ničeho a opět zanikají.

Tato kvantová prostoročasná „pěna“ je pro nás za normálních okolností zcela neviditelná. Bublinky se tvoří na tak malých vzdálenostech, že je nelze pozorovat. Kvantová fyzika však přichází s myšlenkou, že soustředíme-li dost energie v jednom bodě, až dosáhneme Planckovy energie, mohou se bubliny zvětšit. Pak bychom viděli prostoročas kypící bublinkami, kde každá bublinka je červí díra spojená se „zárodkem vesmíru“.

Dosud byly tyto zárodky vesmírů považovány za intelektuální kuriozitu, podivný důsledek čisté matematiky. Nyní se však fyzikové zaobírají myšlenkou, že jako takový zárodek původně začal i náš vesmír.

Taková úvaha je pouhá spekulace, ovšem fyzikální zákony připouštějí možnost, že soustředí-li se do jediného bodu tolik energie, až dosáhneme prostoročasové pěny, otevře se v prostoru mezera a objeví se červí díry spojující náš vesmír se zárodkem dalšího vesmíru.

Vytvoření díry v prostoru by ovšem vyžadovalo velké technologické průlomy, pro civilizaci třetího typu by nicméně mohlo být dosažitelnou záležitostí. Slibného pokroku se dosáhlo například ve vývoji takzvaného urychlo-

vače LWFA. Je pozoruhodné, že tento urychlovač je tak malý, že se vejde na pracovní stůl, a přesto vytváří miliardy elektronvoltů energie. Tento urychlovač pracuje tak, že laserovými paprsky ostřeluje nabitě částice, které se pak vezou na energii tohoto laseru. Pokusy provedené ve Stanfordském středisku lineárního urychlovače, Rutherfordově-Appletonově laboratoři v Anglii a na École Polytechnique v Paříži ukazují, že s použitím energie vpravené laserovými svazky a plazmatem se dá dosáhnout obrovských zrychlení na malých vzdálenostech.

K dalšímu průlomů došlo roku 2007, když fyzikové a technici ze Stanfordského střediska lineárního urychlovače, UCLA a USC ukázali, že energii velkého urychlovače částic je možno zdvojnásobit na délce pouhého jednoho metru. Vyšli z proudu elektronů prolétávajících tříkilometrovou trubicí stanfordského urychlovače a dosahujících energie 42 miliard elektronvoltů. Tyto vysokoenergetické elektrony následně prošly skrz „pec“ skládající se z plazmové komory dlouhé pouhých 88 cm, kde elektrony získaly další 42 miliardy elektronvoltů a svou energii tak zdvojnásobily. (Plazmová komora je naplněna lithiovým plynem. Elektrony při průletu komorou způsobí plazmovou vlnu, která vytvoří brázdu. Tato vlna se zezadu napojí na elektronový svazek, tlačí ho kupředu, a dodává mu tak dodatečnou energii.) Tímto ohromujícím úspěchem fyzikové 3000násobně zlepšili dosavadní rekord pro urychlení elektronového svazku na jednom metru. Připojením takových „pecí“ k existujícím urychlovačům by bylo v principu možné zdvojnásobit jejich energii téměř zadarmo.

Dnešním světovým rekordem LWFA je 200 miliard elektronvoltů na metr. Snaha rozšířit tento výsledek na delší vzdálenosti však naráží na mnoho potíží (mezi ně patří například udržení stability svazku, do nějž se čerpá laserová energie). Za předpokladu, že je možné udržet urychlení 200 miliard elektronvoltů na metr to znamená, že urychlovač schopný dosáhnout Planckovy energie by musel být dlouhý 10 světelných let. To je ovšem zcela v možnostech civilizace typu III.

Červí díry a napínání prostoru nám patrně nabízejí nejrealističtější způsob, jak prolomit světelnou bariéru. Není však známo, zda jsou tyto technologie stabilní; pokud ano, bylo by k jejich fungování stále zapotřebí ohromných objemů energie, kladné nebo záporné.

Možná že pokročilá civilizace typu III by již mohla takové technologie mít. Může nicméně trvat tisíciletí, než si my, pozemšťané, budeme na

FYZIKA NEMOŽNÉHO

mobilizaci energií takových objemů moci vůbec pomyslet. Vzhledem k tomu, že stále přetrvávají neshody ohledně základních zákonů řídících předivo prostoročasu na kvantové úrovni, zařadil bych cestování nadsvětelnou rychlostí mezi nemožnosti II. řádu.

CESTOVÁNÍ V ČASE

Jestliže je cestování v čase možné, kde jsou tedy turisté z budoucnosti?

STEPHEN HAWKING

*„[Cestování v čase] odporuje zdravému rozumu,“
řekl Filby.*

„Proč?“ zeptal se Poutník.

H. G. WELLS

V románu *Janus Equation (Janova rovnice)* se spisovatel G. Spruill zabývá jedním z mučivých problémů cestování v čase. V tomto příběhu potkává brilantní matematik, jehož cílem je odhalit tajemství cestování v čase, neznámou krásnou ženu, o jejíž minulosti nic neví, přesto s ní však naváže vztah. Začne se zajímat o její skutečnou identitu. Nakonec zjistí, že se podrobila plastické operaci, která změnila její rysy, a dokonce prodělala změnu pohlaví. Nakonec objeví, že „ona“ je ve skutečnosti on sám, avšak z budoucnosti. Znamená to, že se miloval sám se sebou. Čtenář přemýšlí, co by se bylo stalo, kdyby měli dítě? A kdyby se toto dítě vrátilo do minulosti a dospělo v matematika ze začátku příběhu, mohlo by se stát svým vlastním otcem, matkou, synem i dcerou?

Lze změnit minulost?

Čas je jednou z velkých záhad vesmíru. Řeka času nás unáší proti naší vůli. Svatý Augustin o paradoxní podstatě času někdy okolo roku 400 našeho letopočtu napsal: „Jak může být minulost a budoucnost, když minulost již není a budoucnost ještě není? Co se týče přítomnosti, kdyby přítomnost byla stále a nikdy se nestala minulostí, nebyl by čas, ale věčnost.“ Když použijeme logiky svatého Augustina dále, vidíme, že čas je nemožný, protože minulost

zmizela, budoucnost není, a přítomnost je pouhý okamžik. (Svatý Augustin pak klade hluboké teologické otázky ohledně toho, jak čas ovlivňuje Boha, tedy otázky, které jsou aktuální i dnes. Jestliže je Bůh všemocný, píše Augustin, je vázán během času? Jinými slovy, musí Bůh, stejně jako my všichni, chvátat, protože se opozdil na schůzku? Svatý Augustin nakonec dochází k závěru, že Bůh je všemocný, a proto nemůže být omezován časem a musí tudíž existovat „mimo čas“. Být „mimo čas“ vypadá absurdně, uvidíme ovšem, že je to jedna z myšlenek, které se v moderní fyzice stále vracejí.)

Stejně jako svatý Augustin i my občas přemýšlíme o podivném charakteru času a o tom, jak se čas liší od prostoru. Jestliže se můžeme v prostoru pohybovat dopředu i dozadu, proč to nejde v čase? Všichni také někdy uvažujeme o tom, jaká asi bude budoucnost v dobách po nás. Člověk má omezený čas žití, jsme nicméně zvědaví, co se asi přihodí dlouho po tom, co tu už nebudeme.

Naše touha cestovat v čase je zřejmě stejně stará jako lidstvo samo, ovšem prvním zapsaným příběhem na toto téma jsou patrně *Memoirs of the Twentieth Century* (*Vzpomínky na dvacáté století*), který roku 1733 napsal Samuel Madden. Vypráví o andělovi, jenž se vrací z roku 1997 více než 250 let nazpět v čase, aby předal britskému vyslanci dokumenty popisující svět budoucnosti.

Později se takových příběhů objevuje již více. Anonymní povídka z roku 1838 *Missing one's Coach: An Anachronism* (*Zmeškat svůj kočár: Anachronismus*) pojednává o člověku čekajícím na kočár, který se náhle octne o tisíc let nazpět. Setkává se s mnichem ze starého kláštera a snaží se mu vysvětlit, jak se budou dějiny vyvíjet příštích tisíc let. Pak se náhle opět octne zpátky v přítomnosti, svůj kočár ovšem zmeškal.

Motiv cestování v čase se objevuje i ve *Vánoční koledě*, novele Charlese Dickense z roku 1843. V něm je Ebenezer Vydřigroš přenesen do minulosti i do budoucnosti a vidí svět v době svého dětství a také po své smrti.

V americké literatuře se cestování v čase objevuje poprvé v románu Marka Twaina z roku 1889 s názvem *Yankee z Connecticutu na dvoře krále Artuše*. Američan z 19. století je přenesen zpět v čase a objeví se v roce 528 na dvoře krále Artuše. Je zajat a má být upálen na hranici, pak si však uvědomí, že toho dne má nastat zatmění slunce, a proto prohlásí, že má moc zhasnout slunce. Když zatmění skutečně nastane, dav se vyděsí a souhlasí, že jej osvobodí a udělí mu různá privilegia výměnou za to, že slunce vrátí.

Prvním vážným pokusem použít cestování v čase v krásné literatuře však byl slavný román H. G. Wellse *Stroj času*, kde je hrdina příběhu přenesen o statisíce let do budoucnosti. V této vzdálené budoucnosti se lidstvo již geneticky rozštěpilo na dvě rasy, hrozné morloky provozující zastaralé podzemní stroje, a neužitečné dětinské eloie tančící ve slunečním světle na povrchu, aniž by si uvědomovali svůj hrozný osud (totiž že budou morloky snědeni).

Od té doby se cestování v čase stalo standardní součástí vědeckofantastických děl, od *Star Treku* po *Návrat do budoucnosti*. Když ve filmu *Superman* hrdina zjistí, že Lois Laneová zemřela, v zoufalství se rozhodne obrátit tok času a krouží kolem Země rychleji než světlo tak dlouho, až začne čas plynout pozpátku. Země se zpomalí, zastaví, a nakonec se začne otáčet druhým směrem, takže všechny hodiny na světě jdou obráceně. Záplavy obrátí svůj směr, prolomené přehrady se zázračně samy zacelí, a Lois Laneová vstane z mrtvých.

Newtonovský model, podle nějž je cestování časem nemožné, nahlíží na čas podobně jako na letící šíp: jakmile je jednou vystřelen, nemůže se nikdy odchýlit od určené dráhy. Jedna sekunda na Zemi je jednou sekundou kdekoli ve vesmíru. Tato koncepce byla nicméně překonána Einsteinem, který ukázal, že čas je spíše jako řeka vinoucí se vesmírem, tu rychleji, tu pomaleji, jak protéká kolem hvězd a galaxií. Jedna sekunda na Zemi tak není absolutní; čas se při našem pohybu vesmírem mění.

Jak jsme si již řekli, podle Einsteinovy speciální teorie relativity se čas uvnitř rakety zpomaluje, čím raketa letí rychleji. Spisovatelé sci-fi uvažovali, že pokud by se podařilo prolomit světelnou bariéru, mohli bychom cestovat v čase nazpět. To však není možné, neboť abychom dosáhli rychlosti světla, museli bychom nabýt nekonečné hmotnosti. Rychlost světla je konečnou překážkou pro každou raketu. Ve filmu *Star Trek IV: Cesta domů* se posádka lodi Enterprise zmocní Klingonské vesmírné lodi a použije ji k tomu, aby se prosmýkli kolem Slunce, prorazili časovou bariéru a nakonec dorazí do San Franciska v 60. letech 20. století. Něco takového však odporuje fyzikálním zákonům.

Cestování časem do budoucnosti je nicméně možné a bylo experimentálně milionkrát ověřeno. Hrdinova cesta do vzdálené budoucnosti v díle *Stroj času* je skutečně z fyzikálního hlediska možná. Pokud by astronaut cestoval rychlostí blízkou rychlosti světla, mohlo by mu zabrat řekněme minutu, aby dosáhl nejbližší hvězdy. Na Zemi by uběhly čtyři roky, pro něj

by však uplynula pouhá minuta, protože uvnitř rakety by se čas zpomalil. Byl by se tedy podle našich pozemských měřítek přemístil čtyři roky do budoucnosti. (Naši astronauti fakticky podniknou krátkou cestu do budoucnosti při každém vesmírném letu. Protože se pohybují kolem Země rychlostí 29 000 km/h, jejich hodiny jdou o něco pomaleji než hodiny na Zemi. Po roce stráveném na vesmírné stanici se vlastně před návratem na Zemi posunou o zlomek sekundy do budoucnosti. Světový rekord v cestování do budoucnosti drží v současnosti ruský kosmonaut Sergej Avdějev, který strávil na oběžné dráze 748 dní a byl tak vržen do budoucnosti o padesátinu sekundy.)

To znamená, že stroj času, který nás dopraví do budoucnosti, je v souladu s Einsteinovou speciální teorií relativity. Jak se to však má s pohybem proti směru času?

Pokud bychom mohli cestovat zpět do minulosti, nebylo by možné napsat dějiny. Jakmile by historik zapsal minulost, kdokoli by se do ní mohl vrátit a přepsat ji. Nejen že by stroje času připravily historiky o práci, mohli bychom také libovolně měnit tok času. Kdybychom se vrátili do doby dinosaurů a tam omylem zašlápli savce, který byl shodou okolností naším předkem, mohli bychom nedopatřením vymazat celé lidstvo. Turisté z budoucnosti by se tlačili kolem významných historických událostí ve snaze udělat co nejlepší záběr a dějiny by připomínaly nikdy nekončící bláznivý monty-pythonovský skeč.

Cestování v čase: kratochvíle pro fyziky

Největších úspěchů ve výzkumu obtížných matematických rovnic černých děr a strojů času dosáhl kosmolog Stephen Hawking. Na rozdíl od většiny odborníků na relativitu, kteří vynikli v matematické fyzice již v raném věku, nebyl Hawking v mládí nijak vynikajícím studentem. Byl zřejmě velmi nadaný, jeho učitelé si však všimli, že jej studium nijak nezaujalo a zřejmě zdaleka nevyužíval svých schopností. Ke zlomu došlo roku 1962, kdy promoval na Oxfordu. Tehdy se u něj poprvé projeví příznaky ALS (amyotrofické laterální sklerózy). Zjištění, že trpí touto neléčitelnou chorobou motorických neuronů, která jej připraví o veškeré pohybové funkce a patrně jej brzy usmrtí, jím otřásl. Zpráva o nemoci ho zpočátku velmi rozrušila. Jaký smysl má získat doktorát, když stejně brzy zemře?

Když však překonal počáteční otřes, poprvé v životě se opravdu začal něčemu věnovat. S vědomím, že mu je vyměřen krátký život, začal s plným

zaujetím řešit některé z nejobtížnějších problémů obecné teorie relativity. Začátkem 70. let 20. století uveřejnil významnou sérii článků, kde ukázal, že tzv. singularita v Einsteinově teorii (kdy se gravitační pole stává nekonečným, jako ve středu černých děr a v okamžiku velkého třesku) jsou podstatným rysem relativity a nelze je snadno přejít (jak se domníval Einstein). Roku 1974 Hawking také dokázal, že černé díry nejsou zcela černé, nýbrž postupně vyzařují radiaci, nyní zvanou Hawkingovo záření, neboť ta protuneluje dokonce i gravitačním polem černé díry. Tento článek, týkající se první významnější aplikace kvantové teorie na teorii relativity, je zároveň Hawkingovou nejznámější prací. Podle předpovědi vedla ALS u Hawkinga k postupnému ochrnutí rukou, nohou, hlasivek, ovšem mnohem pomaleji, než lékaři původně předpokládali. Díky tomu dosáhl mnoha milníků, které jsou součástí života zdravých jedinců. Má tři děti (nyní je dědečkem), roku 1991 se rozvedl se svou první ženou, o čtyři roky později se oženil s bývalou manželkou konstruktéra svého hlasového syntezátoru, a roku 2006 požádal o rozvod. Roku 2007 se dostal do zpráv, když na palubě tryskového letadla okusil stavu beztlíže, což bylo jeho celoživotním snem. Jeho dalším přáním je vydat se do vesmíru.

Dnes je Hawking téměř ochrnutý, odkázaný na invalidní vozík a s vnějším světem komunikuje pomocí pohybů očí. I takto však ještě vtipkuje, píše články, přednáší a účastní se diskusí. Ačkoli hýbe jen očima, je produktivnější než celé týmy vědců se zdravými těly. (Jeho kolega na univerzitě v Cambridge, Sir Martin Rees, královnou jmenovaný královský astronom, se mi jednou svěřil, že díky své invaliditě je Hawking osvobozen od nutnosti provádět zdoluhavé výpočty nezbytné k tomu, aby se udržel ve svém oboru na vrcholu. Místo aby věnoval čas složitým výpočtům, které mohou provádět jeho studenti, může se soustředit na plození nových a svěžích myšlenek.)

Roku 1990 si Hawking přečetl články, v nichž jeho kolegové navrhovali svou verzi stroje času, a ihned k jejich úvahám pojal nedůvěru. Intuice mu říkala, že cestování časem není možné, protože tu nikde nejsou turisté z budoucnosti. Kdyby cestování v čase bylo tak banální jako nedělní piknik v parku, pak by nás cestovatelé z budoucnosti obtěžovali se svými kamerami a žádali nás, abychom jim pózovali pro snímek do rodinného alba.

Hawking také rozvířil fyzikální vody tvrzením, že by měl existovat zákon, který by znemožňoval cestování v čase. Navrhl „princip ochrany chronologie“, který by z fyzikálních zákonů vykázal cestování v čase s cílem „nechat dějiny historikům“.

Zarážející ovšem je, že jakkoli se fyzikové snažili, zákon zakazující cestování v čase nenašli. Cestování v čase se zdá být v souladu se známými fyzikálními zákony. Protože Hawking nenašel žádný zákon znemožňující cestování v čase, sám nedávno změnil názor. Když nedávno prohlásil, že „cestování v čase je snad možné, není však praktické“, objevila se tato zpráva na titulních stranách londýnských deníků.

Jakkoli se cestování v čase dříve považovalo za okrajovou problematiku, staly se úvahy o něm pro teoretické fyziky náhle oblíbeným tématem. Fyzik Kip Thorne z Caltechu píše: „Cestování v čase kdysi zajímalo výhradně spisovatele vědeckofantastické literatury. Seriózní vědci se mu vyhýbali jako čert kříži – dokonce i ti, kteří pod pseudonymem psali vědeckofantastickou literaturu nebo si ji tajně četli. Jak se časy změnily! Dnes naleznete ve významných vědeckých časopisech učené rozbory o cestování v čase psané předními teoretickými fyziky ... Co způsobilo tuto změnu? My fyzikové jsme si uvědomili, že podstata času je příliš důležitá, než abychom ji ponechali pouze v rukou spisovatelů sci-fi.“

Příčinou všeho toho zmatku a rozruchu je skutečnost, že Einsteinovy rovnice připouštějí mnoho druhů strojů času. (Zda ovšem odolají výzvám kvantové teorie, je stále ještě sporné.) V Einsteinově teorii se skutečně často setkáme s takzvanými „uzavřenými časovými křivkami“, což je technický výraz pro trajektorie umožňující cestování v čase do minulosti. Pokud bychom při své cestě sledovali uzavřenou časovou křivku, vrátili bychom se z cesty dříve, než jsme vyrazili.

První stroj času užívá červí díry. Existuje mnoho řešení Einsteinových rovnic pro spojení dvou vzdálených bodů v prostoru. Protože však jsou v Einsteinově teorii prostor a čas těsně svázány, může také stejná červí díra spojovat dva body v čase. Propadnete-li se do červí díry, mohli byste docestovat (přinejmenším matematicky) do minulosti. Lze si představit, že byste se pak vrátili do místa, odkud jste původně vyrazili, a setkali se tam se sebou samým. Jak jsme se ovšem zmínili v předchozí kapitole, je průchod červí dírou ve středu černé díry výletem jedním směrem. Jak řekl fyzik Richard Gott: „Nemyslím, že jsou jakékoli pochybnosti o tom, že červími dírami můžete cestovat do minulosti. Jen je otázkou, jestli byste se odtamtud kdy mohli vynořit, abyste se pochlubili ostatním.“

Další typ stroje času zahrnuje rotující vesmír. Roku 1949 našel matematik Kurt Gödel první řešení Einsteinových rovnic zahrnující cestování v čase. Jestliže vesmír rotuje a vy jím letíte dostatečně rychle, můžete se octnout

v minulosti a vrátit se dříve, než se vydáte na cestu. Cesta kolem vesmíru je tudíž současně cestou do minulosti. Když do Institutu pokročilých studií přijížděli na návštěvu astronomové, často se jich Gödel ptal, zda našli známky toho, že se vesmír otáčí. Byl rozčarován, když mu říkali, že existují jasné důkazy o tom, že se vesmír rozpíná, ale celková rychlost rotace je patrně nulová. (Jinak by cestování v čase mohlo být běžným jevem a dějiny, jak je známe, by se zhroutily.)

Za třetí, pokud obcházíte nekonečně dlouhý rotující válec, mohli byste se také vrátit před svým odchodem. (Toto řešení našel W. J. van Stockum roku 1936, dokonce již před Gödelovým řešením cestování v čase. Patrně si však neuvědomil, že jeho řešení umožňuje něco takového.) V tomto případě, tančíte-li prvního máje kolem májky, můžete se rázem octnout v dubnu. (Problém s tímto uspořádáním je ovšem v tom, že válec musí být nekonečně dlouhý a otáčet se rychlostí, při níž by se většina materiálů rozletěla na kousky.)

Nejnovější příklad cestování v čase našel roku 1991 Richard Gott z univerzity v Princetonu. Jeho řešení je založeno na nalezení gigantických kosmických strun (což by mohly být pozůstatky po počátečním velkém třesku). Předpokládá, že dvě takové velké kosmické struny by se chystaly na sebe narazit. Pokud byste tyto dvě kolidující struny rychle objeli, cestovali byste časem pozpátku. Výhoda takového stroje času je, že nepotřebujete nekonečně otáčející se válce, rotující vesmíry ani černé díry. (Problém s tímto uspořádáním však spočívá v tom, že musíte v kosmu objevit obrovské kosmické struny, a nechat je srazit tím správným způsobem. Možnost cestovat zpátky v čase by navíc trvala jen krátký okamžik.) Gott říká: „Kolabující strunová smyčka dostatečně velká na to, aby vám umožnila vrátit se o rok zpět, by musela vážit víc než polovina galaxie.“

Nejslibnějším konceptem pro stroj času je však „průchozí červí díra“, zmíněná v minulé kapitole, tedy díra v prostoročasu, kterou by člověk mohl volně procházet časem tam i zpět. Průchozí červí díry umožňují teoreticky nejen cestování nadsvětelnou rychlostí, ale i cestování časem. Klíčem k průchozím červím děrám je záporná energie.

Průchozí červí díra by se skládala ze dvou komor. Každá komora by dále sestávala ze dvou soustředných kulových ploch, mezi nimiž by byla nepatrná mezera. Kdyby se vnější z nich zmenšovala, vytvořily by obě kulové plochy Casimirův efekt a tudíž zápornou energii. Předpokládejme, že civilizace typu III je schopna vytvořit mezi těmito dvěma komorami červí díru (možná

tak, že jednu z nich získá z prostoročasové pěny). Pak bychom jednu komoru vzali a udělili jí rychlost blížkou rychlosti světla. Čas se v této komoře zpomalí, takže hodiny v obou komorách již nejdou stejně rychle. Čas běží uvnitř obou komor spojených červí dírou různou rychlostí.

Jste-li v druhé komoře, můžete se okamžitě přemístit červí dírou do komory první, která existuje dříve v čase. Tak jste cestovali časem pozpátku.

Toto uspořádání naráží na značné problémy. Červí díra by mohla být velmi úzká, mnohem menší než atom. Aby se utvořil dostatek záporné energie, musely by se obě plochy navíc přiblížit na vzdálenost srovnatelnou s Planckovou délkou. Zpátky v čase byste nakonec mohli jít nejdéle do toho okamžiku, kdy byly stroje času sestrojeny. Před tímto okamžikem by čas v obou komorách běžel stejně rychle.

Paradoxy a časové záhady

Cestování v čase přináší nejrůznější problémy, jak technické, tak společenské. Morální, právní a etická hlediska předkládá Larry Dwyer, jenž říká: „Měl by být cestovatel v čase, který udeří mladší verzi sebe sama (nebo naopak), obviněn z napadení? Měl by cestovatel, který někoho zavraždí a pak uprchne do minulosti, aby získal azyl, být v minulosti souzen za zločiny spáchané v budoucnosti? Jestliže se v minulosti ožení, může být souzen za bigamii, byť se jeho druhá manželka nenarodí dříve než za 5000 let?“

Při cestování v čase jsou patrně největší problémy s logickými paradoxy. Co se kupříkladu stane, jestliže zabijeme své rodiče dříve, než se narodíme? Něco takového odporuje logice. (Tomuto problému se někdy říká „dědečkův paradox“).

Jsou tři způsoby, jak se s takovými paradoxy vypořádat. První možnost je, že při cestě časem nazpátek jen zopakujete minulé události, a tím splníte minulost. V tom případě nemáte svobodnou vůli. Musíte dokonat minulost tak, jak byla napsána. To znamená, že když se vrátíte v čase a sdělíte sami sobě v mladším věku tajemství cestování v čase, pak se to právě tak mělo stát. Tajemství cestování v čase přišlo z budoucnosti. Byl to osud. (To nám však neříká, kde se myšlenka původně vzala.)

Druhá možnost je, že svobodnou vůli máte, takže minulost změnit můžete, ale v jistých mezích. Kdykoli se pokusíte zavraždit své rodiče před svým narozením, tajemná síla vám zabrání zmáčknout spoušť. Tento postoj zaujal ruský fyzik Igor Novikov. (Poukazuje na to, že existuje zákon, který nám brání chodit po stropě, i kdybychom chtěli, a stejně tak může existovat i zá-

kon, který nám zabraňuje zabít rodiče před svým narozením. Jakýsi podivný zákon nám neumožňuje vystřelit.)

Třetí možností je, že se vesmír rozštěpí. Lidé, které jste na jedné časové lince zabili, vypadají přesně jako vaši rodiče, jsou však jiní, neboť se nacházejí v paralelním vesmíru. Zdá se, že tato možnost souhlasí s kvantovou teorií, jak vysvětlím později, až bude řeč o multiverzu.

Druhou z možností se zabývá film *Terminátor 3*. Arnold Schwarzenegger v něm hraje robota z budoucnosti, kdy nadvládu získaly vražedné stroje. Těch několik málo zbývajících lidských bytostí, kteří jsou loveni jako zvěř, vede velký vůdce, jehož stroje nebyly schopny usmrtit. Ve své bezradnosti vyšlou stroje do minulosti skupinu smrtících robotů, aby zabily vůdcovu matku dříve, než ho porodí. Po mohutných bitvách je lidstvo v závěru filmu nakonec zničeno.

Film *Návrat do budoucnosti* se zabývá třetí možností. Dr. Brown vynalezne vůz poháněný plutoniem, který dokáže cestovat do minulosti. Marty McFly (Michael J. Fox) do něj nasedne, vrátí se do minulosti a potká svou mladičkou matku, která se do něj zamiluje. To představuje nesnadný problém, neboť kdyby Martyho matka v mládí odmítla jeho budoucího otce, nevzali by se, a postava představovaná Michaellem J. Foxem by se byla nikdy nenarodila.

Do problému vnese trochu světla doktor Brown. Přistoupí k tabuli a nakreslí vodorovnou čáru, představující průběh času v našem vesmíru. Pak vede druhou čáru, která se větví z první. Ta představuje paralelní vesmír, který se otevře, jakmile změníme minulost. Kdykoli se tedy v řece času vrátíme, řeka se rozvětví a z jedné časové linie se stávají dvě. Tomuto konceptu se říká „teorie mnoha světů“ a budeme se jím zabývat v příští kapitole.

To znamená, že všechny paradoxy cestování v čase jsou řešitelné. Jestliže jste zabil své rodiče dříve, než jste se narodil, jednoduše jste jen usmrtil jedince geneticky identické s vašimi rodiči, se stejnými vzpomínkami a osobnostmi, vaši skuteční rodiče to však nebyli.

Teorie mnoha světů řeší alespoň jeden z hlavních problémů cestování v čase. Z hlediska fyzika je hlavní kritickou námitkou proti cestování v čase (kromě nalezení záporné energie) skutečnost, že efekty záření narostou tak, že buď zahynete v okamžiku, kdy do stroje času vstoupíte, nebo se červí díra okamžitě poté zhroutí. Efekty záření narostou, protože každá radiace vstupující do časového portálu se vyše zpět do minulosti, kde bude bloudit vesmírem až do dnešního dne, kdy znovu do červí díry spadne. Radiace tedy může vstoupit do ústí červí díry nekonečně mnohokrát a uvnitř červí díry

bude neuvěřitelně silná – natolik, že nás zahubí. Myšlenka „mnoha světů“ tento problém řeší. Když záření vstoupí do stroje času a je vysláno do minulosti, objeví se v novém vesmíru; nemůže tedy do stroje času vstupovat opakovaně. Znamená to, že existuje nekonečný počet vesmírů, jeden pro každý cyklus, a v každém cyklu je přítomen pouze jeden foton radiace a nikoli její nekonečné množství.

Roku 1997 se diskuse poněkud vyjasnila, když tři fyzikové definitivně dokázali, že Hawkingův princip ochrany chronologie je z podstaty chybný. Bernard Kay, Marek Radzikowski a Robert Wald dokázali, že cestování v čase je v souladu se všemi známými fyzikálními zákony, až na jeden bod. Když cestujeme v čase, soustřeďují se všechny případné problémy na horizontu událostí (nalézajícím se blízko vchodu do červí díry). Horizont je ovšem právě místem, kde očekáváme, že se Einsteinova teorie zhroutí a pole ovládnou kvantové efekty. Problém je, že kdykoli se pokusíme spočítat efekty záření při vstupu do stroje času, musíme užít teorie spojující Einsteinovu obecnou teorii relativity s kvantovou teorií záření. Ovšem jakmile se naivně pokusíme tyto dvě teorie zkombinovat, jsme odsouzeni k nezdaru: vyjde nekonečná řada nesmyslných výsledků.

Právě v tomto bodě nastupuje teorie všeho. Všechny problémy cestování červí dírou, které trápí fyziky (například stabilita červí díry, radiace, která by vás mohla usmrtit, uzavření červí díry po vašem vstupu) se soustřeďují na horizont událostí, kde Einsteinova teorie ztrácí smysl.

Klíčem k porozumění principu cestování v čase je pochopení fyziky horizontu událostí, a tu může vysvětlit jen teorie všeho. To je důvod, proč většina fyziků dnes souhlasí s tím, že způsob, jak definitivně vyřešit otázku cestování v čase, je přijít s úplnou teorií gravitace a prostoročasu.

Teorie všeho by sjednotila čtyři vesmírné síly a umožnila nám spočítat, co se stane, vstoupíme-li do stroje času. Pouze ona by poskytla úspěšný výpočet všech efektů záření vytvářených červí dírou a konečným způsobem zodpověděla otázku, jak stabilní by byly červí díry po našem vstupu. I přesto bychom možná museli čekat staletí, ba tisíciletí, než se stroj k ověření těchto teorií skutečně postaví.

Zákonitosti cestování v čase jsou tedy těsně spojeny s fyzikou červích děr, a proto se zdá, že cestování v čase je třeba zařadit mezi nemožnosti II. řádu.

PARALELNÍ VESMÍRY

„Tak vy si myslíte,“ zvolal Petr, „že tady všude můžou bejt jiný světy - kam člově šlápne - jen tak beze všeho?“

„Nic není pravděpodobnějšího,“ pravil pan profesor a začal si pucovat brejle, mumlaje si pod fousy:

„To by mě zajímalo, co se v těch školách vlastně učí.“

C. S. LEWIS, *LEV, ČARODĚJNICE A SKŘÍŇ*

Poslyšte, hned vedle je bezvadný vesmír; pojdme tam.

E. E. CUMMINGS

Mohou alternativní vesmíry skutečně existovat? Paralelní vesmíry jsou oblíbenou rekvizitou hollywoodských scenáristů. Objevují se například v epizodě seriálu *Star Trek* zvané *Zrcadlo, zrcadlo*. Kapitán Kirk se nedopatřením dostane do bizarního paralelního vesmíru, v němž je Federace Planet říší zla, ovládanou brutálním dobýváním, chamtivostí a pleněním. V tomto vesmíru Spock nosí hroživou bradku a kapitán Kirk je vůdcem bandy krvežíznivých pirátů, kteří zotročují protivníky a vraždí své představené.

Alternativní vesmíry nám umožňují zkoumat svět „jako“ a lákavé a zajímavé možnosti, které nabízí. Například v komiksu *Superman* se zmiňuje několik alternativních vesmírů, v nichž Supermanova rodná planeta Krypton nikdy nevybuchla, Superman konečně vyjeví svou pravou identitu jako mírný Clark Kent, nebo se ožení s Lois Laneovou a mají spolu superděti. Patří však paralelní vesmíry jen do seriálů jako *Twilight Zone*, nebo mají v moderní fyzice opodstatnění?

Již od dob starověkých civilizací lidé věřili, že existují i další roviny bytí, jež obývají bohové a duchové. Církev věří v nebe, peklo i očistec. Buddhisté znají nirvánu a různé stavy vědomí, a hinduisté mají tisíce úrovní existence.

Křesťanští teologové, kteří netuší, kde by se mohlo nacházet nebe, uvažovali, že Bůh snad obývá vícerozměrnou rovinu. Jestliže tyto vyšší rozměry opravdu existují, mnohé vlastnosti přisuzované bohům by k našemu údivu mohly být reálné. Ve vyšším rozměru bychom mohli libovolně mizet a zase se zjevovat či procházet zdmi – což jsou schopnosti obvykle přisuzované božstvům.

V nedávné době se myšlenka paralelních světů stala v teoretické fyzice jednou z nejvášnivěji diskutovaných otázek. Ve skutečnosti existuje několik typů paralelních vesmírů, které nás nutí přehodnotit naše představy o světě. Ve sporech o paralelních vesmírech není v sázce nic menšího, než smysl skutečnosti samé.

Ve vědecké literatuře diskutujeme přinejmenším o třech typech paralelních vesmírů. Jsou to:

- a. hyperprostor neboli vyšší rozměry,
- b. multiverzum a
- c. kvantové paralelní vesmíry.

Hyperprostor

Nejdéle se diskutuje o paralelním vesmíru, který má vyšší rozměry. Všichni dobře víme, že žijeme ve třech rozměrech (délka, šířka a výška). Polohu jakéhokoli předmětu, kterým v prostoru pohybuje, můžeme popsat pomocí tří souřadnic. Těmito třemi čísly vlastně můžeme lokalizovat každý předmět ve vesmíru, od špičky našeho nosu po nejvzdálenější ze všech galaxií.

Čtvrtá prostorová souřadnice se zdá být proti zdravému rozumu. Jestliže se například naším pokojem šíří kouř, nepozorujeme, že by mizel do dalšího rozměru. Nikde ve vesmíru nevidíme, že by předměty náhle mizely nebo odpluly do jiného vesmíru. To znamená, že vyšší rozměry, pokud vůbec existují, musí být menší než atom.

Tři prostorové souřadnice tvoří prázáklad řecké geometrie. Například Aristotelés v pojednání *O nebi* píše: „Čára má velikost v jednom směru, rovina ve dvou a hmotné těleso ve třech, a nad tyto tři směry není žádná velikost, protože velikosti jsou celkem tři.“ Roku 150 n. l. předložil Ptolemaios z Alexandrie první „důkaz“, že vyšší rozměry „nemohou existovat“. V pojednání *O vzdálenosti* uvažuje následovně: Vedme tři přímky vzájemně kolmé (jako jsou například přímky tvořící kout místnosti). Je zřejmé, říká, že čtvrtou přímkou kolmou k ostatním třem nelze vést, tudíž je čtvrtý rozměr

nemožný. (Ve skutečnosti dokázal jen to, že si naše mozky nejsou schopné představit čtvrtý rozměr. Počítač na vašem stole v hyperprostoru počítá bez problémů.)

Po dva tisíce let se každý matematik, který se odvážil hovořit o čtvrtém rozměru, vystavoval možnému posměchu. Když roku 1685 čtvrtý rozměr zpochybňoval matematik John Wallis, nazval jej „skutečným monstrem, méně pravděpodobným než Chiméra nebo kentaur“. V devatenáctém století vypracoval „král matematiků“ Carl Friedrich Gauss, většinu matematiky čtvrtého rozměru, neměl však odvahu ji uveřejnit, neboť se obával reakce, kterou by to vyvolalo. Soukromě ovšem prováděl pokusy, kterými chtěl ověřit, zda nezakřivená třírozměrná řecká geometrie skutečně popisuje vesmír. V jednom z experimentů umístil své asistenty na vrcholky tří hor. Každý z nich měl lucernu a vytvořili tak obrovský trojúhelník. Gauss pak měřil úhly ve vrcholech trojúhelníku. Ke svému zklamání zjistil, že součet vnitřních úhlů je roven 180° . Usoudil z toho, že pokud existují odchylky od standardní řecké geometrie, musí být tak malé, že je se svými lucernami nemůže zjistit.

Gauss přenechal svému studentovi Georgu Bernhardu Riemannovi, aby zapsal základní matematiku vyšších rozměrů (ta posléze byla o mnohá desetiletí později přenesena vcelku do Einsteinovy obecné teorie relativity). Ve slavné přednášce, kterou přednesl roku 1854, Riemann svrhl dva tisíce let řecké geometrie a ustavil základní matematiku vyšších zakřivených rozměrů, jak ji užíváme i dnes.

Když se Riemannův pozoruhodný objev v Evropě koncem 19. století zpopularizoval, začali se o „čtvrtý rozměr“ živě zajímat i výtvarníci, hudebníci, spisovatelé, filosofové a malíři. Podle historičky umění Lindy Hendersonové se čtvrtým rozměrem vlastně částečně inspiroval i Picassův kubismus. (Picassův obraz žen s dopředu hledícíma očima a nosem na stranu byl pokusem zobrazit čtyřrozměrnou perspektivu, protože ten, kdo na ženu hledí ze čtvrtého rozměru, vidí její tvář, nos i týl současně.) Hendersonová píše: „Podobně jako v černé díře byl ve ‚čtvrtém rozměru‘ obsažen prvek záhady, jemuž nebylo možno úplně porozumět, nerozuměli mu zcela ani vědci. Dopad ‚čtvrtého rozměru‘ byl však mnohem dalekosáhlejší než dopad černých děr nebo kterékoli pozdější vědecké hypotézy kromě teorie relativity po roce 1919.“

Čtvrtého rozměru využili i další umělci. Na obraze *Hyperkubický Kristus* Salvadora Dalího je Kristus ukřižován na podivném vznášejícím se třírozměrném kříži, což je ve skutečnosti „tesseract“, tedy čtyřrozměrný ekvivalent

krychle. Ve svém slavném obraze *La persistencia de la memoria* (Stálost paměti) se pokusil zobrazit čas jako čtvrtý rozměr přirovnáním k tajícím hodinám. Obraz Marcela Duchampa *Akt sestupující ze schodů* byl pokusem zobrazit čas jako čtvrtý rozměr skrze rozfázovaný pohyb modelky. Čtvrtý rozměr se dokonce objevuje ve Wildově *Strašidle cantervillském*, kde duch strašící v domě obývá čtvrtý rozměr.

Čtvrtá dimenze se objevuje též v několika knihách H. G. Wellse, jako jsou *Neviditelný*, *Příběh Gottfrieda Plattnera* a *Podivuhodná návštěva*. (V poslední z nich, jež se mimochodem od dob svého vydání stala předlohou pro tucty hollywoodských filmů a sci-fi románů, se náš vesmír srazí s paralelním vesmírem. Z něj do našeho světa spadne nebohý anděl, kterého nedopatřením zasáhl lovec. Anděl je zděšen vši chamtivostí, malicherností a sobectvím našeho světa a nakonec spáchá sebevraždu.)

Myšlenku paralelních vesmírů také využil, byť ne zcela vážně, Robert Heinlein v knize *Číslo bestie*. Zde vystupuje čtveřice statečných mužů, kteří se prohánějí paralelními světy ve sportovním interdimenzionálním voze šíleného profesora.

Chlapce v televizním seriálu *Cesta do neznáma* inspiruje kniha k postavění stroje, který mu umožní „klouzat“ mezi paralelními vesmíry. (Onou knihou je moje kniha *Hyperprostor*.)

Fyzikové minulosti nicméně považovali čtvrtý rozměr za pouhou kuriozitu. Pro vyšší dimenze se nikdy nenašel žádný důkaz. To se začalo měnit roku 1919, když fyzik Theodor Kaluza sepsal velice kontroverzní článek, v němž naznačoval existenci vyšších rozměrů. Vyšel z Einsteinovy obecné teorie relativity, umístil ji však do pěti rozměrů (jeden rozměr časový a čtyři prostorové; protože je čas čtvrtým prostoročasovým rozměrem, odvolávají se fyzikové dnes na čtvrtý prostorový rozměr jako na rozměr pátý). Když se pátý rozměr stále zmenšuje, rovnice se magicky rozštěpí na dvě části. Jedna popisuje standardní Einsteinovu teorii relativity, z druhé se však stává Maxwellova teorie světla!

Byl to ohromující objev! Možná že tajemství světla leží v pátém rozměru! Řešení, které jako by poskytovalo elegantní sjednocení světla a gravitace, šokovalo i samotného Einsteina, který byl myšlenkou tak otřesen, že si ji rozmýšlel dva roky, než konečně doporučil uveřejnění článku.) Kaluzovi pak napsal: „Myšlenka dojít [ke sjednocené teorii] prostřednictvím pětirozměrného válce by mě nikdy nenapadla ... Na první pohled se mi Vaše myšlenka nesmírně líbí ... Formální jednota Vaší teorie je překvapující.“

Po léta se fyzikové tázali: Pokud je světlo vlnění, co se pak vlní? Světlo prochází miliardami světelných let prázdného prostoru, to je však vzduchoprázdné, bez jakékoli látky. Co se tedy ve vzduchoprázdnu vlní? S Kaluzovou teorií jsme získali konkrétní návrh, jak problém zodpovědět: světlo jsou záchvěvy pátého rozměru. Ukazuje se, že Maxwellovy rovnice, přesně popisující všechny vlastnosti světla, jsou vlastně rovnicemi pro vlnění v pátém rozměru.

Představme si ryby plovoucí v mělké nádrži. Možná že si nikdy nepřipustí myšlenku třetího rozměru, neboť jejich oči směřují do stran, a plavat mohou jen dopředu, dozadu, vlevo a vpravo. Třetí rozměr by se jim mohl jevit jako nemožný. Pak však začne pršet. Třetí rozměr vidět nemohou, jasně však vidí stíny vlnek na povrchu nádrže. Stejným způsobem vysvětluje Kaluzova teorie světlo jako vlnky na pátém rozměru.

Kaluza také zodpověděl otázku, kde se pátý rozměr nachází. Žádný projev pátého rozměru nevidíme, musel se tedy „stočit do klubíčka“ tak malého, že je nelze pozorovat. (Představme si dvourozměrný arch papíru, který pevně stočíme do ruličky. Z určité vzdálenosti tento válec vypadá jako jednorozměrná úsečka. Stočením je možno změnit dvourozměrný předmět na jednorozměrný.)

Kaluzův článek vyvolal zpočátku senzaci. V následujících letech se však objevily k jeho teorii námitky. Jaká je velikost tohoto nového pátého rozměru? Co jej přimělo, že se stočil? Odpovědi se nedostavovaly.

Einstein na této teorii pracoval s přestávkami celá desetiletí. Po jeho smrti roku 1955 byla tato teorie brzy zapomenuta a zbyla z ní jen podivná perlička z historie fyziky.

Teorie strun

To vše se změnilo s příchodem překvapivé nové teorie, zvané teorie superstrun. V 80. letech 20. století se fyzikové utápěli v moři jaderných částic. Po každé, když se jim pomocí mohutných urychlovačů podařilo rozbít atom, našly se mezi úlomky tucty nových částic. Bylo to tak frustrující, že J. Robert Oppenheimer prohlásil, že Nobelovu cenu za fyziku by měl dostat fyzik, který za celý rok *neobjeví* novou částici! Enrico Fermi, zděšený z rozmnožování jaderných částic s řecky znějícími jmény, řekl: „Kdybych byl schopen pamatovat si jména všech těchto částic, byl bych se stal botanikem.“ Po desetiletích perné práce se podařilo tuto zoologickou zahradu částic uspořádat do takzvaného standardního modelu. Jeho pracné vytváření kousek po kousku stálo miliardy dolarů, pot tisíců techniků a fyziků a přineslo dvacet

Nobelových cen. Je to skutečně pozoruhodná teorie, a jak se zdá, souhlasí s veškerými experimentálními daty o jaderných částicích.

Přes veškerý svůj experimentální úspěch má standardní model ovšem jednu vážnou vadu. Stephen Hawking o něm říká: „Je nehezky a nemá obecnější platnost.“ Obsahuje nejméně devatenáct volných parametrů (včetně hmotností částic a síly jejich vzájemné interakce), a sestává z tří generací leptonů, tří generací kvarků, jejich antičástic a řady částic s podivnými jmény, jako Yangův-Millsův gluon, tau neutrino, Higgsův boson, W-bosony a Z-částice. Co horšího, ve standardním modelu nevystupuje gravitace. Zdá se těžko uvěřitelné, že by příroda na své konečné, fundamentální úrovni mohla být takto náhodná a vrcholně neelegantní. Takovou teorii nemůže mít nikdo rád. Sama neelegantnost standardního modelu nutí fyziky znovu přezkoumávat své představy o přírodě. Něco je velmi v nepořádku.

Podíváme-li se na posledních několik století ve fyzice, vidíme, že jedním z největších úspěchů minulého století bylo shrnutí veškeré základní fyziky do dvou velkých teorií: kvantové teorie (reprezentované standardním modelem) a Einsteinovy obecné teorie relativity (popisující gravitaci). Je pozoruhodné, že společně představují veškeré fyzikální vědění na základní úrovni. První z nich popisuje velmi malý, subatomární kvantový svět, kde částice předvádějí svůj fantastický rej, vznikají z ničeho a zase zanikají, nebo se objevují na dvou místech najednou. Druhá teorie popisuje svět velmi velký, do nějž patří černé díry a velký třesk, a hovoří jazykem hladkých ploch, napnutých struktur a zhroucených povrchů. Tyto dvě teorie jsou ve všem protikladné, používají různou matematiku, vycházejí z jiných předpokladů a z jiných fyzikálních představ. Je to, jako by příroda měla dvě ruce, jež spolu nijak nespolupracují. Každý pokus spojit tyto dvě teorie vedl k nesmyslným výsledkům a každý fyzik, který se po půl století pokoušel nějak usmířit kvantovou teorii a obecnou relativitu, se dočkal jen nekonečného množství bláznivých odpovědí.

To vše se změnilo s příchodem teorie superstrun, vycházející z předpokladu, že elektron a všechny ostatní jaderné částice nejsou ničím jiným než různými vibracemi struny, která se chová jako nepatrná gumička. Když do gumičky brkneme, vibruje různými možnými způsoby, neboli v různých modech, a každý tón odpovídá jiné jaderné částici. Tímto způsobem vysvětluje teorie superstrun ony stovky jaderných částic, jejichž existenci jsme zaznamenali v urychlovačích. Ukazuje se, že Einsteinova teorie je pak vlastně jednou z nejnižších vibrací struny.

Teorie strun byla oslavována jako ona bájná „teorie všeho“, která Einsteinovi v posledních třiceti letech jeho života unikala. Einstein usiloval o jedinou, všeobsahující teorii, shrnující všechny fyzikální zákony, která by mu umožnila „číst Boží myšlenky“. Jestliže strunová teorie skutečně sjednocuje gravitaci s kvantovou teorií, mohla by být závěrečným úspěchem vědy posledních dvou tisíců let, neboť již staří Řekové se ptali, z čeho se skládá hmota.

Bizarní vlastností superstrunové teorie ovšem je, že struny mohou vibrovat pouze ve zcela určité dimenzi prostoročasu; vibrace jsou možné právě v deseti rozměrech. Pokud bychom se pokusili vytvořit strunovou teorii v jiném počtu dimenzí, matematicky se zhroutí.

Náš vesmír je ovšem čtyřrozměrný (s třemi prostorovými a jedním časovým rozměrem). To znamená, že zbývajících šest rozměrů se nějak smrštilo nebo stočilo, jako Kaluzův pátý rozměr.

Nedávno se fyzikové vážně zamýšleli, jak dokázat nebo vyvrátit existenci těchto vyšších rozměrů. Možná že nejjednodušším způsobem, jak jejich existenci dokázat, by bylo objevit odchylky od Newtonova zákona gravitace. Na střední škole se učíme, že zemské přitažlivosti se vzdalováním do prostoru ubývá. Přesněji, přitažlivosti ubývá se čtvercem vzdálenosti. To však jen proto, že žijeme v trojrozměrném světě. (Představme si kulovou plochu kolem Země. Zemská přitažlivost se rozprostře rovnoměrně po povrchu této koule, takže čím větší koule, tím slabší přitažlivost. Protože však povrch koule roste se čtvercem jejího poloměru, síla přitažlivosti rozprostřené stejnoměrně po povrchu musí se čtvercem poloměru ubývat.)

Kdyby však měl vesmír čtyři prostorové souřadnice, měla by přitažlivost ubývat s třetí mocninou vzdálenosti. Kdyby prostorových souřadnic bylo n , pak by se přitažlivost měla zmenšovat jako $(n-1)$ -tá mocnina. Newtonův slavný zákon o nepřímé úměrnosti gravitace se čtvercem vzdálenosti byl na astronomických vzdálenostech ověřen s velkou přesností; to je důvod, proč umíme vyslat vesmírné sondy tak, aby s ohromující přesností prolétly kolem Saturnových prstenců. Až donedávna však nikdo laboratorně neověřil Newtonův zákon na malých vzdálenostech.

První pokus ověřit zákon o nepřímé úměře přitažlivosti ke čtverci vzdálenosti provedli roku 2005 vědci na univerzitě v Coloradu, ale žádnou odchylku nezaznamenali. Zdá se tedy, že paralelní světy neexistují, alespoň ne v Coloradu. Tento záporný výsledek však jen povzbudil chuť jiných fyziků, kteří chtějí pokus zopakovat s ještě větší přesností.

Dále, velký urychlovač LHC, který by měl být uveden do provozu v roce 2009, bude hledat nový typ částic, tak zvané superčástice, které jsou vyšší vibrací superstruny (vše, co kolem sebe vidíme, je pouze nejnižší vibrací superstruny). Jestliže LHC objeví superčástice, mohlo by to znamenat revoluci v našem pohledu na vesmír. (Z této perspektivy by standardní model představoval jen nejnižší vibraci superstruny.)

Kip Thorne říká: „Roku 2020 budou fyzikové rozumět zákonům kvantové gravitace, o níž se ukáže, že je variantou strunové teorie.“

Vedle vyšších rozměrů předpovídá teorie strun totiž také existenci multiverza.

Multiverzum

Teorii strun stále provází jedna neodbytná otázka: Proč by tato teorie měla mít pět různých verzí? Teorie strun umí úspěšně spojit kvantovou teorii s gravitací, existuje však pět způsobů, jak to udělat. To je poněkud nepříjemné, protože většina fyziků by chtěla mít jedinou „teorii všeho“. Einstein například chtěl vědět, zda měl „Bůh na vybranou, když tvořil vesmír“. Věřil, že sjednocená teorie pole by měla být jediná. Proč tedy existuje pět strunových teorií?

Roku 1994 přišla rána. Edward Witten z princetonského Institutu pokročilých studií a Paul Townsend z univerzity v Cambridgi přišli s myšlenkou, že všech pět teorií je ve skutečnosti tatáž teorie - avšak jen v případě, že přidáme jedenáctý rozměr. Z hlediska jedenácté dimenze se všech pět různých teorií smrsklo na jedinou! Teorie je tedy nakonec přece jen jediná, ale pouze tehdy, když vystoupáme na vrcholek jedenáctého rozměru.

V jedenáctém rozměru může existovat nový matematický objekt, zvaný membrána (jakou je například povrch koule). Je překvapující, že když pak sestoupíme z jedenácti rozměrů do deseti-rozměrného světa, objeví se všech pět strunových teorií, počínajících z jediné membrány. Těchto pět strunových teorií tedy pouze odpovídá různým způsobům, jak s membránou sestoupit z jedenácti rozměrů na deset.

(Pro lepší ilustraci si představme nafukovací míč s gumičkou nataženou kolem rovníku. Vezmeme nůžky a míč dvakrát prostříhneme, jednou nad gumičkou a jednou pod ní, takže odstraníme jak vršek, tak spodek míče. Jediné, co zbude, je gumička, tedy struna. Stejně tak když stočíme jedenáctý rozměr, jediné, co zbude z membrány, je její rovník, což je struna. Ve skutečnosti existuje z matematického hlediska pět různých způsobů, jak se stříh dá

provést, což odpovídá pěti různým strunovým teoriím v deseti rozměrech.)

Jedenáctý rozměr nám poskytl novou představu. To také znamená, že vesmír sám je snad membránou vznášející se v jedenácti-rozměrném prostoročasu. Všechny tyto rozměry navíc nemusejí být nutně malé. Některé z nich by mohly být nekonečné.

To naznačuje možnost, že náš vesmír je jedním z mnoha. Představme si obrovský soubor vznášejících se mýdlových bublin neboli membrán. Každá z bublin představuje celý vesmír plující ve větší aréně jedenácti-rozměrného hyperprostoru. Bubliny se mohou spojovat s jinými bublinami, štěpit se, dokonce vznikat z ničeho a zase mizet. Možná že žijeme na povrchu jedné z těchto bublin.

Max Tegmark z MIT je přesvědčen, že za padesát let nebude „existence těchto ‚paralelních vesmírů‘ o nic spornější, než byla před sto lety existence jiných galaxií – jimž se tehdy říkalo ‚ostrovní vesmíry‘“.

Kolik vesmírů předpovídá teorie strun? Jedním z jejích nepříjemných rysů je, že jsou jich kvadriliony, přičemž každý z nich vyhovuje teorii relativity i kvantové teorii. Jeden z odhadů je, že jejich počet je dán jedničkou následovanou stem nul.

Za normálních okolností je vzájemná komunikace mezi těmito vesmíry nemožná. Atomy našeho těla jsou jako mouchy chycené na mucholapce. Můžeme se volně pohybovat ve třech rozměrech uvnitř našeho membránového vesmíru, nemůžeme ovšem vyskočit z vesmíru do hyperprostoru, protože jsme ke svému vesmíru přilepeni. Ovšem gravitace, která je zkreslením prostoročasu, plyne volně v prostoru mezi vesmíry.

Existuje i teorie, podle níž by temná hmota, neviditelná forma hmoty obklopující galaxii, mohla být obyčejná hmota vznášející se v paralelním vesmíru. Stejně jako ve Wellsově románu *Neviditelný* by se člověk stal neviditelným za předpokladu, že by se nad námi jednoduše vznášel ve čtvrtém rozměru. (Představme si jej, jak stojí na listu papíru, jenž se vznáší nad druhým listem.)

Stejně tak existují i úvahy o tom, že temná hmota by mohla být obyčejná galaxie vznášející se nad námi v dalším membránovém vesmíru. Pociťovali bychom její přitažlivost, neboť gravitace může téci mezi vesmíry, byla by pro nás však neviditelná, protože světlo zůstává ve vedlejší vesmíru. Tato situace odpovídá popisu temné hmoty. (Další možností je, že temná hmota je další vibrací superstruny. Vše, co kolem sebe vidíme, není nic jiného než její nejnižší vibrací, a temná hmota je sadou vibrací o stupeň vyšších.)

Tyto paralelní vesmíry jsou povětšinou vesmíry patrně mrtvé, skládají se z beztvareho plynu jaderných částic, jako jsou elektrony a neutrina. V těchto vesmírech by proton mohl být nestabilní, takže veškerá hmota, jak ji známe, by se zvolna rozpadala a rozplývala. Komplexní hmota skládající se z atomů a molekul by pravděpodobně nemohla v těchto vesmírech existovat.

Další paralelní vesmíry by mohly být právě opačné, s komplexními formami hmoty velice vzdálenými všemu, co si dovedeme představit. Místo jediného typu atomů složených z protonů, neutronů a elektronů by v nich mohla existovat řada jiných typů stabilní hmoty.

Tyto membránové vesmíry by se také mohly srážet za vzniku kosmických ohňostrojų. Někteří fyzikové z Princetonu se domnívají, že náš vesmír možná vznikl kolizí dvou gigantických membrán, ke které došlo před 13,7 miliardami let. Podle nich rázové vlny z této nepředstavitelné srážky vytvořily náš svět. Je pozoruhodné, že prozkoumají-li se experimentální důsledky této podivné myšlenky, shodují se s daty vysílanými družicí WMAP, která v současné době obíhá Zemi. (Říká se tomu teorie „velkého plácnutí“.)

Ve prospěch teorie multiverza hovoří jedna okolnost. Analyzujeme-li přírodní konstanty, ukazuje se, že jsou velmi přesně „nastaveny“ tak, aby umožňovaly život. Jestliže zvýšíme hodnotu silné jaderné síly, vyhoří hvězdy příliš rychle, než aby život vůbec mohl vzniknout. Jestliže ji snížíme, hvězdy se nikdy nevznítí. Zvýšíme-li sílu gravitace, náš vesmír rychle zhyne ve „velké srážce“. Jestliže bychom ji snížili, vesmír se rychle rozepne do „velkého mrazu“. V hodnotách konstant přírody, umožňujících život, je skutečně velká řada „náhod“. Náš vesmír patrně existuje v „obyvatelné zóně“ mnoha parametrů, které jsou všechny „jemně nastaveny“ tak, že umožňují vznik života. Takže nám buď zbývá závěr, že existuje nějaký Bůh, jenž zvolil náš vesmír „právě tak“, aby umožnil život, nebo existují miliardy paralelních vesmírů a většina z nich je mrtvá. Jak řekl Freeman Dyson, „vypadá to, že vesmír věděl, že přijdeme“.

Sir Martin Rees z univerzity v Cambridgi napsal, že toto jemné nastavení je ve skutečnosti přesvědčivý důkaz pro existenci multiverza. Existuje pět fyzikálních konstant (jako například velikost různých sil), které jsou v našem vesmíru jemně vyladěny tak, aby umožňovaly život. Podle Reese však také existuje nekonečně mnoho vesmírů, kde přírodní konstanty životu nepřejí.

Toto je takzvaný „antropický princip“. Jeho slabá verze říká, že náš vesmír je jemně nastaven pro umožnění života především proto, že jsme tady a můžeme tento princip vyhlásit. Silná verze říká, že naše existence je patrně

vedlejším výsledkem určitého úmyslného rozhodnutí. Většina kosmologů souhlasí se slabou verzí principu, probíhá však rozsáhlá debata o tom, zda antropický princip není novým vědeckým principem, který by mohl vést k novým objevům a výsledkům, nebo zda jde jen o vyslovení samozřejmého.

Kvantová teorie

Vedle vyšších rozměrů a multiverza existuje ještě další typ paralelního vesmíru, který působil Einsteinovi bolení hlavy a fyziky trápí dodnes. Je to kvantový vesmír předpovězený obyčejnou kvantovou mechanikou. Paradoxy uvnitř kvantové fyziky se jeví tak nepřekonatelné, že laureát Nobelovy ceny Richard Feynman rád říkal, že kvantové teorii ve skutečnosti nerozumí vůbec nikdo.

Je ironií, že jakkoli je kvantová teorie nejúspěšnější teorií, kterou kdy lidská mysl vytvořila (často se s experimenty shoduje na deset desetinných míst), je vybudována na vratkých základech náhody, štěstí a pravděpodobnosti. Na rozdíl od newtonské teorie, dávající jasné, jednoznačné výsledky pro pohyb, umí kvantová teorie udávat jen pravděpodobnosti. Zázraky moderní doby jako internet, počítače, televize, mobilní telefony, radar, mikrovlnné trouby a další jsou vesměs založeny na pohyblivém písku pravděpodobností.

Nejvyhrocenějším příkladem této záhady je slavný problém „Schrödingerovy kočky“ (zformulovaný jedním ze zakladatelů kvantové teorie, jenž jej paradoxně navrhl proto, aby tuto pravděpodobnostní interpretaci rozmetal). Schrödinger se proti takové interpretaci své teorie bouřil a prohlásil: „Jestli by mělo zůstat u tohoto proklatého kvantového skákání, pak lituji, že jsem kdy byl na celé této věci účasten.“

Schrödingerův kočičí paradox je následovný: Do zapečetěné schránky je umístěna kočka. Uvnitř schránky se nachází pistole namířená na kočku, a její spoušť je spojena s Geigerovým počítačem v blízkosti kousku uranu. Jestliže se atom uranu rozpadne, spustí se Geigerův počítač, pistole vystřelí a kočku usmrtí. Atom uranu se buď rozpadne, nebo nerozpadne. Kočka je buď živá, nebo mrtvá. Alespoň tak praví zdravý rozum.

V kvantové teorii však nevíme jistě, zda se uranový atom rozpadne či nerozpadne. Musíme sečíst obě pravděpodobnosti, sečíst vlnovou funkci rozpadlého atomu s vlnovou funkcí atomu nerozpadlého. To ovšem znamená, že pro popis kočky musíme sečíst oba možné stavy kočky. Takže kočka není ani živá ani mrtvá. Její reprezentací je součet mrtvé a živé kočky!

Feynman jednou napsal: „Kvantová mechanika popisuje přírodu jakožto z hlediska zdravého rozumu absurdní. Současně naprosto souhlasí s experimentem. Takže doufám, že umíte přijmout přírodu jaká je – totiž absurdní.“

Einsteinovi i Schrödingerovi připadalo něco takového nehorázné. Einstein věřil v „objektivní realitu“, držel se newtonovské představy, že objekty existují v jasně určeném stavu, což odpovídá zdravému rozumu, a ne jako součet mnoha možných stavů. A přesto leží tato bizarní interpretace v samotném jádru moderní civilizace. Bez ní by moderní elektronika (a vlastně i atomy našeho těla) přestaly existovat. (V každodenním světě se někdy vtipkuje, že není možné být „trochu těhotná“. V kvantovém světě je to však ještě horší. My sami existujeme současně jako součet všech možných tělesných stavů: těhotná i netěhotná, dítě, starší paní, slečna, paní v nejlepším věku atd.)

Možností, jak se z tohoto obtížného paradoxu vyvléct, je několik. Zakladatelé kvantové teorie věřili v Kodaňskou interpretaci, která říká, že jakmile schránku otevřeme a provedeme měření, zjistíme, zda je kočka mrtvá nebo živá. Vlnová funkce „zkolabuje“ do jediného stavu a vládu přejímá zdravý rozum. Vlnové funkce zmizí a zůstávají jen částice. To znamená, že kočka nyní vstupuje do jednoznačně určeného stavu (je buď živá, nebo mrtvá) a není již popsána vlnovou funkcí.

Je tu tedy neviditelná přehrada oddělující bizarní svět atomu a makroskopický svět lidí. V atomovém světě je vše popsáno vlnami pravděpodobnosti a atomy mohou být na mnoha místech najednou. Čím vyšší je na určitém místě vlna, tím vyšší je také pravděpodobnost, že zde částici nalezneme. Pro velké objekty však tyto vlny zkolabovaly, objekty existují v jednoznačně určených stavech a zdravý rozum vítězí.

(Když měl Einstein jednou hosty, ukázal na Měsíc a zeptal se: „Existuje snad Měsíc jen proto, že se na něj zrovna dívá myš?“ V určitém smyslu je odpovědí Kodaňské školy „Ano“.)

Většina vysokoškolských učebnic fyziky se přísně drží původní Kodaňské interpretace, mnoho badatelů ji však již opustilo. Díky nanotechnologiím jsme nyní schopni zacházet s jednotlivými atomy, takže s atomy, vznikajícími z ničeho a zase zanikajícími, lze libovolně manipulovat pomocí našich tunelových mikroskopů. Není žádná neviditelná „zeď“ oddělující mikrosvět a makrosvět. Vše je spojitě.

V současnosti neexistuje všeobecný konsensus o tom, jak řešit tuto záležitost týkající se samého jádra moderní fyziky. Na konferencích spolu usilovně soutěží mnoho různých teorií. Jeden z menšinových pohledů je, že

existuje „kosmické vědomí“ prostupující veškerým světem. Objekty vznikají, provede-li se měření, a měření provádějí tvorové mající vědomí. Světem tudíž musí prostupovat kosmické vědomí a určovat, v jakém se nalézáme stavu. Někteří, jako laureát Nobelovy ceny Eugene Wigner, dovozují, že to dokazuje existenci Boha nebo jakéhosi kosmického vědomí. (Wigner napsal: „Zákonny [kvantové teorie] nebylo možné zcela konzistentně zformulovat bez odkazu na vědomí.“ Projevil dokonce zájem o védántu, hinduistickou filozofii, podle níž kosmem proniká všeobjímající vědomí.)

Jiným pohledem na paradox je myšlenka „mnoha světů“, navržená roku 1957 Hughem Everettem, jež říká, že vesmír se jednoduše rozdělí vedví, s živou kočkou v jedné a mrtvou v druhé polovině. To znamená, že pokaždé, když dojde ke kvantové události, nastává bohaté množení nebo štěpení paralelních světů. Existuje každý myslitelný vesmír. Čím je vesmír bizarnější, tím méně je pravděpodobný, nicméně i tyto vesmíry existují. To znamená, že existuje paralelní svět, kde nacisté vyhráli 2. světovou válku, i svět, v němž španělská Armada nebyla poražena a všichni mluví španělsky. Jinými slovy, vlnová funkce nikdy nezkolabuje. Prostě existuje dále a vesele se dál štěpí na nesčetné vesmíry.

Jak prohlásil fyzik Alan Guth z MIT, „existuje vesmír, kde Elvis ještě žije, a Al Gore je prezidentem“. Laureát Nobelovy ceny Frank Wilczek říká: „Znepokojuje nás vědomí, že nekonečné množství našich kopií vykazujících jen drobné odchylky žije své paralelní životy a že každým okamžikem vznikají další a další naše duplikáty, jež prožívají všechny možné alternativní budoucnosti.“

Mezi fyziky získává na popularitě takzvaná „dekoherence“. Tato teorie říká, že všechny tyto paralelní vesmíry jsou možné, naše vlnová funkce už však s nimi není v koherenci (nekmitá s nimi již unisono) a tedy s nimi již nekomunikuje. To znamená, že koexistujeme uvnitř našeho pokoje s vlnovými funkcemi dinosaurů, mimozemšťanů, pirátů, jednorožců, a ti všichni jsou pevně přesvědčeni, že jejich vesmír je ten „skutečný“, my s nimi ovšem již nejsme v souladu.

Podle laureáta Nobelovy ceny Steva Weinberga je to jako když si doma naladíme rozhlasovou stanicí. Víme, že náš pokoj je zaplaven signály ze spousty rozhlasových vysílačů z celého světa. Náš přijímač je však naladěn jen na jedinou z nich. S žádnou ostatní již není koherentní. (Weinberg jednou poznamenal, že myšlenka mnoha světů „je mizerná myšlenka, ovšem ve srovnání s ostatními ještě ujde“.

Existuje tedy vlnová funkce Spojené federace planet, která vykořisťuje slabší planety a vyvraždí své nepřátele? Snad, ovšem jestli tomu tak je, my již nejsme s tímto vesmírem v koherenci.

Kvantové vesmíry

Když Hugh Everett probíral svou teorii „mnoha světů“ s jinými fyziky, narazil na rozpaky a nezájem. Fyzik Bryce DeWitt z univerzity v Texasu vznesl proti této teorii námitku, že „si zkrátka neumí představit, že by byl na více místech najednou“. Everett ovšem řekl, že to je stejné, jako když Galileovi kritikové namítali, že nijak necítí, že by se s nimi točila Země. (DeWitt nakonec přešel na Everettovu stranu a je z něj vůdčí zástupce této teorie.)

Teorie „mnoha světů“ přežívala po desetiletí stranou zájmu. Byla jednoduše příliš fantastická, než aby mohla být pravdivá. John Wheeler, Everettův vedoucí na Princetonu, nakonec usoudil, že s touto teorií je spojeno příliš mnoho „potíží“. Právě nyní je Everettova teorie náhle v módě, a to mimo jiné proto, že se fyzikové pokoušejí uplatnit kvantovou teorii v poslední oblasti, která kvantování dosud odolávala: na vesmír samotný. Použití principu neurčitosti v kosmickém měřítku přirozeně vede k myšlence multiverza.

Koncepce „kvantové kosmologie“ vypadá na první pohled jako protimluv: kvantová teorie se vztahuje k nekonečně malému světu atomu, zatímco kosmologie se zabývá celým vesmírem. Uvědomme si však, že v okamžiku velkého třesku byl celý vesmír mnohem menší než jediný elektron. Každý fyzik souhlasí s tím, že elektrony je třeba popsat pomocí kvantové teorie: jsou určeny pravděpodobnostní vlnovou funkcí (Dirakovou rovnicí) a mohou existovat v paralelních stavech. Jestliže je tedy pro popis elektronů třeba kvantové teorie a vesmír byl kdysi menší než atom, pak musí vesmír také existovat v paralelních stavech – což přirozeně vede k teorii „mnoha světů“.

Kodaňská interpretace navržená Nielsem Bohrem však při vztažení na celý vesmír naráží na problémy. Interpretace, o níž se učí všichni doktorandi věnující se kvantové fyzice, totiž závisí na „vnějším pozorovateli“, který provede měření a tím způsobí, že vlnová funkce zkolabuje. Pozorovací děj je pro definici makroskopického světa naprosto nezbytný. Jak ale můžeme pozorovat celý vesmír zvnějšku? A jestliže je vesmír popsán vlnovou funkcí, jak pak může „vnější“ pozorovatel způsobit její kolaps? Pro některé pracovníky je nemožnost pozorovat vesmír „zvnějšku“ skutečně podstatným nedostatkem Kodaňské interpretace.

V rámci teorie mnoha světů je řešení tohoto problému prosté: vesmír jednoduše existuje v mnoha souběžných stavech vesměs popsaných hlavní vlnovou funkcí zvanou „vlnová funkce vesmíru“. Podle kvantové kosmologie stála na počátku vesmíru kvantová fluktuace vzduchoprázdna, tedy nepatrná bublinka v prostoročasové pěně. Většina zárodků vesmírů zažije velký třesk a vzápětí velkou srážku. Proto je také nikdy nezahlédneme, jsou totiž nesmírně malé a krátkodobé. To znamená, že dokonce i „nicota“ vře zárodky vesmírů, které vznikají a zanikají, ovšem v měřítku příliš malém, než abychom je zaznamenali svými přístroji. Z jakéhosi důvodu se však jedna z bublinek v prostoročasové pěně nevrátila do nicoty ve velké srážce, nýbrž se dále rozpínala. Tak vznikl náš vesmír. Podle Alana Gutha to znamená, že celý vesmír „vznikl z ničeho“.

V kvantové kosmologii vycházejí fyzikové z analogie Schrödingerovy rovnice, již se řídí vlnová funkce elektronu a atomu, pro „vlnovou funkci vesmíru“ však používají Wheelerovy-DeWittovy rovnice. „Schrödingerova vlnová funkce“ je obvykle definována pro všechny body prostoru a času, což znamená, že dokážeme spočítat pravděpodobnost, s jakou se v tom kterém bodě nachází elektron. „Vlnová funkce vesmíru“ je analogicky definována pro všechny vesmíry. Jestliže je shodou okolností vlnová funkce vesmíru pro určitý vesmír velká, znamená to velkou pravděpodobnost, že se vesmír nachází právě v tomto stavu.

Toto hledisko prosazuje Hawking. Tvrdí, že náš vesmír má mezi ostatními zvláštní postavení. Vlnová funkce vesmíru je velká pro náš vesmír a téměř nulová pro většinu ostatních. Existuje tedy malá, nicméně konečná pravděpodobnost, že multiverzum obsahuje i další vesmíry, náš však má nejvyšší pravděpodobnost. Hawking se pomocí této teorie snaží mimo jiné dokázat inflaci vesmíru. Rozpínající se vesmír je v souladu s ní totiž jednoduše pravděpodobnější než takový, který se nerozpíná, a proto náš vesmír musel projít inflací.

Teorie, že náš vesmír vznikl z „nicoty“ prostoročasové pěny, se možná zdá zcela neověřitelná, je však v souladu s několika jednoduchými pozorováními. Za prvé, mnozí fyzikové poukázali na to, že je podivné, že celkové množství kladných a záporných nábojů v našem vesmíru vychází v součtu přesně rovno nule, tedy alespoň s přesností našich měření. Považujeme za samozřejmé, že ve vesmíru je dominantní silou gravitace, ovšem je tomu tak jen proto, že kladné a záporné náboje se přesně vyruší. Kdyby na Zemi existovala sebemenší nerovnováha mezi kladnými a zápornými náboji, mohlo

by to postačit k překonání gravitace, která drží Zemi pohromadě a naše planeta by se roztrhla vedví. Jednoduchý způsob, jak tuto rovnováhu mezi kladnými a zápornými náboji vysvětlit, je přijmout, že náš vesmír vznikl z „ničeho“, a „nic“ má nulový náboj.

Za druhé, náš vesmír má nulovou rotaci. Kurt Gödel se po léta snažil ukázat, že se vesmír otáčí, a to tak, že sčítal otáčení jednotlivých galaxií. Astronomové jsou dnes přesvědčeni, že celkový otáčivý moment vesmíru je nulový.

Za třetí, původ našeho vesmíru z ničeho by mohl přispět k vysvětlení, proč celkový obsah hmoty-energie vesmíru je tak malý, a snad dokonce nulový. Sečteme-li kladnou energii hmoty a zápornou energii spojenou s gravitací, zdá se, že se navzájem vyruší a výsledkem je nula. Jestliže je vesmír uzavřený a konečný, pak by podle obecné teorie relativity mělo být celkové množství hmoty-energie ve vesmíru přesně rovno nule. (Jestliže náš vesmír je otevřený a nekonečný, pak by tomu tak nemuselo být, teorie inflace se však zdá naznačovat, že celkový obsah hmoty-energie v našem vesmíru je pozoruhodně malý.)

Kontakt mezi vesmíry?

To vše podněcuje k vzrušujícím úvahám: Jestliže fyzikové nemohou vyloučit možnost několika typů paralelních vesmírů, bylo by možno s nimi navázat kontakt? Navštívit je? Nebo je snad možné, že tvorové z jiných vesmírů již navštívili nás?

Kontakt s jinými kvantovými vesmíry, s nimiž jsme ztratili koherenci, vypadá velice nepravděpodobně. Důvod, proč zmizela koherence s těmito vesmíry, je, že naše atomy narazily do nesčetných dalších atomů z okolního prostředí. Při každé takové srážce vlnová funkce atomu nepatrně „zkolabuje“ a počet paralelních vesmírů se sníží. Každá srážka omezuje počet možností. Konečným výsledkem těchto bilionů atomových „minikolapsů“ je iluze, že atomy našeho těla již zcela zkolabovaly do určitého stavu. Einsteinoва „objektivní realita“ je iluze způsobená tím, že nesčetné atomy našeho těla do sebe stále narážejí a neustále tak snižují počet možných vesmírů.

Je to jako dívat se kamerou na rozostřený výjev. To odpovídá mikrosvětlu, kde vše vypadá mlhavě a neurčitě. Pokaždé, když objektivem trochu pohnete, se obrázek nepatrně zaostří. To odpovídá trilionům nepatrných srážek se sousedními atomy, z nichž každá snižuje počet možných vesmírů. Takovým způsobem přejdeme plynule z rozostřeného mikrosvěta do makrosvěta.

Pravděpodobnost interakce s jiným kvantovým vesmírem obdobným našemu tak sice není nulová, ale rapidně se snižuje s počtem atomů našeho těla. Tělo se skládá z nesčetných trilionů atomů, a tak šance, že se dostaneme do styku s jiným vesmírem, kde jsou dinosauři, je nekonečně malá. Dá se spočítat, že byste na něco takového museli čekat mnohem déle, než je doba života vesmíru.

Kontakt s kvantovým paralelním světem tedy nelze vyloučit, byla by to však krajně nepravděpodobná událost, protože jsme s těmito světy ztratili koherenci. V kosmologii ovšem máme jiný typ paralelního vesmíru: multiverzum složené z koexistujících vesmírů, vznášejících se jako mýdlové bubliny v bublinkové lázni. Kontakt s jiným vesmírem multiverza je tedy jiná otázka. Byl by to nepochybně úkol obtížný, ovšem pro případnou civilizaci typu III technicky zvládnutelný.

Jak jsme si již řekli, energie potřebná k otevření díry v prostoru nebo k rozpínání prostoročasové pěny je řádu Planckovy energie, kde se hroutí všechna známá fyzika. Prostor a čas nejsou při takové energii stabilní, a to otevírá možnost náš vesmír opustit (za předpokladu, že jiné vesmíry existují a my při této operaci nezahyneme).

Toto není výlučně akademická otázka, protože veškerý inteligentní život bude jednoho dne nucen čelit konci vesmíru. Nakonec by teorie multiverza mohla být cestou ke spasení veškerého inteligentního života v našem vesmíru. Nedávná data z družice WMAP potvrzují, že vesmír se rozpíná stále rychleji. Jednoho dne patrně zhyneme v tzv. „velkém mrazu“. Celý vesmír zčerná; všechny hvězdy na obloze zhasnou a vesmír se bude skládat z mrtvých hvězd, neutronových hvězd a černých děr. Možná že se začnou rozpadat i samotné atomy. Teplota klesne do blízkosti absolutní nuly a život bude nemožný.

Jak se vesmír bude přibližovat tomuto bodu, mohla by pokročilá civilizace tváří v tvář smrti vesmíru začít uvažovat o jeho definitivním opuštění. Tyto bytosti budou mít na výběr: buď zmrznout, nebo odejít. Fyzikální zákony jsou rozsudkem smrti pro veškerý inteligentní život, je tu však možnost úniku.

Taková civilizace by musela zmobilizovat sílu urychlovačů a laserových svazků velkých jako sluneční soustava nebo hvězdokupa do jediného bodu a dosáhnout tak bájně Planckovy energie. Je možné, že to by stačilo k tomu, aby se otevřela červí díra nebo brána do jiného vesmíru. Civilizace typu III může využít obrovských energií a otevřít červí díru k přechodu do jiného vesmíru, opustit náš umírající vesmír a začít nový život jinde.

Zárodek vesmíru v laboratoři?

Jakkoli se některé takové myšlenky zdají za vlasy přitažené, fyzikové se jimi seriózně zabývají. Když se například snažíme pochopit, jak došlo k velkému třesku, musíme zkoumat podmínky, které mohly prvopočáteční výbuch způsobit. Jinými slovy, musíme si položit otázku: jak vyrobit v laboratoři zárodek vesmíru? Andrei Linde ze Stanfordské univerzity, jeden ze spoluautorů myšlenky inflačního vesmíru, říká, že pokud jsme schopni vytvořit zárodky vesmírů, pak „je možná čas definovat Boha jako něco sofistikovanějšího než pouhého stvořitele vesmíru“.

Tato myšlenka není nová. Když fyzikové před lety počítali energii potřebnou ke vznícení velkého třesku, „lidé ihned začali přemýšlet, co by se stalo, kdybychom v laboratoři umístili mnoho energie do jednoho místa – vystřelili do něj z mnoha kanónů. Dalo by se soustředit dost energie, aby se spustil miniaturní velký třesk?“ ptá se Linde.

Kdybyste soustředili dostatečné množství energie do jediného bodu, jediné, čeho byste dosáhli, by byl kolaps prostoročasu do černé díry. Roku 1981 však Alan Guth z MIT a Linde představili teorii „inflačního vesmíru“, která od té doby vyvolává mezi kosmology obrovský zájem. Podle této myšlenky začal velký třesk expanzí, mnohem rychlejší, než se dříve věřilo. (Myšlenka inflačního vesmíru vyřešila mnohé tvrdošijné problémy kosmologie, jako například proč je vesmír tak stejnorodý. Kamkoli pohlédneme, na jedné i druhé straně nočního nebe vidíme stejnorodý vesmír, ačkoli za celou dobu od velkého třesku nebylo dost času, aby spolu tyto od sebe nesmírně vzdálené oblasti byly v kontaktu. Odpovědí na tuto záhadu podle inflační teorie je, že se malý a poměrně stejnorodý kousek prostoročasu rozepjal a stal se veškerým viditelným vesmírem.) Guth předpokládá, že aby k tomuto rozpínání vůbec došlo, musely na počátku existovat nepatrné bublinky prostoročasu, z nichž jedna se obrovsky nafoukla a stala se dnešním vesmírem.

Inflační teorie zodpověděla jedním rázem celou řadu kosmologických otázek. Navíc souhlasí se všemi daty získávanými z družic WMAP a COBE. Je to bezesporu hlavní kandidát na teorii velkého třesku.

Nicméně teorie inflačního vesmíru vyvolává celou řadu nepříjemných otázek. Proč se tato bublina začala rozpínat? Co toto rozpínání pak zastavilo a zapříčinilo tak vznik dnešního vesmíru? Jestliže k inflaci došlo jednou, mohlo by k ní dojít znovu? Ačkoli inflační scénář je vůdčí teorií kosmologie, není téměř nic známo o tom, co rozpínání nastartovalo a proč se zastavilo.

Aby tyto naléhavé otázky zodpověděli, položili roku 1987 Alan Guth a Edward Fahri další hypotetickou otázku: Jak by pokročilá civilizace mohla nafouknout svůj vlastní vesmír? Domnívají se, že kdyby dovedli odpovědět na tuto otázku, znali by odpověď i na hlubší otázku, proč se vesmír vůbec rozepjal.

Zjistili, že jestliže byste soustředili dostatek energie v jediném bodě, vznikly by nepatrné bublinky v prostoročasu samovolně. Když jsou ovšem bublinky příliš malé, zpětně v pění prostoročasu zaniknou. Jen v případě, že by byly dostatečně velké, mohly by se začít rozpínat a dát vzniknout vesmíru.

Zvnějšku by zrození tohoto nového vesmíru nevypadalo ani příliš nápadně, snad jen jako výbuch 500kilotunové jaderné pumy. Zdálo by se, že jedna malá bublinka zmizela z vesmíru a zanechala za sebou jaderný výbuch. Uvnitř bublinky by se však začal rozpínat zcela nový vesmír. Představme si mýdlovou bublinu, na níž vyraší menší bublinka, jakýsi zárodek. Zárodek se rychle zvětší na zcela novou mýdlovou bublinu. Stejně tak by došlo uvnitř vesmíru k obrovské explozi prostoročasu a stvoření vesmíru zcela nového.

Od roku 1987 bylo předloženo mnoho teorií, které měly ověřit, zda přívod energie může velkou bublinu přimět, aby se rozepjala na celý nový vesmír. Nejběžněji přijímanou teorií je, že prostoročas destabilizovala nová částice, zvaná „inflaton“, která způsobila vznik a rozpínání nových vesmírů.

Poslední spor propukl roku 2006, když se fyzikové začali vážně zabývat novým návrhem podnitit vznik zárodečného vesmíru pomocí magnetického monopólu. Monopóly, tedy částice nesoucí pouze jediný magnetický pól doposud nikdo neobjevil, přesto vládne přesvědčení, že v původním raném vesmíru převažovaly. Jsou tak silné, že je nesmírně obtížné vytvořit je v laboratoři, avšak právě z toho důvodu, vpravíme-li do nich mnoho energie, by mohly stát u zrodu zárodečného vesmíru, který by se rozepjal na skutečný vesmír. Proč by měli fyzikové stát o vytvoření nového vesmíru? Linde říká: „Z tohoto pohledu by se každý mohl stát bohem.“ Je tu ovšem ještě i praktičtější důvod, proč chtít stvořit vesmír: abychom na sklonku života našeho vesmíru unikli zániku.

Evoluce vesmírů?

Někteří fyzikové dovedli tuto myšlenku ještě dále, k samým hranicím sci-fi, a ptají se, zda snad ve vytvoření našeho vesmíru neměla prsty nějaká inteligentní entita.

Podle Gutha a Fahriho tedy může pokročilá inteligence vytvořit zárodek vesmíru, ovšem fyzikální konstanty (například hmotnost elektronu a protonu a velikosti čtyř sil) zůstanou stejné. Co by se však stalo, kdyby pokročilá civilizace byla schopna vytvořit zárodky vesmírů, v nichž by se základní konstanty zlehka lišily? Pak by se zárodky vesmírů byly schopny „vyvíjet“ v čase, a každá generace by se poněkud lišila od generace předchozí.

Pokud si představíme, že základní konstanty jsou něco jako DNA vesmíru, znamenalo by to, že inteligentní život by uměl vytvářet zárodky vesmírů s nepatrně pozměněnou DNA. Vesmíry by se vyvíjely a ty, jež mají nejlepší DNA, podporující rozvoj inteligentního života, by se dál množily. Fyzik Edward Harrison původní myšlenku Lee Smolina rozvinul a navrhl zavést do kosmologie pojem „přirozený výběr“. V multiverzu převládají právě ty vesmíry, které mají nejlepší DNA a mohou v nich tedy vznikat pokročilé civilizace, které následně samy vytvářejí nové zárodky vesmírů. „Přirozený výběr“ by prostě znamenal přežití vesmírů nejvhodnějších pro vytváření pokročilých civilizací.

Jestliže je tato představa správná, vysvětlovalo by to, proč jsou základní konstanty vesmíru „přesně sladěny“ tak, aby umožnily život. Jednoduše to znamená, že vesmíry s výhodnými fyzikálními konstantami vhodnými pro život jsou ty, které se v multiverzu množí.

(Tato myšlenka „evoluce vesmírů“ vypadá atraktivně, neboť vysvětluje problém antropického principu, potíží však je, že se nedá ověřit ani vyvrátit. Abychom si s ní byli schopni poradit, budeme si muset počkat na plnou teorii všeho.)

V současnosti je naše technika příliš primitivní, než aby zaznamenala přítomnost těchto paralelních vesmírů. To vše by se tedy dalo zařadit mezi nemožnosti II. řádu - něco, co je dnes neuskutečnitelné, nicméně neporušuje fyzikální zákony. Za několik tisíc nebo milionů let by se však tyto teorie mohly stát základem pro nové technologie v rukou civilizace typu III.

III. ČÁST

NEMOŽNOSTI

III. ŘÁDU

PERPETUUM MOBILE

Teorie mají čtyři stupně přijetí:

1. *Je to bezcenný nesmysl;*
2. *Je to zajímavé, ale zvrácené;*
3. *Je to pravda, ale zcela bezvýznamná;*
4. *Vždyť jsem to vždycky říkal.*

J. B. S. HALDANE, 1963

Ve slavném románu *Ani sami bohové* Isaaka Asimova narazí neznámý chemik v roce 2070 čirou náhodou na největší objev všech dob, totiž elektronovou pumpu, která zadarmo dodává neomezenou energii. Dopad je bezprostřední a hluboký. Za to, že uspokojil neuhasitelnou žízeň civilizace po energii, je oslavován jako největší hrdina všech dob. „Byla to mikulášská nadílka a Aladdinova lampa pro celý svět,“ napsal Asimov. Firma, kterou založí, se brzy stane jednou z nejbohatších společností na světě a vyřadí z hospodářství naftový, plynový, uhelný a jaderný průmysl.

Svět je zaplaven volně dostupnou energií a civilizace je omámená nově nalezenou silou. Všichni slaví velký úspěch, jen jeden osamocený fyzik je znepokojen. Klade si otázku, odkud všechna ta volně dostupná energie pochází. Nakonec tajemství odhalí. Volný přístup k energii si vyžádá strašlivou daň. Energie, která do našeho vesmíru proudí z vesmíru paralelního, spustí řetězovou reakci, která nakonec zničí hvězdy i galaxie, promění Slunce v supernovu, a současně s ním zničí i Zemi.

Co lidská paměť sahá, bylo svatým grálem vynálezců, vědců, a také šarlatánů a eskamotérů slavné „perpetuum mobile“, zařízení, které běží navždy bez jakékoli ztráty energie.

Ještě lepší je ovšem zařízení, které dokonce vytváří více energie, než spotřebuje, jako zmíněná elektronová pumpa dodávající bezplatnou a neomezenou energii.

V nastávajících letech, kdy našemu industrializovanému světu bude postupně docházet levná ropa, nastane obrovský tlak na nalezení velkých nových zdrojů čisté energie. Vzrůstající ceny plynu, klesající těžba, rostoucí znečištění, klimatické změny – to vše podporuje nový intenzivní zájem o energii.

V současnosti se na této vlně zájmu veze několik vynálezců, kteří slibují dodávku neomezených množství volné energie a nabízejí své vynálezy na prodej za stovky milionů. Vždy se najdou investoři, které navnadí senzační tvrzení ve finančních médiích, kde se tito podivíni líčí jako noví Edisonové.

Popularita perpetua mobile je velká. V jedné z epizod seriálu *Simpsonovi* s názvem *Konec SRPŠ* si Líza během učitelské stávky postaví své vlastní perpetuum mobile. To přiměje Homera, aby přísně řekl: „Lízo, pojď domů. U nás dodržujeme zákony termodynamiky!“

V zápletkách počítačových her *The Sims*, *Xenosaga* a *Ultima VI: The False Prophet*, stejně jako v seriálu *Invader Zim (Útočník Zim)*, hraje perpetuum mobile významnou roli.

Jestliže však je energie tak drahocenná, jaká je tedy možnost, že perpetuum mobile opravdu postavíme? Jsou taková zařízení skutečně nemožná, vyžadovalo by jejich vytvoření změnu fyzikálních zákonů?

Dějiny z pohledu energie

Energie je pro civilizaci nezbytná. Na celé lidské dějiny je vlastně možno pohlízet z hlediska energie. Po 99,9 % existence lidstva byly lidské společnosti kočovné a získávaly skrovnou obživu sběrem a lovem. Život byl nemilosrdný a krátký. Měli jsme k dispozici energii rovnou jedné pětině koňské síly – sílu svých vlastních svalů. Analýza kostí našich předků ukazuje stopy velkého opotřebování způsobeného drtivou tíží každodenního přežívání. Průměrná délka života byla méně než dvacet let.

Po skončení poslední doby ledové, před asi deseti tisíci lety, jsme však objevili zemědělství a ochočili domácí zvířata, zvláště koně, a zvýšili tak svůj přísun energie na jednu nebo dvě koňské síly. To uvedlo v pohyb první velkou revoluci v lidských dějinách. S koněm nebo dobytčetem měl člověk dost energie, aby za jeden den sám zoral celé pole, urazil desítky kilometrů nebo dopravil stovky kilogramů kamení nebo obilí z jednoho místa na druhé. Poprvé v lidských dějinách měly rodiny nadbytek energie, a výsledkem byl vznik našich prvních měst. Díky přebytku energie si společnost mohla dovolit živit třídu řemeslníků, architektů a písařů, a tak mohly rozkvést dávné ci-

vilizace. Na místě džunglí a pouští vyrostly města a pyramidy. Průměrná délka života se prodloužila na asi třicet let.

Později, před asi třemi sty lety, došlo k druhé velké revoluci v dějinách lidstva. S příchodem strojů a energie páry se množství energie, kterou má k dispozici jediný člověk, zvýšilo na desítky koňských sil. S využitím parního stroje mohli lidé zdolat celé kontinenty za několik dní. Stroje byly schopny orat celá pole, dopravit stovky lidí na vzdálenost několika tisíc kilometrů a umožnily nám postavit obrovská města. Roku 1900 dosáhla ve Spojených státech průměrná délka života téměř padesáti let.

V současnosti se nalzáme uprostřed třetí velké revoluce v lidských dějinách, revoluce informační. Vlivem populační exploze a nenasytného hladu po elektřině a energii dramaticky vzrostla naše spotřeba energie a energetické zdroje jsou využívány až na samou hranici. Energie, kterou má k dispozici jednotlivec, se nyní měří v tisících koňských sil. Neudiví nás, že jediné auto má stovky koňských sil. Nepřekvapuje, že tento požadavek po stále větším množství energie povzbudil zájem o její významnější zdroje a také o perpetuum mobile.

Dějiny perpetua mobile

Hledání perpetua mobile je dávného data. První zaznamenaný pokus o jeho postavení se udál v osmém století v Bavorsku. Byl to prototyp pro stovky variací, které se objevily v následujících tisíci letech; základem stroje byla řada malých magnetů upevněných na kole podobně, jako gondoly na ruském kole. Celé kolo stálo nad velkým magnetem ležícím na zemi. Zavěšený magnet, který procházel nad pevným magnetem, jím měl být přitahován a následně odpuzován, což mělo udržet mechanismus ve věčném pohybu.

Další vynalézavý princip použil roku 1150 indický filosof Bhaskara, jenž navrhoval kolo, k jehož okraji by se upevnilo závaží. Toto závaží by kolo uvedlo do nevyváženého stavu a tím by jej roztočilo. Bhaskara tvrdil, že tímto způsobem je možné získat neomezené množství energie z ničeho.

Bavorský i indický návrh perpetua mobile a jejich četní následovníci jsou postaveny na podobném principu: jejich součástí je kolo, které se otáčí bez přísunu energie a vykonává při tom užitečnou práci. (Pečlivé prozkoumání těchto vynalézavých strojů obvykle ukáže, že se při každé obrátce energie ve skutečnosti ztratí, nebo že nelze získat žádnou užitečnou práci.)

S nástupem renesance se návrhy na perpetuum mobile začaly objevovat ještě hojněji. Patent na něj byl udělen roku 1635. Dříve než Johann Bessler

roku 1712 předložil svůj vlastní návrh, prostudoval na tři stovky modelů jiných vynálezců. (Traduje se, že jeho vlastní služebná později prozradila, že se jednalo o podvrh.) O perpetuum mobile se zajímal dokonce i velký renesanční malíř a vědec Leonardo da Vinci. Veřejně je zesměšňoval a srovnával s neplodným hledáním kamene mudrců, v soukromí si však do svých zápisníků črtal vynalézavé návrhy samohybných strojů, včetně odstředivého čerpadla a komínového ventilátoru otáčejícího rožněm.

Roku 1775 bylo předloženo již tolik návrhů, že pařížská Královská akademie věd prohlásila, že „již nadále nebude přijímat návrhy na perpetuum mobile nebo se jimi zabývat“.

Arthur Ord-Hume, historik perpetua mobile, psal o neúnavném zaujetí těchto vynálezců, kteří pracovali proti neuvěřitelné pravděpodobnosti, a srovnával je s dávnými alchymisty. „Avšak dokonce i alchymista... v jednu chvíli pochopí, že prohrál,“ píše.

Triky a podvody

Touha zhotovit perpetuum mobile byla tak silná, že se začaly množit podvody. Roku 1813 předvedl Charles Redheffer v New Yorku stroj, který vyráběl neomezenou energii z ničeho a ohromil tím obecenstvo. (Když ovšem Robert Fulton stroj pečlivě prohlédl, zjistil, že je poháněn pomocí struny. Ta spojovala stroj s mužem, který na půdě tajně točil klikou.)

Nadšení pro perpetuum mobile zachvátilo i vědce a inženýry. Roku 1870 se redaktoři časopisu *Scientific American* dali oklamat strojem, který postavil E. P. Willis. Časopis přinesl článek se senzačním titulkem „Největší objev všech dob“. Až později se zjistilo, že ve Willisově stroji je skrytý zdroj energie.

V roce 1872 se podařil Johnu E. W. Kellymu nejsenzačnější a nejvýnosnější podvod té doby. Investory díky němu připravil o téměř pět milionů dolarů, což byla koncem 19. století obrovská částka. Jeho perpetuum mobile bylo založeno na rezonujících ladičkách, které dle jeho vlastních slov čerpaly energii z „éteru“. Kelly, muž bez jakékoli vědecké průpravy, zval do svého domu bohaté investory a ohromoval je svým „Hydropneumatickým pulzujícím vakuovým strojem“, jenž se proháněl po místnostech bez jakéhokoli vnějšího energetického zdroje. Ohromení investoři byli samohybným strojem nadšeni a předháněli se v přisypávání peněz do Kellyho pokladnice.

Kelly, jehož později někteří zklamaní investoři obvinili z podvodu, strávil dokonce nějaký čas ve vězení, zemřel ovšem jako bohatý muž. Po jeho smrti

se našlo vynalézavé tajemství jeho stroje. Když byl stržen jeho dům, našly se ve stěnách a podlaze sklepa trubky, kterými se skrytě přiváděl ke strojům stlačený vzduch. Vzduch do potrubí vpravoval setrvačnick.

Obdobným strojem se dokonce nechalo oklamat námořnictvo Spojených států i samotný prezident. Roku 1881 vynalezl John Gamgee stroj poháněný zkapalněným čpavkem. Plyny, které vznikaly při jeho vypařování, se rozpínaly a uváděly do pohybu píst, a mohly tedy pohánět stroje pouze s využitím tepla samého oceánu. Námořnictvo bylo tak nadšeno myšlenkou těžit neomezenou energií z oceánu, že zařízení schválilo, a dokonce je předvedlo prezidentu Jamesi Garfieldovi. Potíž však byla v tom, že plyn se sám nekondenzoval zpět na kapalinu; cyklus se sám neuzavíral.

Americký úřad pro patenty a ochranné známky (USPTO) dostává tolik návrhů na perpetuum mobile, že na takové zařízení odmítá poskytnout patent do doby, než bude předložen fungující model. Za určitých vzácných okolností, když examinační komise neobjeví na modelu nic zjevně špatného, se patent udělí. USPTO říká: „S výjimkou patentů týkajících se perpetua mobile úřad obvykle nevyžaduje model, aby se prokázala funkčnost zařízení.“ (Tato klička umožňuje pochybným vynálezům přesvědčit naivní investory; poukazují totiž na to, že úřad jejich stroj oficiálně uznal.)

Honba za perpetuum mobile však z vědeckého hlediska nebyla neplodná. Naopak, byť žádný vynálezce fungující perpetuum mobile nikdy nevytvořil, obrovské množství času a úsilí, které jiní vynaložili k postavení bájného stroje, přimělo fyziky, aby pečlivě prostudovali podstatu tepelných strojů. (Obdobně marná snaha alchymistů o nalezení kamene mudrců, který mění olovo na zlato, pomohla k objevení řady základních chemických zákonitostí.)

Například roku 1760 vyvinul John Cox hodiny poháněné změnami v atmosférickém tlaku, které jdou skutečně navěky. Změny tlaku vzduchu pohánějí barometr a ten pak pohybuje ručičkami hodin. Tyto hodiny skutečně šly a existují dodnes. Jdou věčně, protože čerpají energii zvnějšku ze změn tlaku vzduchu.

Mechanismy jako například Coxův přivedly nakonec vědce k hypotéze, že stroje mohou pracovat do nekonečna pouze tehdy, je-li do nich přiváděna energie zvnějšku, tedy pokud se celkové množství energie nemění. To nakonec vedlo k definování prvního termodynamického zákona: celkové množství hmoty a energie nelze vytvořit ani zničit. Nakonec byly vysloveny tři zákony termodynamiky. Druhý zákon říká, že celkové množství entropie

(neuspořádanosti) stále roste. (Zjednodušeně řečeno, teplo proudí samovolně jen z teplejšího k chladnějšímu tělesu.) Třetí zákon říká, že nelze dosáhnout absolutní teplotní nuly.

Přirovnáme-li vesmír ke hře, jejímž cílem je získat energii, lze přeformulovat tři zákony následujícím způsobem:

„Nelze získat něco za nic.“ (První zákon)

„Nelze hrát beze ztrát.“ (Druhý zákon)

„Nelze ani zanechat hry.“ (Třetí zákon)

(Fyzikové opatrně říkají, že tyto zákony nemusí nezbytně platit za všech okolností. Jejich narušení ovšem nikdy nebylo pozorováno. Kdokoli by se pokusil tyto zákony vyvrátit, musel by se postavit proti stoletím pečlivých vědeckých pokusů. Případnými odchylkami od těchto zákonů se budeme zabývat za okamžik.)

Tyto zákony, jeden z vrcholných úspěchů vědy 19. století, jsou poznamenány jak triumfem, tak tragédií. Velký německý fyzik Ludwig Boltzmann, jedna z klíčových postav formulace těchto zákonů, spáchal sebevraždu, částečně i pro rozpory, které svou prací vyvolal.

Ludwig Boltzmann a entropie

Boltzmann byl malé postavy, s mohutným hrudníkem a obrovským divokým plnovousem. Úctyhodným a hrozivým zjevem však skrýval rány, které utrpěl při obraně svých myšlenek. Vědě 19. století kralovala newtonovská fyzika. Boltzmann ovšem věděl, že tyto zákony dosud nikdo neuplatnil na kontroverzní koncepci atomů, kterou doposud mnozí přední fyzikové nepřijali. (Někdy se zapomíná, že před pouhým stoletím zástupy přesvědčených vědců hlásaly, že atom není nic jiného než chytrý výmysl, nikoli realita. Tvrdilo se, že atomy jsou tak nemožně malé, že patrně vůbec neexistují.)

Newton ukázal, že k uvedení předmětu do pohybu není třeba myšlenek nebo přání, stačí k němu jen mechanické síly. Boltzmann z toho elegantně odvodil mnohé ze zákonů fyziky plynů. Vycházel z jednoduchého předpokladu, že plyny se skládají z nepatrných atomů, které stejně jako kulečnickové koule splňují zákony sil stanovené Newtonem. Pro Boltzmannu byla komora s plynem jako krabice obsahující triliony nepatrných ocelových kuliček narážejících do stěn a do sebe navzájem v souladu s Newtonovými pohybovými zákony. V jednom z největších děl na poli fyziky Boltzmann

(a nezávisle na něm James Clerk Maxwell) za pomoci matematiky ukázal, jak takový jednoduchý předpoklad může vést k oslnivým novým zákonům a podnítil zrod zcela nového odvětví fyziky, statistické mechaniky.

Rázem bylo možno odvodit mnohé vlastnosti hmoty přímo z Newtonových zákonů. Podle nich musí zůstat energie zachována i pro atomy, a tak každá srážka mezi atomy zachovává energii, a stejně tak i celá komora zaplněná triliony atomů. Zachování energie nyní bylo možno nejen zjistit provedením pokusů a měření, ale také odvodit ze zákonů, tedy z newtonovských pohybů atomů.

V devatenáctém století však byla existence atomů stále předmětem ohnivých debat a nezřídka i posměchu předních vědců, mezi něž patřil ku příkladu filozof Ernst Mach. Z Boltzmannova, citlivého a často depresivního člověka, se stal hromosvod a cíl zuřivých útoků anti-atomistů, což těžce nesl. Pro jeho odpůrce to, co nebylo možno změřit, neexistovalo, a to se týkalo i atomů. Boltzmannova pokořovalo, že mnohé z jeho článků nebyly přijaty k uveřejnění ve významném německém fyzikálním časopisu, protože jeho redaktor trval na tom, že atomy a molekuly jsou výlučně výhodné teoretické konstrukce a nikoli něco, co v přírodě skutečně existuje.

Boltzmannova všechny tyto osobní útoky vyčerpávaly a rozhořčovaly, a v roce 1906, v době, kdy jeho žena a děti byly na pláži, se oběsil. Je smutné, že se nedozvěděl, že jen rok předtím odvážný mladý fyzik jménem Albert Einstein dokázal nemožné: napsal první článek, který dokládá existenci atomů.

Celková entropie stále roste

Práce Boltzmannova a jiných fyziků pomohly vyjasnit povahu perpetua mobile a rozdělit pokusy o ně na dva typy. Prvního typu jsou ty, které porušují první termodynamický zákon: vyrábějí více energie, než spotřebují. V každém jednotlivém případě fyzikové zjistili, že tyto přístroje spoléhaly na skryté vnější zdroje energie, ať už podvodně nebo proto, že si vynálezce sám zdroj této energie zjevně neuvědomil.

Perpetuum mobile druhého typu je záladnější. Splňuje první termodynamický zákon – tedy zachovává energii –, avšak porušuje druhý. Teoreticky takový stroj nevytváří odpadní teplo, takže má stoprocentní účinnost. Druhý zákon však říká, že takové zařízení je nemožné, odpadní teplo musí vznikat, čehož následkem stále vzrůstá neuspořádanost ve vesmíru neboli entropie. Jakkoli účinný stroj je, nějaké odpadní teplo vždy vytváří a tím zvyšuje entropii vesmíru.

Skutečnost, že celková entropie vždy vzrůstá, je hlubokým rysem lidských dějin, nejen přírodním zákonem. Podle druhého termodynamického zákona je mnohem snazší něco zničit než vybudovat. Něco, co muselo vzniknout tisíc let, jako velká aztécká říše v Mexiku, se dá zničit za pár měsíců; to se také stalo, když banda otrhaných španělských conquistadorů vyzbrojená koňmi a palnými zbraněmi říši zcela vyvrátila.

Pokaždé, když se podíváte do zrcadla a zjistíte novou vrásku nebo bílý vlas, pozorujete působení druhého termodynamického zákona. Biologové nám říkají, že proces stárnutí je postupné hromadění genetických chyb v našich buňkách a genech, takže se schopnost buňky fungovat pomalu zhoršuje. Stárnutí, rezivění, hniloba, rozpad, zhroucení jsou všechno důsledky druhého termodynamického zákona.

Astronom Arthur Eddington jednou o hluboké povaze tohoto zákona řekl: „Zákon o vzrůstu entropie je podle mého názoru tím nejdůležitějším přírodním zákonem... jestliže se nějaká teorie vzpírá druhému termodynamickému zákonu, nemá naději; nečeká ji nic jiného než nejhlubší pokoření.“

Nové vynálezy perpetua mobile oznamují podnikaví inženýři - a chytrí šarlatáni - dokonce i dnes. Nedávno mě požádal *Wall Street Journal*, abych se vyjádřil k práci vynálezce, jemuž se skutečně podařilo přesvědčit investory, aby vložili do jeho stroje miliony dolarů. Velké finanční časopisy uveřejnily nadšené články novinářů bez vědecké průpravy, kteří psali o potenciálu tohoto vynálezu změnit svět k lepšímu (a při tom produkovat ohromně lukrativní zisky). „Génius, nebo blázen?“ hlásaly titulky.

Investoři utopili obrovské sumy peněz v zařízení, které porušovalo nejzákladnější fyzikální a chemické zákony, jimž se učíme na střední škole. (To, že se někdo snaží ošidit neobezřetného bližního, mě tolik neudivilo - tak tomu bylo od úsvitu lidstva. Překvapující ale bylo, že tento vynálezce tak snadno oklamal bohaté investory proto, že nerozuměli elementární fyzice.) Zopakoval jsem novinám úsloví, že „hlupák se s penězi snadno loučí“ a slavný výrok cirkusového podnikatele P. T. Barnuma: „Každou minutu se rodí další hejl.“ Možná není překvapivé, že jak *Financial Times*, tak *Economist* i *Wall Street Journal* již přinesly rozsáhlé články o různých vynálezcích, kteří nabízejí své perpetuum mobile.

Tři zákony a symetrie

To vše ovšem vyvolává hlubší otázku: Proč tyto železné zákony termodynamiky vlastně platí? Tato záhada trápí vědce od chvíle, kdy byly zákony zfor-

mulovány. Kdybychom znali odpověď, snad bychom v nich mohli objevit mezeru, což by mělo obrovské důsledky.

Na vysoké škole jsem se jednoho dne ke svému nezměrnému úžasu dozvěděl o skutečném důvodu zachování energie. Jedním ze základních principů fyziky (objevila jej matematicka Emmy Noetherová roku 1918) je, že je-li systém symetrický, pak v něm platí i zákon o zachování. Jestliže přírodní zákony jsou v čase neměnné, pak tedy musí systém zachovávat energii. (Navíc, jestliže se přírodní zákony při pohybu v jakémkoli směru nemění, pak totéž platí i pro hybnost. A když se fyzikální zákony nemění ani při rotaci, zachovává se i úhlový moment.)

To mě ohromilo. Uvědomil jsem si, že analyzujeme-li světlo hvězd z galaxií vzdálených miliardy světelných let, zjišťujeme, že světelné spektrum je identické se spektry na Zemi. Ve zbytkovém záření vzniklém miliardy let před zrozením Země nebo Slunce vidíme nezaměnitelné „otisky prstů“ spekter vodíku, helia, uhlíku, neonu a tak dále, jak je vidíme na Zemi dnes. Jinými slovy, základní fyzikální zákony se po miliardy let nezměnily a jsou stejné i v nejvzdálenějších končinách vesmíru.

Uvědomil jsem si, že věta Noetherové znamená, že zachování energie patrně bude platit po miliardy let, ba dokonce navždy. Pokud víme, žádný ze základních fyzikálních zákonů se s průběhem času nezměnil, a to je důvod, proč je zachována celková energie.

Důsledky věty Noetherové jsou pro moderní fyziku dalekosáhlé. Kdykoli přijdou fyzikové s novou teorií, ať už o vzniku vesmíru, interakci kvarků a jiných jaderných částic, nebo antihmotě, zkoumají nejprve symetrie daného systému. Dnes se ví, že symetrie jsou vůdčím principem při vytváření nové teorie. V minulosti se na symetrie hledělo jako na vedlejší produkt teorie – její roztomilý, avšak nakonec bezcenný rys, pěkný, ale nepodstatný. Dnes si uvědomujeme, že symetrie jsou podstatným rysem určujícím jakoukoli teorii. Při předkládání nových teorií proto vycházíme my, fyzikové, ze symetrií a teorii zkonstruujeme kolem nich.

(Je smutné, že Emmy Noetherová, podobně jako dříve Boltzmann, musela o uznání bojovat zuby nehty. Této matematicce bylo z důvodů pohlaví na univerzitách upíráno stálé místo. Její učitel, velký matematik David Hilbert, byl tak znechucený nemožností získat pro Noetherovou učitelské místo, že zvolal: „Kde to jsme, na univerzitě, nebo v lázních?“)

Na základě objevu Noetherové vzniká znepokojujivá otázka. Jestliže se energie zachovává proto, že se fyzikální zákony nemění v čase, mohla by tato

symetrie být za vzácných, neobvyklých okolností narušena? Je tu stále ještě možnost, že zachování energie je porušováno v kosmickém měřítku, naruší-li se symetrie našich zákonů v neobvyklých a nečekaných místech.

Něco takového by se mohlo stát v případě, že by se fyzikální zákony měnily s časem nebo vzdáleností. (V Asimovově románu *Ani sami bohové* tuto symetrii narušil otvor spojující náš vesmír s vesmírem paralelním. Fyzikální zákony se v okolí takového otvoru mění, a proto umožňují zhroucení zákonů termodynamiky. Zachování energie by tedy mohlo být narušeno, pokud se ve vesmíru objevují otvory, totiž červí díry.)

Další skulinou, o níž se právě živě debatuje, je možnost, že energie může vznikat z ničeho.

Energie ze vzduchoprázdna?

Otázka, zda je možno získávat energii z ničeho, je lákavá. Fyzikové si jen nedávno uvědomili, že vzduchoprázdno není vůbec prázdné, ale aktivitou jen kypí.

Jedním ze zastánců této myšlenky byl výstřední génius dvacátého století Nikola Tesla, důstojný rival Thomase Edisona. Byl také zastáncem energie nulového bodu, totiž myšlenky, že vakuum by mohlo obsahovat nesmírná množství energie. Jestliže by tomu tak bylo, bylo by vzduchoprázdno bájným zdrojem něčeho za nic, kdy neomezená energie přichází prostě „ze vzduchu“. Vzduchoprázdno by nebylo prázdné, nýbrž naopak nevyčerpatelným zdrojem energie.

Tesla se narodil v malém rakouskouherském městečku Smiljan (dnes patří Chorvatsku), a po studiích přijel roku 1884 do Ameriky bez groše v kapse. Brzy se stal Edisonovým asistentem, svými schopnostmi mu však směle konkuroval. Ve slavné soutěži, historiky zvané „Válka proudů“ stál proti Edisonovi. Edison byl přesvědčen, že se mu podaří elektrifikovat svět svými motory na stejnosměrný proud, zatímco Tesla byl původcem proudu střídavého a úspěšně ukázal, že jeho metoda zdaleka předčí Edisonovu a vede k významně menším ztrátám při přenosu elektřiny na větší vzdálenosti. Dnes je celá planeta elektrifikována na základě patentů Teslových, nikoli Edisonových.

Tesla získal patenty na víc než sedm set vynálezů a jsou mezi nimi i některé z nejdůležitějších milníků moderních dějin elektřiny. Historikové prokázali, že Tesla vynalezl rádio ještě před Guglielmem Marconim (jenž je obvykle za vynálezce rádia považován) a pracoval s rentgenovými paprsky ještě dříve, než je oficiálně objevil Wilhelm Roentgen. (Marconi i Roentgen

později získali Nobelovu cenu za objevy, které učinil Tesla několik let před nimi.)

Tesla byl také přesvědčen, že se mu podaří získat neomezenou energii z vakua, což se mu bohužel nepodařilo. Energie z vakua porušuje první termodynamický zákon a je v rozporu s newtonskou mechanikou. Nedávno se však tento pojem vynořil z nečekaně nového směru.

Vědci, kteří analyzují data z družic obíhajících v současnosti kolem Země, například z družice WMAP, došli k udivujícímu závěru, že plných 73 % vesmíru se skládá z „temné energie“, energie čistého vakua. To znamená, že největším zásobníkem energie v celém vesmíru je vzduchoprázdno rozprostírající se mezi galaxiemi ve vesmíru. (Množství této temné energie je tak obrovské, že tlačí galaxie od sebe, a nakonec snad i roztrhne vesmír a uvrhne ho do „velkého mrazu“.)

Temná energie je ve vesmíru všude, dokonce i v našem pokoji a uvnitř našeho těla. Množství temné energie v mezigalaktickém prostoru je vskutku astronomické a překonává veškerou energii hvězd a galaxií dohromady. Můžeme také spočítat množství temné energie na Zemi, její množství je však nepatrné, příliš malé pro pohon perpetua mobile. Tesla měl ohledně existence temné energie pravdu, mýlil se však při odhadu jejího množství na Zemi.

Nebo snad ne?

Jednou z nejnepříjemnějších mezer v moderní fyzice je, že nikdo nedovede spočítat množství temné energie, které jsme naměřili družicemi. Použijeme-li nejnovějších teorií jaderné fyziky k výpočtu množství temné energie ve vesmíru, liší se výsledek o 120 řádů, což je jednička následovaná 120 nulami! To je zdaleka největší rozpor mezi teorií a experimentem v celé fyzice.

Problém je v tom, že nikdo neumí vypočítat „energii ničeho“. Je to jedna z nejdůležitějších otázek fyziky (protože na nalezení odpovědi nakonec závisí osud celého vesmíru), v současnosti však nemáme žádné vodítko, jak ji spočítat. Žádná teorie nevysvětluje temnou energii, ačkoli experimentální důkaz její existence je zřejmý.

Ve vakuu je tedy skutečně obsažena energie, přesně jak se Tesla domníval. Její množství je však patrně příliš malé, než abychom jí využili jako zdroje použitelné energie. V mezigalaktickém prostoru je jí spousta, avšak její množství na Zemi je nepatrné. Je však zarážející, že nikdo její množství neumí vypočítat a ani se neví, odkud se vzala.

Chci zdůraznit, že zachování energie vyplývá z hlubokých, kosmologických důvodů. Každé narušení těchto zákonů by nutně znamenalo zásadní

FYZIKA NEMOŽNÉHO

posun v našem chápání vývoje vesmíru. A záhada temné energie nutí fyziky, aby se k této otázce postavili čelem.

Vytvoření skutečného perpetua mobile by vyžadovalo přehodnotit základní fyzikální zákony na kosmologické úrovni, a proto bych zařadil perpetuum mobile mezi nemožnosti III. řádu; to znamená, že buď jej nelze vyrobit, nebo bychom museli zásadně změnit pohled na fyzikální jevy na kosmologické úrovni. Temná energie zůstává jednou z velkých nedokončených kapitol moderní vědy.

PŘEDVÍDÁNÍ

*Paradox je pravda, která se postavila na hlavu,
aby upoutala pozornost*

NICHOLAS FALLETTA

Existuje něco jako předvídání, neboli vidění do budoucnosti? Tato dávná představa je přítomna v každém náboženství, známe ji z antických věštíren starých Řeků a Římanů i od starozákonních proroků. Dar jasnovidectví ovšem může být v těchto mýtech i prokletím. Z řecké mytologie známe příběh Kassandry, dcery trojského krále, která svou krásou upoutala pozornost boha Apollóna. Aby Kassandru získal, udělil jí dar vidění do budoucnosti. Cassandra však Apollóna odmítla. Rozzlobený bůh pozměnil svůj dar: ačkoli dívka bude stále schopna vidět do budoucnosti, nikdo jí neuvěří. Když Kasandra varovala Trojany před nadcházející zkázou, nikdo jí nenaslouchal. Předpověděla podvod s trojským koněm, Agamemnonovu smrt, dokonce svou vlastní záhubu, obyvatelé města však neposlechli, považovali ji za šílenou a uvěznil ji.

Nostradamus v šestnáctém století a nedávno i Edgar Cayce tvrdili, že jsou schopni poodhrnout závoj halící budoucnost. Mnozí tvrdili, že jejich předpovědi se vyplnily (například předpovězení vypuknutí 2. světové války, zavraždění prezidenta Kennedyho a pádu komunismu), ovšem temný, alegorický způsob, jakým tito věštcí zaznamenali svá vidění, umožňuje nejrůznější navzájem si odporující výklady. Například Nostradamova čtyřverší jsou tak obecná, že z nich lze vyčíst téměř vše (což se také stalo). Jedno z nich zní:

*Burácející plameny z centra světa otrásají zemí
Okolo „Nového města“ se chvěje zem
Dva vznešení povedou dlouhou marnou válku
Jarní nymfa rozlije novou, rudou řeku*

Tvrdí se, že toto čtyřverší dokazuje, že Nostradamus předvídal shoření newyorských dvojčat 11. září 2001. Během staletí ovšem byly předloženy tucty jiných výkladů stejného čtyřverší. Obraty jsou tak vágní, že je lze vykládat mnoha způsoby.

Jasnovidectví je též oblíbeným tématem dramatiků píšících o neodvratné záhubě králů a pádu říší. V Shakespearově *Makbethovi* je předpověď ústředním tématem hry i hlavním motivem Makbethovy ctižádosti. Potká tři čarodějnice, které mu předpovědí, že se stane skotským králem. Předpověď jen podnítl jeho vražedné ambice, a tak nastoupí dráhu krvavého a strašného tažení k vyhlazení nepřátel, kdy neváhá zabít nevinnou ženu ani děti svého rivala Makduffa.

Poté, co Makbeth vykoná kvůli získání koruny řadu odporných skutků, sdělí mu čarodějnice, že nemůže být poražen v bitvě „dokavad birnamský les jeho dunsinanský hrad mu nezteče“, a že „není takový člověk, z ženy narozený, jenž mu ublíží“. Macbeth je tím ukolébán, protože lesy se nepohybují a každý muž je zrozen z ženy. Birnamský les se ovšem dá na pochod, když proti Makbethovi vyrazí Makduffova vojska maskující se větvemi z birnamského lesa, a Makduff sám přišel na svět císařským řezem.

Minulé předpovědi mají mnoho alternativních výkladů a jsou proto neověřitelné, jeden druh předpovědi se ovšem ověří snadno: předpovědi přesného data konce světa. Od dob, kdy bylo sepsáno Zjevení svatého Jana, poslední biblická kniha, do detailu popisující poslední dny lidstva, kdy chaos a zmar doprovodí příchod Antikrista a závěrečný Ježíšův druhý příchod, se fundamentalisté snažili předpovědět přesný den konce světa.

Jedna z nejslavnějších předpovědí pocházela od astrologů, kteří na základě konjunkce všech planet, Merkuru, Venuše, Marsu, Jupitera a Saturnu, předpověděli velkou potopu značící konec světa na 20. února 1524. Evropu zachvátila panika.

V Anglii opustilo v zoufalství 20 000 lidí svůj domov. Kolem chrámu sv. Bartoloměje byla postavena pevnost se zásobou potravin a vody na dva měsíce. Napříč Německem a Francií lidé horečně stavěli velké lodi, na nichž by potopě unikli. Hrabě von Iggleheim dal jako přípravu na velkou událost postavit dokonce velkou třípatrovou archu. Když však ono datum skutečně nastalo, spustil se jen lehký deštík. Nálada davu se rázem změnila ze strachu na vztek. Lidé, kteří prodali všechn svůj majetek a obrátili svůj život naruby, se nyní cítili zrazeni. Davy se daly do pohybu, hrabě byl ukamenován a stovky lidí byly zabity.

Křesťané nejsou jediní, kdo podléhá vábení předpovědí. Roku 1648 se Šabtai Cvi, syn zámožného žida ze Smyrny, prohlásil Mesiášem a předpověděl, že svět skončí roku 1666. Byl pohledný, měl šarm, vyznal se v mystických kabalistických textech a podařilo se mu rychle shromáždit skupinu oddaných následovníků, kteří zvěst rozšířili po celé Evropě. Na jaře roku 1666 židé začali balit své věci a chystali se následovat volání svého Mesiáše. Přicházeli dokonce až z Francie, Holandska, Německa nebo Maďarska. Cvi byl však na příkaz cařihradského velkovezíra zatčen a uvězněn v řetězech. Když byl postaven před volbu zemřít nebo konvertovat k islámu, zvolil druhou možnost a začal nosit turban. Desítky tisíc jeho oddaných následovníků opustily v naprostém rozčarování jeho kult.

Předpovědi jasnovidců nalézají odezvu i dnes a ovlivňují životy desítek milionů lidí na celém světě. Ve Spojených státech oznámil William Miller, že konec světa nastane 3. dubna 1843. Když se zpráva o jeho předpovědi rozšířila po zemi, osvětlil roku 1833 noční oblohu pouhou náhodou efektní meteorický roj, jeden z největších v dějinách, a dále zvýšil účinnost Millerovy věštby.

Příchod potopy očekávaly desítky tisíc jeho přívrženců, zvaných millerité. Když rok 1843 poklidně uplynul, rozštěpilo se hnutí milleritů na několik velkých skupin. Obrovský počet přívrženců se rozdělil na několik proudů, které mají dodnes velký vliv na náboženství. Jeden z nich se roku 1863 přeskupil a změnil si jméno na Církev adventistů sedmého dne; dnes má přibližně 14 milionů křtěných členů. Ústředním bodem jejich víry je brzký druhý příchod Krista.

Další z odštěpeneckých skupin milleritů se později přiklonila k pracím Charlese Tazeho Russella, jenž posunul datum konce světa na rok 1874. Když i toto datum uplynulo, přepracoval svou předpověď na základě studia velkých egyptských pyramid, tentokrát na rok 1914. Tato skupina se později přejmenovala na Svědky Jehovovy a má dnes zhruba šest milionů členů.

Další složky hnutí milleritů však nadále přicházely s proroctvími a po každé nevyplněné předpovědi se dále štěpily. Jedna z nich se nazývala Davidovská větev; oddělili se od Adventistů sedmého dne ve třicátých letech. Měli malou komunitu v osadě Waco v Texasu, která se dostala pod charismatický vliv mladého kazatele jménem David Koresh, jenž dovedl podmanivě hovořit o konci světa. Její členové zahynuli při tragické srážce s FBI roku 1993, když celou osadu zachvátil požár. Smrt v plamenech našlo 76 členů včetně 27 dětí i sám Koresh.

Můžeme nahlédnout do budoucnosti?

Dá se přesnými vědeckými metodami prokázat, zda jsou někteří jedinci skutečně schopni vidět budoucnost? V kapitole 12 jsme viděli, že cestování v čase by mohlo být v souladu s fyzikálními zákony, ovšem pro pokročilou civilizaci typu III. Je však předpovídání budoucnosti možné dnes a tady?

Složité testy prováděné na Rhineově ústavu se zdají napovídat, že někteří lidé jsou schopni vidět do budoucnosti; jsou totiž schopni poznat karty dříve, než se odkryjí. Opakované experimenty však ukázaly, že tento efekt je velmi malý a často při pokusu o opakování zcela vymizí.

Uvést předvídání budoucnosti v soulad s moderní fyzikou je obtížné, protože porušuje kauzalitu, zákon příčiny a následku. Následky přicházejí po příčině, nikoli naopak. Ukázalo se, že kauzalita je zabudována do všech fyzikálních zákonů. Její porušení by ohlašovalo velké zhroucení našeho chápání fyzikálních zákonů. Newtonská mechanika je na kauzalitě pevně založena. Newtonovy zákony jsou tak obecné, že když znáte polohu a pohyb všech molekul ve vesmíru, můžete spočítat jejich budoucí pohyb. Budoucnost je vypočitatelná. Newtonská mechanika říká, že kdybyste měli dostatečně velký počítač, mohli byste si vypočítat všechny budoucí události. Podle ní je vesmír jako gigantické hodiny, natažené Bohem na počátku věků a od té doby tikající podle jeho zákonů. V newtonovské teorii není místa pro předvídání.

Cesta do minulosti

Je-li ovšem řeč o maxwellské teorii, je scénář o mnoho složitější. Řešíme-li Maxwellovy rovnice pro světlo, nenalzáme jedno, nýbrž dvě řešení: „opožděnou“ vlnu, která představuje obvyklý pohyb světla z jednoho místa na druhé; a také „předbíhavou“ vlnu, kde se světelný paprsek pohybuje v čase pozpátku. Toto řešení vychází z budoucnosti a dospívá do minulosti!

Po stovku let, kdykoli narazili inženýři na toto „předbíhavé“ řešení, jdoucí nazpět v čase, jednoduše je odmítli jako matematickou kuriozitu. „Opožděná“ vlna předpovídá chování rádia, mikrovln, televize, radaru i rentgenu tak přesně, že „předbíhavé“ řešení jednoduše vyhodili oknem. Opožděné vlny jsou tak krásné a zřejmě úspěšné, že inženýři ošklivé dvojče prostě ignorovali. Proč si kazit úspěch?

Pro fyziky však byla předbíhavá vlna po celé minulé století velkým oříškem. Maxwellovy rovnice jsou jedny z pilířů moderní doby, a tak je každé jejich řešení třeba brát velmi vážně, i kdyby to znamenalo akceptovat vlny

z budoucnosti. Vypadalo to, že předbíhavé vlny zcela ignorovat nelze. Proč by nám příroda na této nejzákladnější úrovni nabízela takové bizarní řešení? Je to krutý žert, nebo je v tom hlubší smysl?

O předbíhavé vlny začali jevit zájem mystikové a uvažovali, že možná nesou zprávy z budoucnosti. Možná že kdyby se nám je nějakým způsobem podařilo ovládnout, mohli bychom být schopni posílat zprávy do minulosti a tak upozornit dřívější generace na budoucí události. Mohli bychom na příklad poslat zprávu svým prarodičům zpět do roku 1929 a varovat je, aby před Černým pátkem prodali všechny své akcie. Tyto předbíhavé vlny by nikomu neumožnily osobně navštívit minulost jako u cestování v čase, ale mohli bychom jimi posílat do minulosti dopisy a zprávy, abychom upozornili na události, které ještě nenastaly.

Předbíhavé vlny byly záhadou, dokud se do jejich studia nepustil Richard Feynman, jehož zaujala myšlenka návratu v čase. Poté co pracoval na projektu Manhattan, který vyústil v sestrojení první atomové pumy, opustil Los Alamos a odešel na Princetonskou univerzitu, kde pracoval u Johna Wheelera. Feynman prostudoval původní Dirakovu práci o elektronu a objevil něco velmi podivného. Když se v Dirakově rovnici obrátí směr času, rovnice se nezmění, pokud současně zaměníme i náboj elektronu. Jinými slovy, elektron vracející se v čase je totéž jako antielektron pohybující se v čase kupředu! Rozumný fyzik by za normálních okolností tuto interpretaci zamítl a nazval ji pouhým šprýmem, matematickou hříčkou bez významu, protože pohyb proti směru času nedává žádný smysl. Dirakovy rovnice jsou nicméně v tomto směru jednoznačné. Jinými slovy, Feynman našel důvod, proč příroda připouští tato řešení zdánlivě jdoucí v čase nazpátek: popisují totiž pohyb antimoty. Kdyby byl starší, byl by Feynman tato řešení zavrhl. Byl však pouhým studentem vyššího ročníku, a tak se rozhodl se touto záhadou dále zabývat.

S postupem času objevil něco ještě podivnějšího. Elektron a antielektron se při srážce vzájemně anihilují a vytvoří gama paprsek. Nakreslil si to na papír: dva objekty do sebe narazí a vytvoří záblesk energie.

Jestliže však obrátíte náboj antielektronu, stane se obyčejným elektronem pohybujícím se zpátky v čase. Můžete nyní překreslit stejný diagram tak, aby v něm čas běžel pozpátku. Najednou to vypadá, jako by se elektron pohyboval dopředu v čase, a pak se náhle rozhodl změnit směr. Elektron zařadil v čase zpátečku a při tom uvolnil záblesk energie. Jinými slovy, je to stále *tentýž* elektron. Proces anihilace elektronu s antielektronem je přesně totéž, jako když se elektron rozhodne jít v čase pozpátku!

Tak Feynman odhalil skutečné tajemství antihmoty: je to zkrátka obyčejná hmota jdoucí v čase pozpátku. Toto prosté pozorování bezprostředně vysvětluje záhadu, proč všechny částice mají své partnery mezi antičásticemi: je to proto, že všechny částice mohou jít v čase pozpátku, a tudíž navenek vypadají jako antihmota. (Tato interpretace je ekvivalentní s dříve zmíněným „Dirakovým mořem“, je však jednodušší a je v současnosti všeobecně přijímaným vysvětlením.)

Řekněme nyní, že máme hroudu antihmoty a ta se srazí s obyčejnou hmotou, přičemž dojde k obrovskému výbuchu, v němž se anihilují biliony elektronů s biliony antielektronů. Jestliže ovšem pro antielektron otočíme směr šipky na časové ose a ten se stane elektronem jdoucím proti směru času, znamenalo by to, že tentýž elektron několik bilionkrát poskočil tam a zpátky v čase. Docházíme k dalšímu podivnému výsledku: v celé hroudě musí být jen jeden elektron. Elektron letí kupředu a hned zase pozpátku. Kdykoli změní směr času, stává se antihmotou a při dalším obratu se zase stává elektronem.

(S vedoucím své doktorské práce Johnem Wheelerem pak Feynman uvažoval, že se snad celý vesmír skládá jen z jediného elektronu pohybujícího se v čase střídavě kupředu a zpět. Představme si, že v chaosu prvopočátečního velkého třesku byl vytvořen jen jediný elektron. O biliony let později tento jediný elektron nakonec projde katastrofou soudného dne, kde se otočí jako na obrtlíku a vydá se proti směru času, přičemž uvolní záblesk gama záření. Pak se vrátí do původního velkého třesku a opět nabere opačný směr. Elektron tak opakovaně cestuje tam a zpět mezi velkým třeskem a soudným dnem. Dnešní viditelný vesmír složený z bilionů elektronů je pouhým časovým snímkem cesty tohoto jediného elektronu. Teorie vypadá podivně, vysvětlovala by ovšem jednu zvláštní skutečnost z kvantové teorie, a to proč jsou všechny elektrony stejné. Ve fyzice nelze označit jednotlivé elektrony. Neexistují žádné zelené elektrony nebo elektrony jménem Honza. Elektrony nemají žádnou individualitu. Nelze „označkovat“ elektron tak, jak přírodovědci značkují zvířata v divočině, aby je mohli sledovat. Možná že důvod je ten, že se celý vesmír skládá z jednoho jediného elektronu, který se jen prohání časem tam a zase nazpět.)

Jestliže je však antihmota obyčejná hmota při pohybu časem nazpátek, je možné poslat do minulosti zprávu? Je možné poslat sám sobě do minulosti dnešní *Wall Street Journal* a vyhrát na burze celé jmění?

Odpověď je, že nikoliv.

Jestliže nahlížíme na antihmotu jako na pouhou další formu hmoty a provedeme s ní experiment, nedojde k žádnému narušení kauzality. Příčina a následek zůstanou stejné. Jestliže nyní obrátíme směr časové šipky pro antielektron a pošleme jej zpátky v čase, provedli jsme pouhou matematickou operaci. Fyzika zůstane stejná a nic se ve skutečnosti nezměnilo. Stejně zůstanou i všechny experimentální výsledky. Je tedy naprosto v pořádku nahlížet na elektron jako na částici, která cestuje časem dopředu a nazpátek. Pokaždé, když jde časem pozpátku, však prostě jen splňuje minulost. Zdá se tedy, že pro konzistentní kvantovou teorii jsou pokročilá řešení z budoucnosti skutečně zapotřebí, nicméně kauzality ve výsledku nijak nenarušují. (Skutečně se ukazuje, že bez těchto bizarních předbívavých vln by v kvantové teorii byla kauzalita narušena. Feynman dokázal, že sečteme-li příspěvek od předbívavých a opožděných vln, ukáže se, že členy, které by mohly kauzality narušovat, se přesně vyruší. Antihmota je proto podstatná pro zachování kauzality, která by se bez ní mohla zhroutit.)

Feynman v těchto ztřeštěných úvahách pokračoval a rozvinul je do takzvané úplné kvantové teorie elektronu. Jeho kvantová elektrodynamika (QED) byla experimentálně ověřena s přesností jedné ku deseti milionům, což z ní dělá jednu z nejpřesnějších teorií všech dob. On a jeho kolegové Julian Schwinger a Sin-Itiro Tomonaga za ni v roce 1965 získali Nobelovu cenu.

(Ve svém projevu při předávání Nobelovy ceny Feynman řekl, že se v mládí do oněch předbívavých vln z budoucnosti zamiloval tak, jako by se zamiloval do krásné dívky. Dnes tato krásná dívka dospěla ve zralou ženu a je matkou mnoha dětí. Jedním z těchto dětí je jeho teorie kvantové elektrodynamiky.)

Tachyony z budoucnosti

Vedle předbívavých vln z budoucnosti (které mnohokrát prokázaly svou užitečnost v kvantové teorii) existuje ještě další bizarní koncept z teorie kvant, který vypadá stejně šíleně, jen možná ne tak užitečně. Je to myšlenka „tachyonů“, které se pravidelně objevují v seriálu *Star Trek*. Kdykoli autoři seriálu potřebují novou energii k provedení nějaké kouzelné operace, vezmou si na pomoc tachyony.

Tachyony žijí v podivném světě, kde se vše pohybuje rychleji než světlo. Jak tachyony ztrácejí energii, letí stále rychleji, což je proti zdravému rozumu. Když ztratí veškerou svou energii, začnou se pohybovat nekonečnou

rychlostí. Když však energie nabývají, zpomalují, až dosáhnou rychlosti světla.

Podivné na tachyonech je to, že mají imaginární hmotnost. (Slovem „imaginární“ míníme, že jejich hmotnost je násobkem druhé odmocniny z minus jedné, neboli „i“.) Když jednoduše vezmeme Einsteinovu slavnou rovnici a „m“ nahradíme „im“, stane se cosi zázračného. Částice se náhle pohybují rychleji než světlo.

Tento výsledek vede k podivným situacím. Když tachyon prochází hmotou, ztrácí energii, protože se sráží s atomy. Zároveň však zrychluje, což dále zvyšuje počet jeho srážek s atomy. To vede k tomu, že dále ztrácí energii a tím zrychluje ještě více. V tomto začarovaném kruhu tachyon přirozeně dosáhne nekonečné rychlosti sám od sebe!

(Tachyony jsou něco jiného než antihmota nebo záporná hmota. Antihmota má kladnou energii, pohybuje se rychlostí nižší než rychlost světla a vzniká například v našich urychlovačích. Gravitace ji podle teorie přitahuje. Antihmota odpovídá obyčejné hmotě vracející se v čase. Záporná hmota má zápornou energii a také se pohybuje pomaleji než světlo, ovšem pod vlivem gravitace padá vzhůru. Záporná hmota se v laboratoři nikdy nenašla. Ve velkých množstvích by se jí teoreticky dalo použít k pohonu strojů času. Tachyony se pohybují rychleji než světlo a mají imaginární hmotnost; není jasné, zda vlivem gravitace padají dolů či nahoru. Ani tachyony se v laboratoři nikdy nenašly.)

Jakkoli jsou tachyony bizarní, zcela vážně se jimi zabývali někteří fyzikové, jako například již zesnulý Gerald Feinberg z Kolumbijské univerzity a George Sudarshan z Texaské univerzity v Austinu. Problém je, že v laboratoři nikdo nikdy tachyon nezaznamenal. Klíčovým průkazem tachyonů by bylo narušení kauzality. Feinberg dokonce navrhoval, aby fyzikové zkoumali laserový paprsek dříve, než ho zapnou. Jestliže tachyony existují, pak by snad bylo možné světlo z laserového paprsku zaznamenat ještě dříve, než se přístroj spustí.

Ve sci-fi se tachyony pravidelně používají k zasílání zpráv jasnovidcům zpět do minulosti. Při studiu fyzikálních souvislostí není jasné, jestli je něco takového skutečně možné. Feinberg byl například přesvědčen, že emise tachyonu pohybujícího se kupředu v čase je totéž jako absorpce tachyonu se zápornou energií pohybujícího se v čase pozpátku (stejně jako je tomu v případě antihmoty), a tak zde k žádnému narušení kauzality nedochází.

Odhlédněme však od sci-fi. Podle současného výkladu tachyony možná existovaly v okamžiku velkého třesku a narušovaly při tom kauzalitu, nyní

však již neexistují. Možná že hrály podstatnou roli v tom, že vesmír vůbec „třeskl“. V tomto smyslu jsou tachyony podstatné pro některé teorie velkého třesku.

Tachyony mají zvláštní vlastnost. Zavedeme-li je do jakékoli teorie, destabilizují „vakuum“, tedy nejnižší energetický stav systému. Obsahuje-li systém tachyony, nalézá se ve „falešném vakuu“, je nestabilní a nakonec spadne do pravého vakua.

Představme si hráz zadržující vodu v přehradě. Hráz vypadá naprosto stabilně, přesto existuje energetický stav nižší, než je přehrada. Když se v hrázi objeví trhлина, voda hráz prolomí, odplyne na úroveň hladiny moře a soustava nabude nejnižšího energetického stavu.

Stejně tak se zdá, že k velkému třesku došlo ve falešném vakuu, v němž se nacházely tachyony. Jejich přítomnost však znamenala, že se nejednalo o nejnižší energetický stav, a systém byl proto nestabilní. Ve tkanivu prostoročasu se objevila trhлина, která stála u zrodu pravého vakua. Jak se postupně zvětšovala, vznikala bublina. Vně bubliny tachyony stále ještě existují, uvnitř ovšem všechny vymizely. Jejím rozpínáním vznikl vesmír, jaký známe, bez tachyonů.

Kosmologové berou velmi vážně i teorii, podle níž tachyon, zvaný „inflaton“, nastartoval proces inflace. Jak jsme se dříve zmínili, inflační teorie vesmíru říká, že vesmír začal jako nepatrná bublinka prostoročasu, která prošla výbušnou inflační vlnou. Fyzikové jsou přesvědčeni, že vesmír původně vyšel ze stavu falešného vakua s inflačním polem tvořeným tachyonem. Uvnitř jedné z bublinek nabylo inflační pole stavu pravého vakua. Ta se rychle zvětšila, až se stala naším vesmírem. Uvnitř naší vesmírné bubliny inflace ustala, takže ji již není možné pozorovat. Tachyony tak představují bizarní kvantový stav, kde se předměty pohybují rychleji než světlo, a snad dokonce narušují kauzalitu. Zmizely ovšem již dávno, a snad se účastnily i zrození samotného vesmíru.

To vše zní patrně jako plané spekulace, které nelze ověřit. Teorie falešného vakua ovšem projde svým prvním experimentálním testem, až bude spuštěn urychlovač LHC u Ženevy ve Švýcarsku. Jedním z klíčových účelů LHC je nalézt „Higgsov boson“, poslední částici standardního modelu, která stále čeká na své objevení. Je to poslední díl skládky. (Higgsova částice je tak důležitá, že ji laureát Nobelovy ceny Leon Lederman nazývá „Boží částice“.)

Podle představ fyziků byl Higgsov boson původně tachyonem. V panujícím falešném vakuu neměla žádná z jaderných částic hmotnost. Jeho přítom-

nost však vzduchoprázdno destabilizovala a vesmír přešel do stavu nového vakua, kde se z Higgsova bosonu stala obyčejná částice. Po této přeměně tachyonu na obyčejnou částici získaly jaderné částice hmotnosti, které dnes měříme v laboratoři. Objev Higgsova bosonu tak nejen doplní poslední chybějící článek standardního modelu, nýbrž také ověří, že tachyonový stav kdysi existoval, přeměnil se však v obyčejnou částici.

Předpovídání budoucnosti je v newtonské fyzice tedy vyloučeno. Železný zákon příčiny a následku není nikdy porušen. Podle kvantové teorie se mohou vyskytovat nové stavy hmoty, jako je antihmota, odpovídající hmotě jdoucí proti proudu času, avšak kauzalita není narušena. Antihmota je v kvantové teorii dokonce pro kauzalitu podstatná. Tachyony na první pohled kauzalitu narušují, podle přesvědčení fyziků ovšem jejich pravým účelem bylo nastartovat velký třesk, a tak již více pozorovatelné nejsou.

Předvídání budoucnosti je tedy nejspíše vyloučeno, při nejmenším v dohledné době, jedná se proto o nemožnost III. řádu. Kdyby se někomu podařilo tento jev prokázat v reprodukovatelných experimentech, způsobilo by to převrat v samých základech moderní fyziky.

BUDOUCNOST NEMOŽNÉHO

Není nic tak velkého ani bláznivého, aby jedna z milionu technologických společností nepodlehla nutkání se do toho pustit, pokud to jen je fyzicky možné.

FREEMAN DYSON

Osud není věcí náhody - je věcí volby. Není to něco, na co je třeba čekat - je to něco, co je možné uskutečnit.

WILLIAM JENNINGS BRYAN

Zůstanou některé pravdy navždy mimo schopnosti našeho chápání? Jsou sféry vědění, které budou nad schopnosti i té nejpokročilejší civilizace? Ze všech technologií, jimiž jsme se dosud zabývali, spadají do kategorie nemožností III. řádu jen perpetuum mobile a předvídání budoucnosti. Existují ještě další obdobně neuskutečnitelné technologie?

V teoretické matematice najdeme mnoho vět, které dokazují, že něco je vpravdě nemožné. Nelze například provést trisekci úhlu jen s použitím pravítka a kružítka; tato skutečnost byla dokázána již roku 1837.

Podobné jevy najdeme dokonce i v jednoduchých systémech, jako je aritmetika. Jak jsem již zmínil, nelze s použitím postulátů aritmetiky dokázat všechna její pravdivá tvrzení. Aritmetika je neúplná. V aritmetice vždy budou pravdivá tvrzení, která lze dokázat jen tak, že přejdeme do mnohem většího systému, který má aritmetiku jako svou podmnožinu.

V matematice skutečně najdeme věci, které jsou nemožné. Je však vždy nebezpečné tvrdit, že něco je absolutně nemožné ve fyzikálních vědách. Chtěl bych připomenout projev laureáta Nobelovy ceny Alberta A. Michelsona z roku 1894 u příležitosti otevření Ryersonovy fyzikální laboratoře na univerzitě v Chicagu, kde prohlásil, že je nemožné objevit jakoukoli novou fyziku: „Všechny důležité základní zákony a fakta fyzikálních věd již byly

objeveny, a jsou nyní ukotveny tak pevně, že jakákoli možnost, že by byly překonány následkem nových objevů, je velice malá ... Naše budoucí objevy je třeba hledat na šestém desetinném místě.“

Tyto výroky zazněly v předvečer jedněch z největších převratů v dějinách vědy, kvantové revoluce roku 1900 a relativistické revoluce roku 1905. Vtip je v tom, že ačkoli jsou některé věci z fyzikálního hlediska nemožné, mohou se naše znalosti o fyzikálních zákonech změnit.

Velký francouzský filosof Auguste Comte ve svém díle *Kurz pozitivní filozofie* z roku 1825 prohlašuje, že věda nikdy nesvede odpovědět na otázku, z čeho se skládají hvězdy. V době, kdy o podstatě hvězd nebylo známo vůbec nic, znělo takové tvrzení jako vyslovení naprosté samozřejmosti, neboť hvězdy jsou tak daleko, že je nelze navštívit. Přesto jen několik let po tomto prohlášení určili fyzikové s použitím spektroskopie, že se Slunce skládá z vodíku. Dnes už víme, že zkoumáním spektrálních čar ve světle vyzářeném hvězdami před miliardami let lze určit chemické složení většiny vesmíru.

Comte postavil vědecký svět před výzvu, když sestavil celý seznam dalších „nemožností“:

- Prohlásil, že „základní složení těles musí navždy přesahovat možnost našeho poznání“. Jinými slovy, je nemožné znát skutečnou podstatu hmoty.
- Domníval se, že matematiky nikdy nebude možno použít k vysvětlení biologie a chemie. Prohlásil, že je nemožné zredukovat tyto vědy na matematiku.
- Domníval se, že je nemožné, aby studium nebeských těles mělo nějaký vliv na život na Zemi.

Předkládat podobná tvrzení bylo v devatenáctém století oprávněné, protože o základních přírodních zákonech bylo tehdy známo velice málo. O tajemstvích hmoty a života se nevědělo téměř nic. Dnes ovšem máme atomovou teorii, která otevřela celé nové pole vědeckého zkoumání struktury hmoty. Poznatky o DNA a kvantová teorie odkryly tajemství života a chemie. Víme také, že meteority nejen ovlivnily vývoj života na Zemi, ale spoluvytvářely rámeček jeho samé existence.

Astronom John Barrow poznamenává: „Historikové se stále zabývají myšlenkou, že Comtovy názory byly spoluodpovědné za následující úpadek francouzské vědy.“

Matematik David Hilbert odmítl Comtova tvrzení a napsal: „Podle mého názoru skutečný důvod, proč Comte nemohl najít neřešitelný problém, spočívá v tom, že žádný neřešitelný problém neexistuje.“

Dnes ovšem někteří vědci přicházejí s řadou nových „nemožností“: Nikdy nemůžeme zjistit, co bylo před velkým třeskem (nebo proč vůbec „třeskl“), a nikdy nedosáhneme „teorie všeho“.

Fyzik John Wheeler k první z těchto otázek napsal: „Kdybyste se před dvěma sty lety kohokoli zeptali, zda někdy budeme vědět, jak vznikl život, uslyšeli byste: ‚Pošetilé! Nemožné!‘ Já vidím stejnou situaci u otázky, zda někdy porozumíme tomu, jak vznikl vesmír.“

Astronom John Barrow dodává: „Rychlost šíření světla je omezená a stejně omezená je i naše znalost struktury vesmíru. Nemůžeme vědět, zda je konečný či nekonečný, zda měl začátek nebo bude mít konec, zda všude podléhá týmž fyzikálním zákonům nebo zda je v konečném součtu spořádaný nebo neuspořádaný ... Ukazuje se, že všechny velké otázky po podstatě vesmíru - od jeho začátku do jeho konce - jsou nezodpověditelné.“

Barrow má pravdu v tom, že nikdy nebudeme znát s naprostou jistotou skutečnou podstatu vesmíru v celé jeho slávě. Je ovšem možné po kouscích uždibovat z těchto věčných otázek a vzrušujícím způsobem se přibližovat k odpovědím. Tyto „nemožnosti“ není nutné považovat za absolutní hranice našeho poznání, představují spíše výzvy čekající na příští vědecké generace. Tyto hranice jsou jako křupavá kůrka koláče, která je tu proto, abychom ji nakousli.

Pozorování éry před velkým třeskem

V souvislosti s velkým třeskem se nyní staví nová generace detektorů, která by mohla vyřešit některé z těchto věčných otázek. Současné radiační detektory v meziplanetárním prostoru jsou pouze schopny měřit mikrovlnné záření vzniklé 300 000 let po velkém třesku, což je doba, kdy se tvořily první atomy. Tohoto mikrovlnného záření nelze využít ke zkoumání doby dřívější než 300 000 let po velkém třesku proto, že radiace z původní ohnivé koule byla příliš horká a náhodná, než aby poskytovala užitečnou informaci.

Kdybychom zkoumali jiné typy záření, mohli bychom se ovšem dostat k velkému třesku ještě blíže. Pozorováním neutrin bychom se například k okamžiku velkého třesku mohli přiblížit ještě více (neutrino jsou tak nezachytitelná, že mohou projít kusem olova velkým jako je naše Sluneční

soustava). Díky neutrinovému záření bychom mohli nahlédnout do okamžiku, kdy byl vesmír starý několik sekund.

Poslední tajemství velkého třesku však možná bude odhaleno zkoumáním „gravitačních vln“, vlnění, které se šíří předivem prostoročasu. Fyzik Rocky Kolb z univerzity v Chicagu říká: „Měřením vlastností neutrinového pozadí vidíme v čase nazpět až do jedné sekundy po velkém třesku. Ovšem gravitační vlny z inflačního období jsou pozůstatky vesmíru 10^{-35} sekundy po něm.“

Gravitační vlny, které jako první předpověděl roku 1916 Einstein, by se nakonec pro astronomii mohly stát nejdůležitějším předmětem zkoumání. Historie ukazuje, že kdykoli jsme ovládli nový druh záření, otevřela se v astronomii nová éra. Prvním z nich bylo viditelné světlo, jehož Galileo užil ke zkoumání Sluneční soustavy. Dalším druhem záření byly rádiové vlny, které nám nakonec umožnily zkoumat středy galaxií a najít v nich černé díry. Gravitační vlny by mohly odhalit samo tajemství Stvoření.

V určitém smyslu gravitační vlny musí existovat. Abychom to nahlédli, položme si prastarou otázku: Co by se stalo, kdyby Slunce náhle zmizelo? Podle Newtona bychom důsledky pocítili okamžitě. Země by byla okamžitě vytržena ze své dráhy a tonula by ve tmě. To proto, že Newtonův gravitační zákon nebere v úvahu rychlost šíření, síly působí ve vesmíru okamžitě. Podle Einsteina se ovšem nic nemůže šířit rychleji než světlo, a tak by trvalo osm minut, než by informace o zmizení Slunce doputovala k Zemi. Jinými slovy, ze Slunce by vyšla kulová „rázová gravitační vlna“ a nakonec by zasáhla Zemi. Vně této kulové plochy gravitačních vln by se zdálo, že Slunce stále ještě normálně svítí, protože zpráva o zmizení Slunce ještě nedorazila. Uvnitř této kulové plochy gravitační vlny, rozpínající se rychlostí světla, by však Slunce již nebylo.

Jiný způsob, jak porozumět nutnosti existence gravitačních vln, je představit si velké napnuté prostěradlo. Podle Einsteina je prostoročas prostředím, které se stejně jako prostěradlo krčí nebo napíná. Uchopíme-li ho a rychle s ním třepeme, vidíme vlnky, které se po něm šíří konečnou rychlostí. Stejným způsobem lze nahlížet na gravitační vlny jako na vlny šířící se prostoročasem.

Gravitační vlny jsou v současnosti jedním z nejrychleji se rozvíjejících oborů fyziky. Roku 2003 byly uvedeny do provozu první velké detektory gravitačních vln zvané LIGO. Zařízení o délce čtyři kilometry se nacházejí v Hanfordu ve státě Washington a v Livingston Parish v Louisianě. Očekává

se, že LIGO, které stály 365 milionů dolarů, budou schopny zachytit záření kolidujících neutronových hvězd a černých děr.

Příští velký skok se očekává roku 2015, kdy bude vypuštěna zcela nová generace družic, které budou v meziplanetárním prostoru zaznamenávat gravitační záření pocházející z okamžiku Stvoření. Tři družice projektu LISA, na němž se podílí NASA a Evropská kosmická agentura, budou vyslány na oběžnou dráhu Slunce. Budou schopny zachytit gravitační vlny vyzařené méně než biliontinu sekundy po velkém třesku. Pokud taková gravitační vlna zasáhne jednu z družic, naruší laserové paprsky a toto narušení bude možné přesně změřit, takže získáme snímky našeho novorozeného vesmíru v okamžiku samotného velkého třesku.

LISA se skládá ze tří družic, obíhajících Slunce ve formaci trojúhelníku, jehož strany jsou tvořeny laserovými paprsky pět milionů kilometrů dlouhými, jedná se tedy o největší přístroj všech dob. Tato soustava tří družic bude obíhat kolem Slunce ve vzdálenosti asi 50 milionů kilometrů od Země.

Každá z družic bude vysílat laserový paprsek s energií pouhé poloviny jednoho wattu, srovnávat laserové paprsky přicházející z ostatních dvou družic a vytvářet z nich interferenční obrazec. Když paprsky naruší gravitace, tento obrazec se změní a družice jej bude schopna zaznamenat. (Není to tak, že by gravitační vlna rozkmitala samotné družice. Ve skutečnosti způsobí zkreslení prostoru mezi družicemi.)

Použité laserové paprsky jsou velmi slabé, jejich přesnost však bude udivující. Budou schopny zaznamenat vibrace velikosti jedné setiny průměru jednoho atomu. Zachytí tak gravitační vlnu ze vzdálenosti devět miliard světelných let, budou tudíž schopny pokrýt většinu viditelného vesmíru.

LISA má potřebnou citlivost, aby rozlišila několik různých „před-třeskových“ scénářů. Jedním z nejživějších témat dnešní teoretické fyziky je výpočet charakteristik vesmíru před třeskem. Inlace je v současnosti schopna velmi uspokojivě vysvětlit vývoj vesmíru, jakmile velký třesk nastal. Neumí však vysvětlit, proč k němu vůbec došlo. Cílem je užít spekulativních modelů éry před třeskem k výpočtu gravitačního záření uvolněné při třesku. Každá z různých „předtřeskových“ teorií vede k různým předpovědím. Gravitační záření třesku předpovězené na základě teorií „velkého plácnutí“ se liší od záření vyplývajícího z některých inflačních teorií, a tak by LISA mohla některé z nich vyloučit. Tyto „předtřeskové“ modely zřejmě nelze otestovat přímo, neboť to by vyžadovalo porozumění vesmíru před stvořením času

samého, nepřímo je však ověřit lze, protože každý z nich vede k jinému tvaru radiačního spektra, které vznikne následkem velkého třesku.

Fyzik Kip Thorne píše: „Někdy mezi lety 2008 a 2030 budou objeveny gravitační vlny ze singularity velkého třesku. Tak začne éra trvající nejméně do roku 2050 ... Toto úsilí odhalí podrobné detaily singularity velkého třesku a tím ověří, že některá z verzí strunové teorie je správnou kvantovou teorií gravitace.“

Pokud LISA nebude umět rozhodnout mezi různými „předtřeskovými“ teoriemi, její pokračovatel BBO už toho patrně schopen bude. BBO bude spuštěn někdy okolo roku 2025. BBO („Pozorovatel velkého třesku“) bude schopen vyhledat ve vesmíru všechny dvojhvězdy, kde jedna ze složek je neutronová hvězda nebo černá díra s hmotností menší než tisícinásobek hmotnosti Slunce. Jeho hlavním úkolem však bude zkoumat gravitační vlny vyzařené během inflační fáze velkého třesku. V tomto smyslu je BBO určen k prověření předpovědí inflační teorie velkého třesku.

Konstrukcí je BBO poněkud podobný jako LISA. Bude se skládat ze tří družic společně obíhajících Slunce, vzájemně vzdálených na 50 000 km (tedy v mnohem sevřenější formaci než družice LISA). Každá z nich bude vysílat 300wattový laserový paprsek. BBO bude schopen zkoumat gravitační vlny s frekvencemi nacházejícími se mezi frekvencemi, které zachytávají LIGO a LISA a vyplní tak důležitou mezeru. (LISA zaznamenává gravitační vlny v rozsahu 10 až 3000 hertzů, zatímco LIGO je citlivý na frekvence od 10 mikrohertzů do 10 milihertzů. BBO obsáhne oba tyto rozsahy.)

Thorne píše: „K roku 2040 už budeme mít zákony [kvantové gravitace], z nichž vyplynou velmi věrohodné odpovědi na mnoho hlubokých a záhadných otázek, včetně ... Co bylo před singularitou velkého třesku, nebo bylo vůbec něco jako ‚před tím‘? Jsou i jiné vesmíry? A pokud ano, jak se podobají tomu našemu, či jak s ním souvisejí? ... Umožňují fyzikální zákony vysoce rozvinutým civilizacím vytvořit a udržet červí díry pro mezihvězdné cesty a postavit stroje času pro cestu zpátky časem?“

Z toho všeho plyne, že v několika příštích desetiletích bude přísun dat z kosmických detektorů gravitačních vln takového charakteru, že to umožní srovnat různé „předtřeskové“ teorie.

Konec vesmíru

Básník T. S. Eliot položil otázku: Skončí vesmír s velkou ranou, nebo to jen zakňourá? Robert Frost se ptá: Zajdeme všichni v ohni, nebo v ledu? Po-

slední zjištění ukazují na to, že vesmír zanikne ve velkém mrazu, kdy se teploty přiblíží absolutní nule a veškerý inteligentní život vyhasne. Můžeme si tím ovšem být jisti?

Byla vyslovena i další „nezodpověditelná“ otázka: Jak vůbec můžeme zjistit konečný osud vesmíru, když tato událost leží biliony a biliony let v budoucnosti? Vědci jsou přesvědčeni, že „temná energie“ nebo energie vakua od sebe odtlačuje galaxie čím dál rychleji, takže se zdá, že vesmír je ve stavu expanze. Toto rozpínání vesmíru sníží jeho teplotu a nakonec povede k velkému mrazu. Nebo je snad toto rozpínání jen dočasné? Mohlo by v budoucnosti změnit svůj směr?

Například podle teorie „velkého plácnutí“, která říká, že vesmír vznikne srážkou mezi dvěma membránami, se zdá, že membrány se mohou srážet pravidelně. Jestliže tomu tak je, pak rozpínání, které jakoby vede k velkému mrazu, je jen dočasným stavem, který časem obrátí směr.

Současné zrychlující se rozpínání vesmíru pohání temná energie, která je sama zřejmě důsledkem „kosmologické konstanty“. Klíčem je tedy porozumět této záhadné konstantě, nebo energii vakua. Mění se konstanta v čase, nebo je opravdu konstantní? V současnosti si nikdo není jist. Z dat družice WMAP víme, že tato kosmologická konstanta patrně pohání současné zrychlené rozpínání vesmíru, nevíme však, zda je stálá, nebo ne.

Jedná se vlastně o starý problém, datovaný rokem 1916, kdy Einstein kosmologickou konstantu zavedl. Bezprostředně poté, co předchozího roku předložil obecnou teorii relativity, vypracoval její kosmologické důsledky. Ke svému překvapení zjistil, že vesmír je dynamický, že se buď rozpíná, nebo smršťuje. Zdálo se ovšem, že to odporuje pozorování.

Einstein tak narazil na Bentleyho paradox, který trápil již Newtona. V roce 1692 napsal reverend Richard Bentley Newtonovi nevinný dopis s ohromující otázkou. Bentley se ptal: Když je Newtonova gravitace vždy přitažlivá, jak je tedy možné, že se vesmír do sebe nezhroutí? Jestliže se vesmír skládá z konečného počtu hvězd, které se vzájemně přitahují, pak se hvězdy setkají a vesmír se zhroutí do ohnivé koule! Newtona dopis hluboce znepokojil, protože poukazoval na klíčovou slabinu jeho teorie gravitace: Každá teorie gravitace, která je přitažlivá, je ve své podstatě nestabilní. Každý konečný soubor hvězd se vlivem gravitace nezbytně zhroutí do sebe.

Newton odepsal, že jediný způsob, jak vytvořit stabilní vesmír, je mít nekonečný a stejnorodý soubor hvězd, kde každá hvězda je přitahována na

všechny strany, takže se všechny síly vzájemně vykompenzují. Bylo to chytré řešení, ovšem Newton byl natolik schopný, že si uvědomoval, že taková stabilita je klamná. Každý sebemenší otřes by způsobil, že se celý vesmír zhroutí jako domeček z karet. Vesmír je „metastabilní“, tedy dočasně stabilní, dokud nejmenší vychýlení nezpůsobí, že se všechno zhroutí. Newton došel k závěru, že je zapotřebí Bůh, aby hvězdy pravidelně trochu postrkoval, a vesmír se nezhroutil.

Jinými slovy, Newton viděl vesmír jako obrovský hodinový stroj, natažený Bohem na začátku časů a řídicí se Newtonovými zákony. Od té doby automaticky tiká téměř bez božského zásahu. Podle Newtona však bylo potřeba, aby Bůh jednou za čas do hvězd malinko strčil, jinak by vesmír zanikl v ohnivě kouli.

Když Einstein roku 1916 narazil na Bentleyho paradox, ukazovaly mu jeho rovnice zcela správně, že vesmír je dynamický - buď se rozpíná, nebo smršťuje - a statický vesmír je nestabilní a vlivem gravitace by se zhroutil. Tehdejší astronomové však trvali na tom, že vesmír je statický a neměnný. Einstein se tedy sklonil před měřeními astronomů a přidal kosmologickou konstantu, antigravitační sílu, která hvězdy od sebe odpuzuje a tak vyvažuje gravitační přitažlivost, která by jinak způsobila zhroucení vesmíru. (Tato antigravitační síla odpovídá energii obsažené ve vzduchoprázdnu. Podle této představy dokonce i nesmírná prázdnota prostoru obsahuje velké množství neviditelné energie.) Konstantu by bylo nutno zvolit velmi pečlivě, aby přesně vyvažovala přitažlivé působení gravitace.

Později, když roku 1929 Edwin Hubble ukázal, že vesmír se fakticky rozpíná, Einstein řekl, že kosmologická konstanta byla jeho „největší chybou“. Ovšem nyní, o dalších 70 let později, se zdá, že Einsteinova „chyba“, jeho kosmologická konstanta, je možná největším zdrojem energie ve vesmíru a tvoří 73 % jeho hmoty-energie. (Pro srovnání vyšší prvky, z nichž se skládají naše těla, tvoří jen 0,03 % vesmíru.) Einsteinova chyba patrně určí vesmíru jeho konečný osud.

Odkud se ale tato kosmologická konstanta bere? To v současnosti nikdo neví. Na počátku času snad byla antigravitační síla natolik silná, že způsobila rozpínání, inflaci vesmíru, čímž vznikl velký třesk. Pak náhle z neznámých důvodů zmizela. (Vesmír se během této doby stále ještě rozpínal, ovšem pomaleji.) Poté, zhruba osm miliard let po velkém třesku, se antigravitační síla opět zjevila, odtlačuje galaxie od sebe a způsobuje, že se nyní vesmír zrychlujícím se tempem opět rozpíná.

Je tedy „nemožné“ určit konečný osud vesmíru? Možná že ne. Podle většiny fyziků určí s konečnou platností velikost kosmologické konstanty kvantové efekty. Při prostém výpočtu s použitím primitivní verze kvantové teorie vyjde kosmologická konstanta nesprávně o 120 řádů, což je vůbec největší nesoulad teorie s realitou v dějinách vědy.

Mezi fyziky ovšem také panuje shoda v tom, že tato anomálie jednoduše znamená, že potřebujeme teorii kvantové gravitace. Ke kosmologické konstantě se dospívá přes kvantové korekce, a tak je třeba mít teorii všeho – teorii, která nám dovolí spočítat nejen standardní model, ale i hodnotu kosmologické konstanty, čímž se určí konečný osud vesmíru.

Teorie všeho je tedy nutná pro zjištění konečného osudu všehomíra. Určitý problém je pak v tom, že podle některých fyziků je dosažení teorie všeho nemožné.

Teorie všeho?

Jak jsem se již dříve zmínil, je dnes předním kandidátem na „teorii všeho“ strunová teorie. Otázka, zda teorie strun tato očekávání může splnit, však dělí fyziky na několik táborů. Na jedné straně píší lidé jako profesor Max Tegmark z MIT: „Myslím, že roku 2056 si budete moci koupit tričko s natištěnými rovnicemi sjednocených fyzikálních zákonů našeho vesmíru.“ Na druhé straně stojí rostoucí skupina přesvědčených kritiků, kteří tvrdí, že úspěch strun se teprve musí dostavit. Bez ohledu na to, kolik vzniká na téma teorie strun nadšených článků nebo televizních pořadů, je třeba, aby přišla s jediným ověřitelným faktem. Kritikové ji spíše považují za teorii ničeho než teorii všeho. Debata se značně přiosvětila roku 2002, když Stephen Hawking přešel na druhou stranu, odvolal se na větu o neúplnosti a řekl, že teorie všeho by mohla dokonce být matematicky nedokazatelná.

Nepřekvapuje, že v této debatě stojí fyzikové proti fyzikům, vždyť jde o mnoho. Snaha sjednotit všechny přírodní zákony dráždila a lákala jak filozofy, tak fyziky po tisíciletí. Sám Sokratés jednou řekl: „Znát vysvětlení, proč vše vzniká, proč vše zaniká a proč vše je, se mi zdá být nejvyšší metou.“

První vážný pokus o teorii všeho pochází z doby kolem roku 500 př. Kr., kdy se řeckým pythagorejcům připisuje rozluštění matematických zákonů hudby. Zkoumali uzly a kmity na struně lyry a ukázali, že hudba splňuje pozoruhodně jednoduché matematické zákonitosti. Dále spekulovali, že celá příroda by se dala vysvětlit na základě harmonických kmitů struny lyry. (V jistém smyslu se strunová teorie ke snům pythagorejců vrací.)

V moderních dobách zkusili téměř všichni velikáni fyziky dvacátého století své štěstí se sjednocenou teorií pole. Jak upozorňuje Freeman Dyson, „půda fyziky je pokryta mrtvolami sjednocených teorií“.

Roku 1928 vyšel v *New York Times* senzační titulek: „Einstein na prahu velkého objevu; odmítá zvědavce.“ Novinová zpráva nastartovala médii přiživovanou honbu za teorií všeho, která nabyla obludných proporcí. Titulky hlásaly: „Einstein užaslý ze vzruchu kolem teorie. Stovka novinářů v pohotovosti.“ Kolem jeho berlínského bytu kroužily tucty novinářů a držely stálou službu v naději, že génia zahlédnou a přijdou se skvělým titulkem. Einstein byl nucen se skrývat.

Astronom Arthur Eddington Einsteinovi napsal: „Jistě vás pobaví, že jeden z našich velkých londýnských obchodních domů (Selfridges) vystavil ve své výloze Váš článek (všech šest stránek nalepených vedle sebe), takže si ho kolemjdoucí mohou přečíst. Shromažďují se kolem něj davy čtenářů.“ (Roku 1923 předložil Eddington svou vlastní sjednocenou teorii pole, na níž pak usilovně pracoval po zbytek života až do své smrti roku 1944.)

Roku 1946 svolal Erwin Schrödinger, jeden ze zakladatelů kvantové mechaniky, tiskovou konferenci, aby předložil svou sjednocenou teorii pole. Přišel dokonce i irský předseda vlády Eamon de Valera. Když se Schrödingera jeden z reportérů zeptal, co bude dělat, když se ukáže, že teorie je chybná, odpověděl: „Jsem přesvědčen, že mám pravdu. A pokud ne, budu vypadat jako pěkný blázen.“ (Schrödinger byl pokořen, když Einstein zdvořile poukázal na chyby v jeho teorii.)

Nejostřejším kritikem sjednocení byl fyzik Wolfgang Pauli. Dobíral si Einsteina: „Co Bůh rozdělil, člověk nespojuje.“ Nemilosrdně odmítal nedomyšlené teorie výrokem: „Není to dokonce ani špatně.“ Je ironií, že i velký cynik Pauli se nakazil touto horečkou. V padesátých letech přišel s Wernerem Heisenbergem s vlastní sjednocenou teorií pole.

Roku 1958 předložil Pauli na Kolumbijské univerzitě Heisenbergovu-Pauliho sjednocenou teorii. Mezi posluchači byl i Niels Bohr, kterého teorie nijak neoslnila. Vstal a řekl: „My tady vzadu jsme všichni přesvědčení, že vaše teorie je šílená. Neshodneme se však na tom, zda je dostatečně šílená.“ Byla to ničující kritika. Všechny zřejmé teorie již byly prozkoumány a odmítnuty, a tak musí být skutečná sjednocená teorie pole oslňujícím rozloučením s minulostí. Heisenbergova-Pauliho teorie byla zkrátka příliš konvenční, příliš obyčejná, příliš rozumná, aby byla ta pravá. (V témže roce Pauliho znepokojilo, když Heisenberg v rozhlasovém pořadu prohlásil, že v jejich teorii

už chybí jen několik technických detailů. Pauli poslal příteli dopis s prázdným obdélníkem s titulkem: „Toto ukazuje světu, že maluji jako Tizian. Chybí jen technické detaily.“)

Kritika teorie strun

Dnes je předním (a jediným) kandidátem na teorii všeho teorie strun. Opět však došlo k rozdělení na několik táborů. Oponenti říkají, že abyste získal stálé místo na přední univerzitě, musíte pracovat na teorii strun. Když ne, budete nezaměstnaný. Je to okamžitý trend, a to není pro fyziku dobře.

Musím se usmívat, když tuto kritiku slyším, protože stejně jako veškeré lidské snažení, i fyzika má své trendy a módy. Úspěch velkých teorií, zejména na samé hranici pokroku lidského vědění, podléhá vzestupům a pádům jako cokoli jiného. Před několika lety bylo všechno naopak: teorie strun byla vyvržencem, obětí jiných trendů.

Teorie strun se zrodila, když roku 1968 narazili dva mladí vědci, Gabriel Veneziano a Mahiko Suzuki, na vzorec, který se zdál popisovat srážky jaderných částic. Rychle se ukázalo, že tento skvělý vzorec lze odvodit ze srážky dvou kmitajících strun. Roku 1974 bylo po teorii. Obrem drtícím všechny ostatní teorie byla nová teorie, kvantová chromodynamika (QCD) neboli teorie kvarků a silné interakce. Lidé v zástupech opouštěli teorii strun, aby pracovali na QCD. Všechny finanční zdroje, místa i uznání se přesunuly k fyzikům pracujícím na kvarkovém modelu.

Na tato temná léta si pamatuji velmi dobře. Pouze pošetilci a tvrdohlavci dále pracovali na teorii strun. A když se ukázalo, že tyto struny mohou kmitat jen v deseti rozměrech, stali se terčem vtipů. Když se ve výtahu na Caltechu potkal průkopník teorie strun John Schwarz s Richardem Feynmanem, ptal se ho vtipálek Feynman: „No tak, Johne, kolik máte dneska dimenzí?“ Žertovali jsme, že jediné místo, kde se najdou odborníci na strunovou teorii, je fronta na úřadu práce. (Laureát Nobelovy ceny Murray Gell-Mann, zakladatel kvarkového modelu, se mi jednou svěřil, že se mu strunových teoretiků zželelo a proto na Caltechu nechal vytvořit „přírodní rezervaci pro ohrožené odborníky teorie strun“, aby lidé jako Schwarz nepřišli o práci.)

Ke skutečnosti, že dnes tolik mladých fyziků spěchá, aby se připojili k práci na teorii strun, napsal Steve Weinberg: „Teorie strun dnes představuje jediný zdroj kandidátů na konečnou teorii – jak by kdokoli mohl čekat, že tolik z nejchytřejších mladých teoretiků na ní *nebude* pracovat?“

Je teorie strun neověřitelná?

Jednou z hlavních výtek vůči teorii strun dnes je, že ji nelze ověřit. Podle kritiků by bylo pro její ověření třeba nového urychlovače velkého jako celá galaxie.

Tato výtka však přehlíží skutečnost, že většiny vědeckých úspěchů se dosahuje nepřímo, nikoli přímo. Nikdo nikdy nenavštívil Slunce, aby provedl přímá měření, a přesto víme, že se skládá z vodíku, protože umíme analyzovat jeho spektrální čáry.

Nebo si vezměme černé díry. Teorie černých děr sahá zpět do roku 1783, kdy John Michell uveřejnil článek ve *Philosophical Transactions of the Royal Society*. Uvedl v něm, že hvězda by mohla být tak hmotná, že „všechno světlo vyzářené takovým tělesem by se bylo nuceno díky jeho vlastní gravitaci vrátit zpět“. Michellova teorie „temné hvězdy“ byla stranou zájmu po staletí, protože nebylo možné ji ověřit přímo. Roku 1939 Einstein dokonce napsal článek, kde ukázal, že taková temná hvězda nemůže vzniknout přirozenou cestou. Kritika se nesla v tom smyslu, že takové temné hvězdy jsou ze své podstaty neověřitelné, protože jsou už z definice neviditelné. Přesto nám Hubbleův vesmírný teleskop podává skvělý důkaz o existenci černých děr. Podle dnešních poznatků by se jich miliardy mohly skrývat v jádrech vzdálených galaxií a tucty by se jich mohly potulovat po naší vlastní galaxii. Potíž je v tom, že důkazy pro jejich existenci jsou vesměs nepřímé; informace o černých dírách jsme totiž nashromáždili zkoumáním akrečních disků vířících kolem nich.

Kromě toho se řada „neověřitelných“ teorií nakonec ověřit dala. Od té doby, co Démokritos poprvé vyslovil myšlenku existence atomů, trvalo dva tisíce let, než se prokázala. Fyzikové devatenáctého století jako Ludwig Boltzmann byli uštváni k smrti za to, že této teorii věřili, a dnes máme krásné fotografie atomů. Sám Pauli zavedl roku 1930 pojem neutrina, částice tak nepolapitelné, že projde kusem olova o velikosti hvězdné soustavy, aniž by byla pohlcena. Pauli řekl: „Dopustil jsem se největšího hříchu; zavedl jsem částici, která nikdy nemůže být pozorována.“ Zaznamenat neutrino bylo po desetiletí „nemožné“, na hranici sci-fi. Dnes však s proudy neutrin pracujeme.

Ve skutečnosti existuje řada experimentů, o nichž fyzikové doufají, že poskytnou první nepřímé důkazy pro platnost strunové teorie:

- Nový velký urychlovač LHC by již mohl vytvářet „superčástice“, které jsou vyššími vibracemi předpovězenými teorií superstrun (a ovšem také jinými supersymetrickými teoriemi).

- Jak již bylo zmíněno, roku 2015 bude do vesmíru vypuštěna anténa LISA. LISA a její pokračovatel BBO by mohli být dostatečně citlivé, aby ověřili několik „předtřeskových“ teorií, včetně různých verzí teorie strun.
- Řada laboratoří zkoumá přítomnost vyšších rozměrů tak, že hledá odchylky od Newtonova slavného zákona o nepřímé úměrnosti přitažlivosti slábnoucí se čtvercem vzdálenosti na milimetrových vzdálenostech. (Jestliže existuje čtvrtý prostorový rozměr, pak by mělo gravitace ubývat nepřímo úměrně se třetí mocninou vzdálenosti, nikoli s druhou.) Podle poslední verze teorie strun, M-teorie, by rozměrů mělo být jedenáct.
- Mnoho laboratoří se snaží zaznamenat temnou hmotu, v jejímž proudu se naše Země pohybuje. Strunová teorie přináší zcela určité ověřitelné předpovědi fyzikálních vlastností temné hmoty, protože ta je patrně vyšší vibrací struny (např. fotino).
- Doufá se, že některé další experimenty (například s polarizací neutrin na jižním pólu) objeví existenci miniaturních černých děr a jiných podivných objektů skrze anomálie v kosmickém záření, jehož energie někdy mnohonásobně převyšuje energie dosahované v LHC. Experimenty s kosmickým zářením a v LHC otevřou nové vzrušující obzory za hranicí standardního modelu.
- Existuje také skupina fyziků, kteří se drží možnosti, že velký třesk byl tak výbušný, že se snad nepatrná superstruna nafoukla do astronomických rozměrů. Fyzik Alexander Vilenkin z Tuftsovy univerzity píše: „Možnost, že superstruny ... by mohly mít astronomické rozměry ... je velice vzrušující. Mohli bychom je pak pozorovat na obloze a teorii superstrun přímo otestovat.“ (Pravděpodobnost, že se najde obrovská reliktní superstruna, která se rozepnula během velkého třesku, je poměrně malá.)

Je fyzika neúplná?

Roku 1980 Stephen Hawking dále podnítil zájem o teorii všeho svou přednáškou nazvanou „Je konec teoretické fyziky v dohlednu?“, kde řekl: „Je docela možné, že úplná teorie bude k dispozici ještě za života některých z přítomných.“ Prohlásil, že je padesátiprocentní pravděpodobnost, že se konečná teorie najde během příštích dvaceti let. Když pak nastal rok 2000 a žádná shoda ohledně teorie všeho nenastala, změnil názor a řekl, že

padesátiprocentní pravděpodobnost má šance, že se teorie najde až během příštích dvaceti let.

Roku 2002 pak Hawking znovu změnil názor a prohlásil, že Gödelova věta o neúplnosti možná naznačuje, že v jeho původním uvažování byla zásadní chyba. Napsal: „Pokud se neobjeví konečná teorie formulovatelná jako konečný počet principů, budou někteří lidé velmi zklamaní. Patřil jsem k tomuto táboru, avšak změnil jsem názor ... Gödelova věta zajistila, že matematikům nikdy nedojde práce. Myslím, že M-teorie udělá totéž pro fyziky.“

Jeho argument není nový: Matematika je neúplná, a protože jazykem fyziky je matematika, budou vždy existovat pravdivé fyzikální výroky, které budou navždy mimo náš dosah, a z toho důvodu je teorie všeho nedosažitelná. Věta o neúplnosti pohřbila řecký sen o tom, že se dokážou všechny pravdivé matematické výroky, a také posouvá teorii všeho navždy tam, kam nedosáhneme.

Freeman Dyson to řekl výmluvně takto: „Gödel dokázal, že svět čisté matematiky je nevyčerpatelný; žádný konečný soubor axiomů a odvozovacích pravidel nemůže nikdy obsáhnout celou matematiku ... Věřím, že ve světě fyziky vládne obdobná situace. Pokud je moje představa o budoucnosti správná, znamená to, že svět fyziky a astronomie je též nevyčerpatelný; jakkoli budeme pokračovat dál do budoucnosti, budou se dít vždy nové věci, budou přicházet nové informace, otevírat se nové světy, stále se bude rozšiřovat obor znalostí o životě, vědomí a paměti.“

Astrofyzik John Barrow shrnuje tuto logiku následovně: „Věda je založena na matematice; matematika nemůže odhalit všechny pravdy; proto ani věda nemůže odhalit všechny pravdy.“

Tato argumentace může, ale nemusí být správná, jsou tu totiž potenciální zádrhele. Profesionální matematikové povětšinou při své práci větu o neúplnosti ignorují. To proto, že začíná zkoumáním výroků, které jsou samovztažné, vztahují se samy k sobě. Existují kupříkladu paradoxní výroky jako tyto:

Tento výrok neplatí.

Jsem lhář.

Tento výrok nelze dokázat.

V prvním případě, pokud výrok platí, znamená to, že zároveň neplatí. Jestliže neplatí, pak platí. Podobně, jestliže říkám pravdu, pak lžu; a jestliže lžu,

pak říkám pravdu. V posledním případě, pokud je výrok pravdivý, pak nedá se dokázat.

(Druhý z výroků je slavný paradox Kréťana. Krétský filosof Epimenides na tento paradox poukázal slovy: „Všichni Kréťané jsou lháři.“ Svatý Pavel ovšem nepochopil pointu a napsal ve své Epištole Titovi: „Jeden ze samotných krétských proroků to řekl: ‚Kréťané vždy lžou, jsou to zlí surovci, líní požitkáři.‘ Skutečně mluvil pravdu.“)

Věta o neúplnosti vychází z výroků jako „Tento výrok se jen s použitím axiomů aritmetiky nedá dokázat“ a vytváří umnou síť takových samovztažných paradoxů.

Hawking však užívá věty o neúplnosti, aby ukázal, že teorie všeho nemůže existovat. Tvrdí, že klíčem ke Gödelově větě o neúplnosti je, že matematika je samovztažná, a fyzika trpí tímž neduhem. Nelze oddělit pozorovatele od procesu pozorování, a to znamená, že fyzika se vždy bude vztahovat sama na sebe, neboť nemůžeme opustit vesmír. Konec konců, pozorovatel se též skládá z atomů a molekul, a tak je nedílnou součástí experimentu, který sám provádí.

Je ovšem cesta, jak se Hawkingově kritice vyhnout. Aby se vyhnuli paradoxům spojeným s Gödelovou větou, profesionální matematikové dneška jednoduše prohlásí, že jejich práce se netýká žádných samovztažných výroků. Pak mohou větu o neúplnosti obejít. Do značné míry se explozivního vývoje matematiky od Gödelových dob dosáhlo prostým ignorováním věty o neúplnosti, tedy tak, že se prohlásilo, že dnešní práce neobsahují samovztažné výroky.

Stejným způsobem by mohlo být možné zkonstruovat teorii všeho schopnou vysvětlit každý známý experiment nezávislý na dichotomii pozorovatel-pozorování. Kdyby taková teorie všeho uměla vysvětlit všechno od původu velkého třesku až po viditelný vesmír kolem nás, pak je už jen akademickou otázkou, jak popíšeme interakci mezi pozorovatelem a pozorovaným. Jedním z kritérií pro teorii všeho by dokonce mělo být, že její závěry jsou naprosto nezávislé na tom, jak provedeme oddělení pozorovatele od pozorovaného.

Dále, příroda může být nevyčerpatelná a bezmezná, dokonce i přesto, že je založena jen na několika principech. Všimněme si šachové partie. Požádejme mimozemšťana, aby odvodil šachová pravidla jen z jejího pozorování. Za chvíli zjistí, jak táhnou pěšci, střelci a králové. Pravidla hry jsou konečná a jednoduchá. Ovšem počet možných partií je vpravdě astronomický.

Stejným způsobem by pravidla přírody mohla být také konečná a jednoduchá, a přesto by použití těchto pravidel mohlo být nevyčerpatelné. Naším cílem je tato pravidla najít.

V určitém smyslu už máme úplnou teorii mnoha jevů. Nikdo nikdy nenašel defekt na Maxwellových rovnicích pro světlo. Standardnímu modelu se často říká „teorie téměř všeho“. Předpokládejme na okamžik, že můžeme vyloučit gravitaci. Pak se ze standardního modelu stává naprosto rozumná teorie všech jevů kromě gravitace. Není hezká, ale funguje. I vzhledem k existenci věty o neúplnosti máme naprosto rozumnou teorii všeho (kromě gravitace).

Pro mne je vpravdě pozoruhodné, že lze na jediný arch papíru zapsat všechny známé fyzikální zákony platné přes čtyřicet tři velikostní řády, od nejvzdálenějších končin kosmu vzdálených přes 10 miliard světelných let až po mikrosvět kvarků a neutrin. Na tomto archu papíru by byly jen dvě rovnice, Einsteinova teorie gravitace a standardní model. Pro mne je z toho zřejmá zásadní jednoduchost a harmonie přírody na nejzákladnější úrovni. Vesmír by mohl být perverzní, náhodný a náladový. A přece se jeví jako celistvý, koherentní a krásný.

Laureát Nobelovy ceny Steve Weinberg srovnává naše úsilí o teorii všeho s hledáním severního pólu. Po staletí pracovali staří námořníci s mapami, kde severní pól nebyl. Všechny střelky kompasů a náčrty ukazovaly směrem na tento chybějící kus mapy, byť severní pól nikdo nikdy ve skutečnosti ne navštívil. Stejným způsobem ukazují všechna naše data i teorie na teorii všeho. Je to chybějící kousek našich rovnic.

Vždy budou existovat věci mimo náš dosah, věci, které nebudeme schopni prozkoumat (jako je přesná pozice elektronu nebo svět ležící za hranicí rychlosti světla). Základní zákony jsou ovšem, jak jsem přesvědčen, poznatelné a konečné. A léta, na jejichž prahu stojíme, by mohla být nejvíce vzrušující ze všech, protože zkoumáme vesmír pomocí nové generace urychlovačů částic, ve vesmíru umístěných detektorů gravitačních vln a jiných technologií. Nejsme na konci, ale na samém začátku nové fyziky. Ať však najdeme cokoli, vždy nás budou očekávat nové horizonty.

POZNÁMKY

PŘEDMLUVA

Str. 13 *Toto se stalo několikrát ...* Důvodem je kvantová teorie. Přičteme-li k teorii všechny možné kvantové korekce (tento zdlouhavý proces se nazývá „renormalizace“), zjistíme, že všechny jevy, které byly klasickou fyzikou zapovězeny, znovu vstoupí do výpočtu. To znamená, že cokoli není výslovně zakázáno (například nějakým zákonem zachování), se při započtení kvantových korekcí do teorie vrátí.

2. NEVIDITELNOST

Str. 33 *Neviditelnost hraje ústřední roli v Platónově teorii...* Platón napsal: „Nuže kdyby byly takové prsteny dva a jeden z nich by si nastrčil člověk spravedlivý, druhý nespravedlivý, nebyl by asi, jak se zdá, nikdo tak ze železa, aby setrval ve spravedlnosti a měl dost síly zdržovati se cizího majetku a nedotýkati se ho, i když by mu bylo volno například z trhu si bez bázně bráti, cokoli by chtěl, i vcházeť do domů a obcovati, s kýmkoliv by chtěl, i zabíjeti a z pout vyprošťovati, kohokoliv by chtěl, i ostatní věci na světě dělati jako nějaký bůh. ... Jistě každý člověk si myslí, že nespravedlnost jest jednotlivci mnohem užitečnější než spravedlnost, a má pravdu, jak uzná každý, kdo o této otázce mluví, neboť kdyby někdo dosáhl takové volnosti a přece se nikdy neodhodlal spáchat nějaké bezpráví, ani se nedotkl cizího majetku, každý z lidí jej pozorujících by si o něm pomyslel, že to jest veliký ubožák a pošetilec...“

Str. 36 *Bývalý technologický šéf Microsoftu Nathan Myhrwold...* Nathan Myhrwold, časopis *New Scientist*, 18. listopadu 2006, str. 69.

Str. 38 *Proto nyní odmítá udávat...* Josie Glausiuszová, Časopis *Discover*, listopad 2006.

Str. 40 *„Tato čočka by dosahovala...“*

“Metamaterials found to work for visible light,” (Metamateriály pro viditelné světlo) Eurekaalert. www.eurekaalert.org/pub_releases/2007-01, 2007. Též časopis *New Scientist*, 18. prosince 2006.

3. FAZERY A HVĚZDY SMRTI

Str. 48 *Během 2. světové války experimentovali nacisté...* Nacisti též vyslali do Indie tým, který měl prozkoumat některá tvrzení z hinduistické mytologie (obdobnou zápletku má film *Indiana Jones a dobyvatelé ztracené archy*). Zajímali se především o *Mahábháratu*, epos, v němž jsou popsány podivuhodné mocné zbraně, včetně létajících strojů.

Str. 48 *Zbraně založené na zaostřených světelných svazcích...* Filmy jako tento též rozšířily řadu mylných představ o laserech. Laserové paprsky jsou ve skutečnosti neviditelné, pokud je nerozptylují částičky prachu ve vzduchu. Takže když se Tom Cruise musel ve filmu *Mission Impossible* proplétat bludištěm laserových paprsků, měly být neviditelné, nikoli červené. Také v mnoha bitvách s paprs-

kovými zbraněmi vidíte, jak laserový pulz letí místností, což je ve skutečnosti nemožné, neboť laserové světlo se šíří rychlostí světla (300 000 km/s).

Str. 49 *O Einsteinovi napsal: „To, že někdy přestřelí...“ ... Asimov a Schulman, str. 124*

4. TELEPORTACE

Str. 63 *Nejstarší zmínky o teleportaci nacházíme již... Nejlépe zaznamenaný případ teleportace vypovídá o událostech 24. října 1593, kdy se Gil Perez, strážce guvernérského paláce v Manile na Filipínách, náhle objevil na hlavním náměstí v Mexico City. Omámeného a dezorientovaného muže zatkly mexické úřady, které se domnívaly, že se spolčil s ďáblem. Když byl předveden před nejsvětější inkviziční tribunál, jediné, co byl schopen uvést na svou obranu, bylo, že zmizel z Manily do Mexika „rychleji, než zakokrhá kohout“. (Historické zprávy o této příhodě jsou dosti nevěrohodné a historik Mike Dash si všiml, že nejranější záznam o Perezově zmizení pochází z doby o sto let později a nedá se mu tudíž zcela věřit.)*

Str. 64 *Sir Arthur Conan Doyle, který se proslavil příběhy Sherlocka Holmese... Doylovo rané dílo bylo pověstné svým metodickým a logickým uvažováním, typickým pro lékařskou profesi, jak je vidět na skvělých dedukcích Sherlocka Holmese. Proč se tedy Doyle rozhodl náhle odvrátit od chladné racionální Holmesovy logiky k intuitivním, drásavým příběhům profesora Challengera, jenž se nořil do zakázaných světů mysticismu, okultismu a hraničních vědních oborů? Autora hluboce ovlivnila náhlá a nečekaná smrt několika blízkých příbuzných v první světové válce, včetně milovaného syna Kingsleyho, bratra, dvou švagrů a dvou synovců. Jejich ztráta ho hluboce a trvale poznamenala.*

Tato tragická úmrtí Doylea deprimovala a on podlehl doživotní fascinaci okultním světem, snad dokonce i věřil, že bude s mrtvými moci komunikovat prostřednictvím spiritistických seancí. Náhle se od racionální lékařské vědy odklonil k mysticismu a po celém světě konal populární přednášky o nevysvětlených psychických jevech.

Str. 67 *Zákon pro tuto nejistotu nakonec objevil Heisenberg. Přesněji řečeno, Heisenbergův princip neurčitosti říká, že součin neurčitosti v poloze částice a neurčitosti v jejím momentu musí být roven nebo větší než Planckova konstanta dělená 2π . Jinými slovy, součin neurčitosti v energii částice a její neurčitosti v čase musí též být roven nebo větší než Planckova konstanta dělená 2π . Necháme-li Planckovu konstantu blížit se nule, redukuje se princip na obvyklou newtonskou teorii, kde jsou všechny neurčitosti nulové.*

Skutečnost, že nemůžeme znát pozici, moment, energii ani čas elektronu, přiměl Tryggviho Emilssona, aby zavtipkoval: „Historikové dospěli k závěru, že Heisenberg musel uvažovat o svém milostném životě, když objevil princip neurčitosti: Když nastal čas, neměl energii - a když byl v pořádku moment, nemohl se rozhodnout pro pozici.“

Str. 67 *„Já sám jsem přinejmenším přesvědčen, že Bůh nehraje kostky.“ Kaku, Einsteinův vesmír, str. 127.*

Str. 68 *Když Einstein později litoval nepopíratelného experimentálního úspěchu kvantové teorie, napsal... Asimov a Schulman, str. 211.*

Str. 70 *Vše se změnilo v roce 1993, kdy vědci z IBM pod vedením Charlese Bennetta ukázali... Předpokládejme na okamžik, že makroskopické objekty, včetně lidí, lze teleportovat. To vede k choulostivým filozofickým a teologickým otázkám ohledně existence „duše“. Jste-li teleportován, následuje vás též vaše duše?*

Některé z těchto etických otázek se zkoumaly v povídce Jamese Patricka Kellyho *Nauč se myslet jako dinosaurus*. V tomto příběhu je žena teleportována na jinou planetu, při přenosu však dojde k potížím. Místo aby původní tělo bylo zničeno, zůstane nedotčené, včetně všech emocí. Najednou existují dvě kopie téže osoby. Když je jedna z nich vyzvána, aby vstoupila do teleportačního stroje za účelem zničení, přirozeně odmítne. To způsobí problém, protože chladnokrevní mimozemšťané, kteří potřebnou technologii dodali, vidí ve snaze „nastolit v rovnici rovnováhu“ čistě účelovou záležitost, zatímco citlivější lidé mají pro její osud pochopení.

Ve většině příběhů je teleportace považována za dar z nebes. Avšak v povídce Stephena Kinga *Jaunt* (Výlet) autor zkoumá, co se stane, když má teleportace nebezpečné vedlejší účinky. V budoucnosti je teleportace všední záležitostí a říká se jí důvěrně „výlet“. Těsně před tím, než je hlavní hrdina sám teleportován na Mars, vysvětluje svým dětem zajímavou historii teleportačního zařízení, které jeho objevitel původně používal k teleportaci myši. Zjistil však, že teleportaci přežily jediné ty, které byly předem uspány. Myši, které byly teleportovány v bdělém stavu, umíraly hroznou smrtí. Proto bývají před teleportací uspáni i lidé. Jediný, kdo byl kdy teleportován při vědomí, byl odsouzený zločinec, je- muž slíbili úplnou amnestii, pokud se pokusu podvolí. Ovšem po teleportaci utrpěl těžký srdeční záchvat a jeho poslední slova byla „tam je věčnost“.

Syn vypravěče se naneštěstí po tomto fascinujícím příběhu rozhodne při teleportaci zadržet dech, aby neusnul. Výsledek je tragický, hoch náhle přijde o rozum. Jeho vlasy zbledají, oči zežloutnou věkem a chlapec si je snaží vyškrábat. Fyzická hmota je teleportována okamžitě, cesta mysli však trvá věčnost, čas se zdá nekonečný, a člověk zcela zešílí.

- Str. 71 *Eugene Polzik, jeden z výzkumníků, řekl: „Poprvé se zdařila kvantová teleportace...“* Curt Suplee, Top 100 Science Stories of 2006, Časopis *Discover*, prosinec 2006, str. 55.
- Str. 75 *„S trochou štěstí a díky nedávným pokrokům v teoretické oblasti...“* David Deutsch, Časopis *New Science*, 18. listopadu 2006, str. 69.

5. TELEPATIE

- Str. 78 *Kariéra řady kouzelníků a jasnovidců byla vlastně založena... Ohromující telepatické kousky lze předvést také při společenských příležitostech. Požádejte všechny přítomné, aby napsali na kousek papíru nějaké jméno, lístek zapečetili a vložili do klobouku. Poté vybíráte jednotlivé útržky z klobouku jeden po druhém a než je rozlepíte, nahlas přečtete jméno na nich napsané. Obecenstvo bude žasnout. Před jejich očima byla předvedena telepatie. Hlavně tímto trikem skutečně dosáhla řada kouzelníků slávy a bohatství.*

(Tajemství tohoto úžasného triku je následující. Vyjmete první papírek a tiše si ho přečtete, ovšem poté, co oznámíte, že jej přečíst nedovedete, neboť „psychický éter“ je zakalený. Vyjmete druhý papírek, avšak neotevřete jej a vyslovíte jméno přečtené na prvním papírku. Ten, kdo napsal ono první jméno, užasne, neboť si pomyslí, že jste je přečetl z druhého, zalepeného papírku. Nyní otevřete druhý papírek a tiše si jej přečtete. Vytáhnete třetí útržek a nahlas vyslovíte jméno z druhého papírku, a tak dále. Pokaždé, když vyslovujete nahlas jméno z papírku, vyslovujete obsah papírku předchozího.)

- Str. 79 *Čistí cizí myšlenky jsou v omezeném rozsahu schopni také hráči hazardních her... Duševní rozpoložení člověka lze zhruba určit sledováním přesné cesty, kterou*

vykoná oko, když si zkoumaná osoba prohlíží fotografii. Namíříme-li tenký paprsek světla na oční bulvu, lze promítnout odražený paprsek na stěnu. Vysledováním cesty vykonané tímto odraženým paprskem na stěně lze přesně zrekonstruovat, jak oko obrázků prohlíželo. (Například při prohlížení lidské tváře na obrázku pozorovatel obvykle rychle přechází mezi očima osoby, pak přejde k ústům a vrátí se k očím, a teprve poté si prohlédne zbytek obrázku.)

Při sledování pokusné osoby lze vypočítat velikost jejich zorniček a z toho určit, zda při prohlížení částí obrázku měla příjemné či nepříjemné myšlenky. Tak lze rozpoznat její pocity. (Vrah například zakouší silné pocity při pohledu na obrázek dějiště vraždy a zaměřuje se na místo, kde leželo tělo. To však zná jen on a policie.)

Str. 79 *První vědecký výzkum telepatie...* Mezi příslušníky Společnosti pro psychický výzkum byli Lord Rayleigh (laureát Nobelovy ceny), Sir William Crookes (vynálezce Crookesovy trubice používané v elektronice), Charles Richet (laureát Nobelovy ceny), americký psycholog William James a předseda vlády Arthur Balfour. Podporovali ji tak slavní lidé jako Mark Twain, Arthur Conan Doyle, Alfred Lord Tennyson, Lewis Carroll a Carl Jung.

Str. 79 *Jeden z badatelů spojených s touto společností...* Rhine se původně chtěl stát knězem, avšak během studií na univerzitě v Chicagu přešel na botaniku. Poté, co byl roku 1922 přítomen přednášce Sira Arthura Conana Doylea, který přednášel po celé zemi o komunikaci se zemřelými, začal být Rhine fascinován psychickými jevy. Později četl knihu *The Survival of Man (Přežití lidstva)* Sira Olivera Lodge, pojednávající o údajné komunikaci se zesnulými během seancí, což dále podnítilo jeho zájem. Současný stav spiritismu jej však neuspokojoval; pověst oboru kazily časté nepříjemné případy podvodů. Rhine svým osobním vyšetřováním také usvědčil z podvodu jisté médium, Margery Crandonovou, což mu přineslo hněv mnoha spiritualistů včetně Conana Doylea.

Str. 80 „Zbývá tedy pouze telepatické vysvětlení...“ Randi, str. 51

Str. 80 *Další testy ukázaly, že myši nemají naprosto žádné telepatické schopnosti...* Randi, str. 143

Str. 84 *Zvláště pozoroval neobyčejnou aktivitu...* *San Francisco Chronicle*, 26. listopadu 2001.

Str. 85 *Někteří odpůrci také tvrdí...* Pokud se omezená forma telepatie stane v budoucnu běžnou, vyvstanou nové právní a morální otázky. V mnoha zemích je nezákonné nahrávat telefonní rozhovor bez souhlasu účastníků, a stejně tak by mohlo být v budoucnu nezákonné zaznamenávat něčí myšlenky bez jeho souhlasu. Proti by se mohli postavit také bojovníci za lidská práva. Vzhledem k nejisté povaze lidských myšlenek nebudou patrně u soudu nikdy přípustné jejich záznamy. Ve filmu *Minority Report* s Tomem Cruisem se zkoumá etický problém, zda je možno někoho zatknout za zločin, který ještě nespáchal. V budoucnu by mohla vzniknout otázka, zda něčí úmysl spáchat zločin, prokázaný záznamem jeho myšlenek, může sloužit jako důkaz proti němu. Jestliže někomu hrozíme slovně, je to stejně závažné jako hrozit mu v myšlenkách?

Další pochybnosti vznikají ohledně vlád a bezpečnostních agentur, jimž nijak nezáleží na nějakých zákonech a získávají záznamy mozkových signálů bez vědomí dotčených osob. Bude to považováno za právně přípustné? Bylo by zákonné číst v mysli teroristy, aby se zjistily jeho plány? Bylo by v souladu se zákonem vkládat lidem do mysli falešné vzpomínky, abychom je oklamali? Ve filmu *Total Recall* s Arnoldem Schwarzeneggerem se opakovaně objevuje otázka, zda jsou

vzpomínky dané osobou reálné, nebo implantované. Věrohodnost našich vzpomínek se úzce dotýká samé podstaty naší identity.

Jak technika kráčí vpřed, vyvolávají objevivší se technologie nezbytně nové morální, právní a společenské otázky, jakkoli jsou pro nejbližší desetiletí spíše hypotetické. Na to, abychom si je vyjasnili, máme naštěstí spoustu času.

- Str. 86 „Jestliže však vám jde o tohle...“ Douglas Fox, Časopis *New Scientist*, 4. května 2006.
- Str. 87 *Přístroj by pak sice nebyl zdaleka tak zázračný...* *Science Daily*, www.sciencedaily.com, 9. dubna 2005
- Str. 88 *Tento postup je složitý a úmorný, protože je třeba pečlivě vyloučit náhodné vlny...* Cavelos, str. 184

6. PSYCHOKINEZE

- Str. 94 *Před Gellerovým příchodem do studia Randi Carsonovi poradil...* „Úžasný Randi“, znechucen tím, jak si profesionální kouzelníci cvičení v klamání důvěřivých posluchačů činí nárok na psychické síly a šidí tak důvěřivou veřejnost, se dal na dráhu odhalovatele podvodníků. Zejména si liboval v tom, že zopakoval každý jednotlivý kousek předvedený samozvanými médii. Úžasný Randi pokračuje v tradici velkého Houdiniho, kouzelníka, který se také pustil do druhé kariéry založené na odhalování podvodníků a šarlatánů, používajících svých eskamotérských dovedností, aby podvedli jiné ve svůj osobní prospěch. Randi se také chlubí, že dovede svými triky oklamat vědce. Říká: „Mohu jít do laboratoře a obrát libovolnou skupinu vědců o kalhoty.“
- Str. 96 *Zpráva rady se zabývala vytvořením budoucího „Prvního pozemního praporu“...* Cavelos, str. 240.
- Str. 96 *Zpráva došla k závěru, že „na základě výzkumu prováděného po dobu 130 let nelze vědecky prokázat...“* Cavelos, str. 240.
- Str. 97 *Nacvičil s nimi, jak měnit své mozkové vlny...* Philip Ross, *Scientific American*, září 2003.
- Str. 97 *Opice ... dokázaly posléze pouhou silou myšlenky řídit...* Miguel Nicolelis a John Chapin, *Scientific American*, říjen 2002.
- Str. 98 *„V ten okamžik jsem věděl, že se všechno pohne kupředu...“* Kyla Dunnová, Časopis *Discover*, prosinec 2006, str. 39.
- Str. 103 *Requicha ovšem připouští, že „sestavit strukturu skládající se z necelých padesáti atomů...“* Aristides A. G. Requicha, *Nanorobots*, <http://www.lmr.usc.edu/lmr/publications/nanorobotics>.

7. ROBOTI

- Str. 104 *dokonce slavný fyzik Roger Penrose z Oxfordu...* Profesor Penrose vyvozuje, že aby mohly vznikat myšlenky, musí v mozku docházet ke kvantovým efektům. Většina počítačových odborníků uvažuje tak, že každý neuron v mozku je možno reprezentovat jako složitou soustavu tranzistorů; mozek tedy lze redukovat na klasické zařízení. Mozek je vrcholně složitý, ovšem ve své podstatě se skládá z hromady neuronů, jejichž chování lze napodobit tranzistory. Penrose nesouhlasí. Tvrdí, že v buňce jsou struktury zvané mikrotubuly, které vykazují kvantové chování, takže mozek nelze nikdy zredukovat na prostou sbírku elektronických součástek.
- Str. 104 Colin McGinn z Rutgersovy univerzity je toho názoru, že umělá inteligence... Kaku, *Visions*, str. 95.

FYZIKA NEMOŽNÉHO

- Str. 110 *Steve Grand, ředitel ústavu Cyberlife, o těchto přístupech říká... Cavelos, str. 90.*
- Str. 110 *„Neuspěl, stejně jako jsem neuspěl já roku 1981 ve své doktorské disertaci.“ Rodney Brooks, Časopis New Scientist, 18. listopadu 2006, str. 60.*
- Str. 111 *„To neznamená, že Kasparov hluboce nepřemýšlí...“ Kaku, Visions, str. 65.*
- Str. 112 *Nepřekvapuje, že Lenatovým mottem je: „Intelligence rovná se deset milionů pravidel.“ Kaku, Visions, str. 65.*
- Str. 113 *„Mohli jsme se přetrhout, a nakonec jsme vytvořili jen slabý odvar toho, co se původně slíbilo...“ Bill Gates, Časopis Skeptic, sv. 12. č. 12, 2006, str. 35.*
- Str. 113 *„Dokonce i něco tak jednoduchého, jako rozeznat otevřené dveře od okna, může pro robota být pekelně obtížné.“ Bill Gates, Scientific American, leden 2007, str. 63.*
- Str. 114 *„Nikdo není schopen s jistotou říci, kdy – nebo jestli vůbec – tato oblast...“ Scientific American, leden 2007, str. 58.*
- Str. 116 *Hans Moravec říká: „Zcela inteligentních strojů dosáhneme...“ Kaku, Visions, str. 76.*
- Str. 117 *„Prosím, prosím, potřebuju to! Je to důležité...“ Kaku, Visions, str. 92.*
- Str. 117 *Neurolog Antonio Damasio z lékařské fakulty univerzity v Iowě... Cavelos, str. 98.*
- Str. 118 *„Počítačům to prostě nedojde.“ Cavelos, str. 101.*
- Str. 118 *Jak napsal ruský spisovatel Fjodor Michajlovič Dostojevskij ... Barrow, Teorie všeho, str. 187.*
- Str. 119 *„Naši následovníci užasnou, o jaké hromadě pseudovědeckých nesmyslů...“ Sydney Brenner, Časopis New Scientist, 18. listopadu 2006, str. 35.*
- Str. 121 *„Není vyloučeno, že se staneme domácími mazlíčky počítačů...“ Kaku, Visions, str. 155.*
- Str. 121 *„Až se to stane, naše DNA zjistí, že je bez práce...“ Kaku, Visions, str. 188.*
- Str. 121 *V delší perspektivě proto někteří navrhuji spojení uhlíkové a křemíkové technologie... To znamená, že naše mechanické výtvořby by nakonec mohly být klíčem k našemu dlouhodobému přežití. Jak říká Marvin Minsky: „My lidé nejsme konec přirozeného vývoje, takže jestliže svedeme vyrobit stroj chytrý jako člověk, budeme patrně umět vytvořit i takový, který je mnohem chytřejší. Budeme chtít, aby uměl to, co my neumíme.“ Kruglinski, The 100 Top Science Stories of 2006, str. 18.*
- Str. 121 *Ve vzdálené budoucnosti by nám roboti... Nesmrtelnost je samozřejmě něco, po čem člověk toužil od té doby, co lidé, jako jediní ve světě živočichů, začali uvažovat o své vlastní smrtelnosti. Woody Allen o nesmrtelnosti jednou řekl: „Nechci dosáhnout nesmrtelnosti svým dílem. Chci jí dosáhnout tím, že neumřu. Nechci žít dál v srdcích svých spoluobčanů. Raději bych žil dál ve svém bytě.“ Zejména Moravec je přesvědčen, že v daleké budoucnosti srosteme se svými výtvořbami a vytvoříme vyšší řád inteligence. To by vyžadovalo napodobit těch 100 miliard neuronů našeho mozku, z nichž každý je spojen snad s několika tisíci dalšími. (Ležíme na operačním stole, vedle nás leží robotická skořápka. Operace probíhá tak, že jakmile vyjmeme jeden neuron, v robotické schránce se vytvoří jeho křemíkový duplikát. S postupem času je každý jednotlivý neuron našeho těla nahrazen křemíkovým neuronem v robotovi, takže během operace zůstáváme při vědomí. Nakonec byl náš mozek postupně přenesen do robotické schránky a my byli svědkem celé té události. Jednoho dne zemřeme ve svém nemohoucím rozkládajícím se těle. Druhého dne se octneme v nesmrtelném těle, se stejnými vzpomínkami a stejnou osobností, aniž bychom ztratili vědomí.*

8. MIMOZEMŠŤANÉ A UFO

- Str. 127 *Seth Shostak, vedoucí astronom ústavu SETI, však stále věří... Jason Stahl, Časopis Discover, Top 100 Stories of 2006, prosinec 2006, str. 80.*

- Str. 130 „Je obtížné si představit, jak by něco takového život mohl přečkat,“ říká. Cavelos, str. 13.
- Str. 130 Francouzský astronom Dr. Jacques Lasker odhaduje, že... Cavelos, str. 12.
- Str. 131 „Jsme přesvědčeni, že život v podobě mikrobů...“ Ward a Brownlee, str. XIV.
- Str. 132 „Jsme první generací, která má reálnou šanci najít život na jiné planetě.“ Cavelos, str. 26.
- Str. 139 *Jak jsem vysvětloval ve svých předchozích knihách...* Obecně řečeno, i když místní jazyky a kultury budou dále prospívat v různých oblastech Země, vznikne planetární jazyk a kultura spojující kontinenty. Globální a místní kultura budou existovat současně. Tato situace již existuje s ohledem na elity všech společností. Jsou tu však také síly, které jdou proti tomuto přechodu k planetárnímu systému. Představují je teroristé, kteří si podvědomě, instinktivně uvědomují, že přechod k planetární civilizaci učiní toleranci a světský pluralismus ústředním bodem vznikající kultury, a tato vyhlídka je hrozbou pro ty, kdo se lépe cítí v minulém tisíciletí.

9. VESMÍRNÉ LODĚ

- Str. 146 *Matematik a filozof Bertrand Russell si jednou posteskl...* Kaku, *Hyperprostor*, str. 277
- Str. 164 „S flotilou člunů velikosti špendlíkové hlavičky...“ Gilster, str. 242.

10. ANTIHMOTA A ANTIVESMÍRY

- Str. 170 *Dr. Steven Howe z firmy Synergistics Technologies v Los Alamos...* NASA, <http://science.nasa.gov>, 12. dubna 1999.
- Str. 173 *Napsal: „Je důležitější mít ve svých rovnicích krásu, než aby odpovídaly experimentům...“* Cole, str. 225.

11. RYCHLEJI NEŽ SVĚTLO

- Str. 186 *Fyzik Matt Visser z washingtonské univerzity říká...* Cavelos, str. 137.
- Str. 186 *Sir Martin Rees, britský královský astronom, dokonce říká...* Kaku, *Paralelní světy*, str. 273.
- Str. 187 „Myslel jsem si, že by měl existovat způsob, jak těchto koncepcí použít...“ Cavelos, str. 151.
- Str. 187 „Za lodí by nebylo vidět nic – jen černo – protože světlo hvězd by se nepohybovalo dost rychle...“ Cavelos, str. 154.
- Str. 189 „Podél celé trasy by bylo zapotřebí celé série generátorů exotické hmoty...“ Cavelos, str. 154.
- Str. 191 „Prolítneš tímhle kouzelným prstencem a z ničeho nic...“ Kaku, *Paralelní světy*, str. 118.
- Str. 192 *Říká: „Potřebujete k tomu asi minus jednu hmotu Jupiteru...“* Cavelos, str. 145.
- Str. 192 „Ukáže se však také, že technologie na vytvoření červí díry...“ Hawking, str. 146.

12. CESTOVÁNÍ V ČASE

- Str. 197 *V románu Janus Equation (Janusova rovnice) se spisovatel G. Spruill zabývá jedním z mučivých problémů...* Nahin, str. 322.
- Str. 197 „Co se týče přítomnosti, kdyby přítomnost byla stále a nikdy se nestala minulostí...“ Pickover, str. 10.
- Str. 202 „My fyzikové jsme si uvědomili, že podstata času...“ Nahin, str. IX.
- Str. 202 *Jak řekl fyzik Richard Gott, „nemyslím, že jsou jakékoli pochybnosti...“* Pickover, str. 130.

FYZIKA NEMOŽNÉHO

- Str. 203 *Gott říká: „Kolabující strunová smyčka...“* Kaku, *Paralelní světy*, str. 134.
Str. 204 *„Jestliže se v minulosti ožení, může být souzen za bigamii...“* Nahin, str. 248.

13. PARALELNÍ VESMÍRY

- Str. 209 *Hendersonová píše: „Podobně jako v černé díře...“* Kaku, *Hyperprostor*, str. 35.
Str. 210 *„Na první pohled se mi Vaše myšlenka nesmírně líbí...“* Pais, str. 330.
Str. 211 *Enrico Fermi, zděšený z rozmnožování jaderných částic... Kaku, Hyperprostor, str. 116.*
Str. 215 *Max Tegmark z MIT je přesvědčen, že za padesát let... Max Tegmark, Časopis New Scientist, 18. listopadu 2006, str. 37.*
Str. 217 *Schrödinger se proti takové interpretaci své teorie bouřil... Cole, str. 222.*
Str. 218 *„Takže doufám, že umíte přijmout přírodu, jaká je – totiž absurdní.“* Greene, str. 111.
Str. 219 *Jiným pohledem na paradox je myšlenka „mnoha světů“... Dalším atraktivním rysem této interpretace je, že nevyžaduje žádné další předpoklady kromě původní vlnové rovnice. Z tohoto pohledu nedochází k žádnému kolapsu vlnových funkcí ani k pozorování. Vlnová funkce se prostě rozdělí sama, automaticky, bez jakéhokoli vnějšího zásahu nebo předpokladu. V tomto smyslu je teorie „mnoha světů“ koncepčně jednodušší než všechny ostatní, vyžadující vnějšího pozorovatele, měření, kolapsy vln atd. Je pravda, že nás zatěžuje nekonečným počtem vesmírů, vlnová funkce je ovšem všechny sleduje bez dalších vnějších předpokladů.*
Jedním ze způsobů, jak pochopit, proč se náš fyzický vesmír jeví tak stabilním a bezpečným, je odvolat se na dekoherenci, tedy na skutečnost, že jsme prošli dekoherencí se všemi ostatními paralelními vesmíry. Dekoherence ovšem tyto ostatní paralelní vesmíry neodstraňuje, pouze vysvětluje, proč se náš vesmír, mezi nekonečnou množinou vesmírů, jeví tak stabilní. Dekoherence je založena na myšlence, že vesmíry se mohou rozštěpit na mnoho vesmírů, avšak ten náš od jistého okamžiku zůstává působením prostředí od těchto vesmírů zcela oddělen.
Str. 219 *Laureát Nobelovy ceny Frank Wilczek říká: „Znepokojuje nás...“* Kaku, *Paralelní světy*, str. 158.

14. PERPETUUM MOBILE

- Str. 229 *„Byla to mikulášská nadílka a Aladdinova lampa pro celý svět,“* Asimov, str. 14.
Str. 235 *Teoreticky takový stroj nevytváří... Někteří proti tomu namítají, že lidský mozek, představující patrně nejsložitější objekt, jaký matka příroda v Sluneční soustavě vytvořila, porušuje druhý termodynamický zákon. Lidskému mozku, skládajícímu se z více než 100 miliard neuronů, se co do složitosti nevyrovná nic až do vzdálenosti 39 bilionů kilometrů (tj. do vzdálenosti k nejbližší hvězdě). Táhá se tedy, jak může toto obrovské snížení entropie být v souladu s druhým zákonem? Vypadá to, jako by sama evoluce druhý zákon porušovala. Odpovědí je, že pokles entropie vyvolaný vzestupem vyšších organismů včetně lidí nastal na účet vzestupu celkové entropie jinde. Pokles entropie vytvářený přirozeným výběrem je více než vyvážen přírůstkem entropie v okolním prostředí, tedy entropie slunečního světla dopadajícího na Zemi. Vznik lidského mozku cestou přirozeného vývoje snižuje entropii, což je však více než vyváženo chaosem, který vytváříme (např. znečištěním, odpadním teplem, globálním oteplováním atd.).*
Str. 238 *Jedním ze zastánců této myšlenky... Tesla však byl i nešťastníkem, jehož patrně ošidili o poplatky za mnohé z jeho patentů, které připravily cestu pro příchod*

rozhlasu, televize a komunikační revoluce. (My fyzikové jsme se ovšem postarali, aby Teslovo jméno nebylo zapomenuto. Pojmenovali jsme po něm jednotku magnetismu. Jeden tesla se rovná 10 000 gaussům neboli zhruba dvacetitisíci-násobku magnetického pole Země.)

Dnes je většinou zapomenut, až na to, že některá z jeho výstřednějších tvrzení posloužila jako podklad pro podvodná spiknutí a legendy. Tesla věřil, že je schopen komunikovat s životem na Marsu, vyřešit Einsteinovu nedokončenou sjednocenou teorii pole, rozštěpit zeměkouli jako jablko nebo vyvinout paprsky smrti schopné zničit deset tisíc letadel na vzdálenost 400 kilometrů. (FBI vzala jeho tvrzení o paprscích smrti tak vážně, že po jeho smrti zabavila většinu jeho poznámek a vybavení jeho laboratoře; něco z toho je dokonce do dneška uchováváno na tajném místě.)

Tesla byl na vrcholku své slávy v roce 1931, kdy se dostal na titulní stranu časopisu *Time*. Pravidelně ohromoval obecnost tím, že vyvolával velké výboje blesku o napětí milionů voltů. Teslovou zkázu však bylo, že byl notoricky nepořádný ve svých finančních a právních záležitostech. V souboji s plejádou právníků reprezentujících mladé firmy, které jsou dnes elektrickými giganty, ztratil Tesla své nejdůležitější patenty. Začínal také jevit známky choroby známé dnes jako obsesivně-kompulzivní porucha. Byl posedlý číslem tři. Později trpěl paranoiou, bydlel osaměle v hotelu New Yorker, žil v obavách z toho, že bude otráven, a jen tak tak unikal svým věřitelům. Zemřel roku 1943 ve věku 86 let v naprosté bídě.

EPILOG: BUDOUCNOST NEMOŽNÉHO

- Str. 252 *Astronom John Barrow poznamenává: „Historikové se stále zabývají myšlenkou...“ Barrow, Impossibility, str. 47.*
- Str. 253 *Matematik David Hilbert odmítl Comtova tvrzení... Barrow, Impossibility, str. 209.*
- Str. 253 *„Kdybyste se před dvěma sty lety kohokoli zeptali...“ Pickover, str. 192.*
- Str. 253 *„Ukazuje se, že všechny velké otázky po podstatě vesmíru – od jeho začátku do jeho konce – jsou nezodpověditelné.“ Barrow, Impossibility, str. 250.*
- Str. 254 *„Ovšem gravitační vlny z inflačního období jsou pozůstatky vesmíru...“ Rocky Kolb, Časopis New Scientist, 18. listopadu 2006, str. 44.*
- Str. 256 *„Toto úsilí odhalí podrobné detaily singularity velkého třesku ...“ Hawking, str. 136.*
- Str. 256 *„Umožňují fyzikální zákony vysoce rozvinutým civilizacím...“ Barrow, Impossibility, str. 143*
- Str. 259 *„Myslím, že roku 2056 si budete moci koupit tričko...“ Max Tegmark, Časopis New Scientist, 18. listopadu 2006, str. 37.*
- Str. 261 *Dnes je předním (a jediným) kandidátem na teorii všeho... Důvodem je, že vezme-li Einsteinovu teorii gravitace a přičteme kvantové korekce, jsou tyto opravy nekonečné, místo aby byly malé. Po léta vynalézali fyzikové řadu triků, jak tyto nekonečné členy vyloučit, pro kvantovou teorii gravitace však všechny selhávají. Ve strunové teorii se ovšem tyto korekce přesně vyruší, a to z několika důvodů. Za prvé má strunová teorie symetrii, zvanou supersymetrie, která vyruší mnoho z těchto divergentních členů. Teorie strun také má konečnou hranici, délku struny, která při zacházení s těmito divergencemi pomáhá.*

Tato nekonečna mají původ vlastně již v klasické teorii. Newtonův zákon o nepřímé úměrnosti se čtvercem vzdálenosti říká, že přitažlivá síla mezi dvěma částicemi je nekonečná, blíží-li se jejich vzájemná vzdálenost nule. Toto nekonečno, patrně dokonce již v newtonské teorii, se přenáší do teorie kvantové. Stru-

FYZIKA NEMOŽNÉHO

nová teorie má ovšem hranici, délku struny neboli Planckovu délku, která nám umožní tato nekonečna zvládnout.

Str. 263 „Mohli bychom je pak pozorovat na obloze...“ Alexander Vilenkin, Časopis *New Scientist*, 18. listopadu 2006, str. 51.

Str. 264 Astrofyzik John Barrow shrnuje tuto logiku následovně... Barrow, *Impossibility*, str. 210.

BIBLIOGRAFIE

- Adams, Fred and Greg Laughlin. *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity*. New York: Free Press, 1999.
- Asimov, Isaac. *The Gods Themselves*. New York: Bantam Books, 1990.
č. *Ani sami bohové*. Praha: Svoboda, 1992.
- Asimov, Isaac and Jason A. Shulman, eds. *Isaac Asimov's Book of Science and Nature Quotations*. New York: Weidenfeld and Nicholson, 1988.
- Barrow, John. *Between Inner Space and Outer Space*. Oxford, England: Oxford University Press, 1999.
- týž. *Impossibility: The Limits of Science and the Science of Limits*. Oxford, England: Oxford University Press, 1998.
- týž. *Theories of Everything*. Oxford, England: Oxford University Press, 1991
č. *Teorie všeho*. Praha: Mladá fronta, 1996.
- Calaprice, Alice, ed. *The Expanded Quotable Einstein*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2000.
- Cavelos, Jeanne. *The Science of Star Wars: An Astrophysicist's Independent Examination of Space Travel, Aliens, Planets, and Robots as Portrayed in the Star Wars*. New York: St. Martin's Press, 2000.
- Clark, Ronald. *Einstein: The Life and Times*. New York: World Publishing, 1971.
- Cole, K. C. *Sympathetic Vibrations: Reflections on Physics as a Way of Life*. New York: Bantam Books, 1985.
- Crease, R. and C. C. Mann. *Second Creation*. New York: Macmillan, 1986.
- Croswell, Ken. *The Universe at Midnight*. New York: Free Press, 2001.
- Davies, Paul. *How to Build a Time Machine*. New York: Penguin Books, 2001.
- Dyson, Freeman. *Disturbing the Universe*. New York: Harper and Row, 1979.
- Ferris, Timothy. *The Whole Shebang: A State-of-the-Universe(s) Report*. New York: Simon and Schuster, 1997.
- Folsing, Albrecht. *Albert Einstein*. New York: Penguin Books, 1997.
- Gilster, Paul. *Centauri Dreams: Imagining and Planning Interstellar Exploration*. New York: Springer Science, 2004.
- Gott, J. Richard. *Time Travel in Einstein's Universe*. Boston: Houghton Mifflin Co., 2001.
č. *Cestování časem v Einsteinově vesmíru*. Praha: Argo a Dokořán, 2002.
- Greene, Brian. *The Elegant Universe: Superstrings, Higher Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory*. New York: W. W. Norton, 1999.
č. *Elegantní vesmír*. Praha: Mladá fronta 2001.
- Hawking, Stephen W., Kip S. Thorne, Igor Novikov, Timothy Ferris, and Alan Lightman. *The Future of Spacetime*. New York: W. W. Norton, 2002.
- Horgan, John. *The End of Science*. Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1996.
- Kaku, Michio. *Einstein's Cosmos*. New York: Atlas Books, 2004.
č. *Einsteinův vesmír*. Praha: Argo a Dokořán, 2005.

- týž. *Hyperspace*. New York: Anchor Books, 1994.
č. *Hyperprostor*. Praha: Argo a Dokořán, 2008.
- týž. *Parallel Worlds: A Journey Through Creation, Higher Dimensions, and the Future of the Cosmos*. New York: Doubleday, 2005.
č. *Paralelní světy*. Praha: Argo a Dokořán, 2007.
- týž. *Visions: How Science Will Revolutionize the 21st century*. New York: Anchor Books, 1997.
- Lemonick, Michael. *The Echo of the Big Bang*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2005.
- Mallone, Eugene and Gregory Matloff. *The Starlight Handbook: A Pioneer's Guide to Interstellar Travel*. New York: Wiley and Sons, 1989.
- Nahin, Paul J. *Time Machines*. New York: Springer Verlag, 1999.
- Pais, S. *Subtle Is The Lord*. New York: Oxford University Press, 1982.
- Pickover, Clifford A. *Time: A Traveller's Guide*. New York: Oxford University Press, 1998.
- Randi, James. *An Encyclopedia of Claims, Frauds, and Hoaxes of the Occult and Supernatural*. New York: St. Martin's Press, 1995.
- Rees, Martin. *Before the Beginning: Our Universe and Others*. Reading, Mass.: Perseus Books, 1997.
- Sagan, Carl. *The Cosmic Connection: An Extraterrestrial Perspective*. New York: Anchor Press, 1973.
- Thorne, Kip S. *Black Holes and Time Warps: Einsteins's Outrageous Legacy*. New York: W. W. Norton, 1994.
č. *Černé díry a zborcený čas*. Praha: Mladá fronta, 2004.
- Ward, Peter D. and Donald Brownlee. *Rare Earth: Why Complex Life Is Uncommon in the Universe*. New York: Springer Science, 2000.
- Weinberg, Steven: *Dreams of a Final Theory: The Search for Fundamental Laws of Nature*. New York: Pantheon Books, 1992.
č. *Snění o finální teorii*. Praha: Hynek, 1996.
- Wells H. G. *The Time Machine: An Invention*. London: McFarland and Co., 1996.
č. *Stroj času*. Praha: LIKA, 1992

POZNÁMKA K PŘEKLADU

Autor ve svém textu cituje či parafrázuje řadu dalších děl. Pokud to bylo možné, příslušné pasáže jsme uváděli ve stávajícím českém překladu. Jedná se o následující tituly:

Douglas Adams: *Stopařův průvodce Galaxií*, překlad Jana Hollanová.

Woody Allen: „Hrozba létajících talířů“, in *Vedlejší účinky*, překlad Michael Žantovský.

Isaac Asimov: *Ani sami bohové*, překlad Zdeněk Lyčka.

John Barrow: *Teorie všeho*, překlad Jan Novotný.

T. S. Eliot: „Dutí lidé“, in *Pustina a jiné básně*, překlad Jiří Valja.

Robert Frost: „Oheň a led“, in *Na sever od Bostonu*, překlad Hana Žantovská.

Gaiman, Neil: „Sen noci svatojánské“ in *Krajina snů*, překlad Viktor Janiš.

C. S. Lewis: *Lev, čarodějnice a skříň*, překlad Renata Ferstová.

Michio Kaku: *Hyperprostor*, překlad Petr a Dagmar Lieblovi.

Michio Kaku: *Paralelní světy*, překlad Jiří Podolský.

Platón: *Ústava*, překlad František Novotný.

William Shakespeare: *Makbeth*, překlad E. A. Saudek.

H. G. Wells: *Stroj času*, překlad Jana Mertinová.

REJSTŘÍK

A

Adams, Douglas 68
A. I. Umělá inteligence (film) 105, 120
Akt sestupující ze schodů (Duchamp) 210
Alcubierrův pohon 186-187, 189, 192
Allen, Woody 181, 272
Allenův soubor radioteleskopů 128
Ames, Aldrich 83-84
Andělé a démoni (Brown) 187
Ani sami bohové (Asimov) 229, 238
antigravitace 258
antihmota 9, 58, 82, 167-178, 187, 188, 194, 237
 a Dirac 172-174, 175
 ekonomika 167, 170
 jdoucí časem zpět 245-248, 250
 a pohon raket 14, 155, 166, 169-172, 178
 přirozený výskyt 170-172
 výroba 168-170, 172, 178,
antropický princip 216-217, 226
Archimedes 48
Arcutanov, Jurij 156
Aristoteles 208
Asimov, Isaac 77, 104, 167, 229, 238
asteroidy 130, 147, 157, 159
atomové bomby 11, 12, 25, 47, 59-60, 225
 a antihmota 167
 a cesty do vesmíru 153-154
atomová teorie 34-35, 42-43, 49, 66, 234-235, 252, 262

B

Barnardova hvězda 154

Baron-Cohen, Simon 175
Barrow, John 252-253, 164
Beam Power Challenge 158
Bentleyho paradox 257
Bhaskara 231
Bickerton, A. W. 146
Big Bang Observer (BBO) 256, 263
biofeedback 97
biologické závody ve zbrojení 134-135
Birbaumer, Niels 97
Blue Book, projekt 141
Bohr, Niels 13, 49, 63, 66, 220, 260
Boltzmann, Ludwig 234-235, 237, 262
Bose-Einsteinovy kondenzáty 72-73
Bouře (Shakespeare) 93
Bradley, Aston 72
BrainGate 98-99
Brenner, Sydney 119
Brooks, Rodney 110, 114-115
Brown, Dan 187
Brownlee, Donald 131
Bruno, Giordano 123-124
Bryan, William Jennings 251
budoucnost 10-11, 40-42, 145-148, 178, 251-266
 a cestování časem 197-200, 204-205, 256
 a cesty do vesmíru 157, 165, 256
 a červí díry 192, 256
 a hvězdy smrti 60, 61
 metamateriálů 41-42
 nemožného 251-266, 275
 a neviditelnost 40, 42, 46
 a silová pole 26, 28, 31
 a „předbíhavé vlny“ 244-247
 a psychokineze 96-100, 103
 a roboti 111-112, 116, 118, 120-122

a teleportace 73, 75-76, 268-269
 a zánik Země 146-148
 viz také předvídaní
 Bussard, Robert W. 151

C

Cabra, test 58-59
 Carrie (King) 93
 Casimir, Hendrik 188-189
 Catala, Claude 133
 CERN 167, 168-169, 184
 cestování časem 8, 11, 13-15, 197-206,
 244, 245, 248
 a budoucnost 197-200, 205, 256
 a Hawking 13, 197, 200-201, 206
 jako hřiště pro fyziky 200-204
 paradoxy 204-206
 a změny minulosti 197-199
 cesty do vesmíru, kosmické lodi 8, 10,
 109, 115, 146-166
 a budoucnost 158, 165, 257
 a červí díry 14, 192-193, 256
 a efekt praku 158-159
 a kolejnicové dělo 159-161
 a mimozemský život 121, 123, 135,
 138-140, 143-145,
 a nanotechnologie 144, 152-153,
 163-165
 nebezpečí 161-162
 a rychlost světla 150-152, 153-155,
 158-159, 161, 163-165, 178, 183-187,
 189, 192, 199
 a sluneční plachty 145, 149-150, 155,
 160, 164, 165, 172
 a UFO 143-145
 a umělá hibernace 162-163
 a vesmírné výtahy 155-158
 viz také rakety
 CIA 74, 81-82, 84, 142
 Ciolkovskij, Konstantin E. 146, 156
 civilizace 251, 273
 a cestování časem 203, 244
 a mimozemský život 138-140
 a paralelní vesmíry 223, 225, 226
 a rychlost světla 194-195
 typy 138-139
 Clarke, Arthur C. 21, 121, 123
 a cesty do vesmíru 156, 159
 Cocconi, Giuseppe 126-127

COG 115
 Co je malý, to je hezký (film) 137
 Comte, Auguste 252
 Corot, družice 133
 Cosmos 1, kosmická plachetnice 150
 Cox, John 233
 Cummings, E. E. 207
 CYC 112-113

Č

Čapek, Karel 105
 čas 178, 189-190, 197-200, 221, 248, 257
 Einstein 183-185, 189, 199, 202
 a paralelní vesmíry 209-210
 pohyb vln zpátky v čase 244-247, 250
 trhliny v prostoročase 193-194
 viz také prostoročas
 černé díry 11, 15, 148, 209, 212, 223
 a budoucnost nemožného 254, 256,
 262-263
 a červí díry 14, 223, 238
 a gama zdroje 60-62
 Hawking 200-201
 a rychlost světla 189-193
 červí díry 14, 223, 238
 a cestování časem 202-206
 a černé díry 190-192, 194, 202, 256
 obtíže 192-193
 průchozí 192-203
 a rychlost světla 185-186, 188,
 189-192, 203-204
 Číslo bestie (Heinlein) 210
 čtyři rozměry, čtvrtý rozměr 46, 208-210,
 215, 263

D

Daedalus, projekt 154
 Dalí, Salvador 209-210
 Damasio, Antonio 117
 Darwin, sonda 134
 Davy, Humphrey 22
 Deep Blue 111
 Defense Advanced Research Projects
 Agency (DARPA) 36, 113
 dekoherence 219-220, 222, 274
 Den nezávislosti (film) 123, 140
 deset rozměrů 213, 214, 261

FYZIKA NEMOŽNÉHO

detektory lži 83-85
Deutsch, David 75
diamagnety 30
Dickens, Charles 198
dinosauři 10, 130, 147, 200
 a paralelní vesmíry 219, 223
Dirac, Paul 172, 175, 220, 245
Disintegration Machine, The (Anihilátor;
 Doyle) 64
Donoghue, John 98-99
Doyle, Sir Arthut Conan 64, 268, 270
Drake, Frank 126-127, 129-131
Duchamp, Marcel 210
2001: Vesmírná odysea 109, 140, 144
Dwyer, Larry 204
Dyson, Freeman 153, 159, 216
 a budoucnost nemožného 251, 260, 264

E

Eddington, Arthur 191, 236, 260
Edison, Thomas Alva 21, 238
Edwards, Michael 94
Einstein, Albert 8, 9, 12, 23, 54, 151,
 181-187, 235, 238
 a antihmota 176
 Bose-Einsteinovy koncentráty (BEC)
 72-73
 a budoucnost nemožného 254,
 257-258, 260, 262, 266, 275
 a cestování časem 202-203, 206
 o čase 183-185, 189, 199, 202
 a černé díry 11, 190-192
 a EPR experiment 68-70, 185
 a kvantová teorie 49, 65, 67, 68-70, 218
 a paralelní vesmíry 210-213, 214, 217,
 222
 a rychlost světla 178, 181-183, 254
 a teorie relativity 34, 173, 183-187,
 190, 199-201, 206, 209, 210, 212-213,
 257
 a teorie všeho 9, 14, 213, 214, 260, 275
Einsteinovy čočky 187
Einsteinův-Rosenův most 190-191
elektrina 40, 41, 49, 128, 160, 231, 238,
 275
 a cesty do vesmíru 152-153, 164-165
 a fúze 55-57
 a lasery 50-53
 a mozek 82, 88

 a roboti 120
 a silová pole 22-26, 27-28, 34
elektroencefalogramy (EEG)
 a psychokineze 97, 98, 103
 a telepatie 82, 84, 88, 90
elektromagnetismus 21, 61, 82, 89, 154,
 160
 a Maxwell 24, 33-35
 a psychokineze 96, 99-100
 a silová pole 23-24
elektronové vlny 65-68
energie 49, 229-235, 237-240, 247-249,
 268
 a budoucnost nemožného 257, 258, 263
 jako hledisko nazírání historie 230-231
 pro hvězdy smrti 54, 56, 57
 a perpetuum mobile 229-230,
 231-234, 235
 Planckova 193-195, 223
 a tachyony 247-248
 z vakua 238-239, 257, 258
 z vodíkové bomby 53, 57-59
 zachování 12, 234-235, 237-238, 239
 viz také elektrina; negativní energie
Enigma, šifrovací stroj 107
entropie 233-234, 235-236, 274
EPR experiment 68-70, 185
Everett, Hugh 219-220
Evropská kosmická agentura 134, 149,
 255
excimerové lasery 52
extrasolární planety
 a cesty do vesmíru 145, 154
 a mimozemský život 124, 126,
 128-129, 131-134, 140, 145

F

FAB (Gershenfeld) 102
Fahri, Edward 225-226
Faraday, Michael 22-23, 33-34, 66, 160
Feynman, Richard 42, 261
 a antihmota 176-177, 246
 a kvantová teorie 217-218, 247
 a předbíhavé vlny z budoucnosti
 245-247
Flash Gordon 8-9, 33, 172
fotoelektrický jev 49, 65
fotochromatika 27, 31
fotolitografie 38, 41

fotonické krystaly 40-41
 fotony 49-51, 65, 71, 175, 206
 a lasery 50-51, 73
 fúze 54-57
 a cesty do vesmíru 145, 150-152, 155, 165
 inerciální 54-56
 a ITER 56-57, 151
 a magnetická 56-57
 fúzní náporový motor 145, 150-152, 155
 fyzika, fyzikové
 jako hřiště 200-204
 a hvězdy smrti 59-60
 pokročilých civilizací 138-140
 její úplnost 263-266

G

Galilei, Galileo 220, 254
 gama záření 34, 245
 a antihmota 9, 171, 174
 a zdroje 48, 60-62
 Gamgee, John 233
 Gates, Bill 113-114
 Gauss, Carl 209
 Geller, Uri 94
 Gershenfeld, Neil 101-102
 Gilchrist, Brian 165
 Goddard, Robert 12
 Gödel, Kurt 202-203, 222
 věta o neúplnosti 106-107, 108, 264-266
Goldfinger (film) 48
 Gott, Richard 202, 203
 gravitace, gravitační pole 54, 56, 96, 137, 143, 175, 186-187, 189-192, 206, 248
 a cesty do vesmíru 156, 159, 161, 164
 a černé díry 189-191, 200-201
 a mimozemský život 129-130
 a paralelní vesmíry 210, 212-216, 221
 a silová pole 24, 27
 a teorie strun 256, 275
 gravitační vlny 254-257, 266
 Guth, Alan 219, 221, 224-226

H

hádatko obecné 115
 Haldane, J. B. 229

Harry Potter (Rowlingová) 32-33, 35, 38, 42
 Hawking, Stephen 98, 173, 174, 212
 a cestování časem 13, 197, 200-202, 206
 a paralelní vesmíry 221-222
 a teorie všeho 259, 263-265
 a věta o neúplnosti 264-265
 Haynes, John 86, 156, 210
 Heinlein, Robert 49
 Heisenberg, Werner
 a princip neurčitosti 43, 65, 67, 108, 120, 188, 220, 268
 a teorie všeho 260-261
 Hendersonová, Linda Dalrymple 209
 Herscovitch, Ady 25-26
 Higgsovy bosony 212, 249
 Hilbert, David 237, 253
 hindové, hinduismus 48, 55, 207, 219, 267
 Hofstadter, Douglas 111
 holografie 44-45
 horizont událostí 190-193, 206
 Howe, Steven 170
 Hubble, Edwin 8, 258
 Hubbleův teleskop 11, 134, 188, 262
 hvězdy smrti
 fyzika 59-60
 a gama zdroje 48, 61-62
 a lasery 47, 51, 54, 56, 57, 60
Hvězdné války 29, 45, 53-54, 139
 a hvězdy smrti 47-48, 54, 56, 59
 a psychokineze 94, 96
 a rychlost světla 181, 187
Hyperkubický Kristus (Dalí) 209
 hyperprostor 14, 208-217
 a teorie strun 211-214, 215

CH

chemické lasery 50, 52
 Christopher, Milbourne 80

I

inerciální fúze 54-56
 International Linear Collider (ILC) 193
 International Thermonuclear Experimental Reactor (ITER) 56-57, 151
 iontové motory 148-149, 155, 165

J

Jackson, Gerald 172
Janus Equation (Janova rovnice; Spruill)
197
Já, robot (film) 104
Jaunt (Výlet; King) 269
jedenáct dimenzí 214-215, 263
Jones, David 85
Jupiter, planety velikosti Jupiteru 192, 242
a mimozemský život 129, 132
Just, Marcel 86

K

Kaluza, Theodor 210-211, 213
Kardašov, Nikolaj 138
Kasparov, Garri 111
Kawakami, Naoki 44-45
Kelley, James Patrick 269
Kelly, John Ernst Worrell 232
Kelvin, Lord 11-12, 47
Kepler, Johannes 123, 149
Kepler, družice 133
Kerr, Roy 191-192
King, Stephen 93, 269
Kodaňská škola 218, 222
Kolb, Rocky 254
kolejnicové dělo 159-161, 164
Komise pro atomovou energii (AEC) 152
Koperník, Mikuláš 123
kosmické struny 203
kosmické vědomí 219
kosmické záření 161, 168, 171, 263
kosmologická konstanta 257-259
krystaly 35, 40-41
a lasery 50, 52
Kurz pozitivní filozofie (Comte) 252
kvantová chromodynamika 261
kvantová teorie 10, 44, 82-83, 135, 138,
165, 173, 178, 188, 194, 259-261, 267
a budoucnost nemožného 252, 256,
259, 261, 275
a cestování časem 202, 205, 206
a paralelní vesmíry 208, 212-215,
217-222
a pravděpodobnost 66-68, 217-218,
220
a počítače 73-76, 120, 186
a problém Schrödingerovy kočky 217-219

a předbíhavé vlny z budoucnosti 247,
250
a relativita 201, 212
revoluce 49-50, 65-67, 82, 252
a roboti 106, 108, 120, 271
a tachyony 247, 249
a teleportace 13, 65-76
kyselina deoxyribonukleová (DNA) 40,
101, 120-122, 176, 252
a mimozemský život 125-126,
130-131, 136, 143
a paralelní vesmíry 226
a teleportace 70, 73

L

Langleben, Daniel 84-85
Large Hadron Collider (LHC) 184, 193,
214, 249, 262-263
Laser Interferometer Gravitational Wave
Observatory (LIGO) 254-255, 256
Laser Interferometer Space Antenna
(LISA) 255-256, 263
lasery 47-60, 71, 73, 87, 181, 193, 223,
248, 255
a cesty do vesmíru 145, 150, 155, 158,
160, 165
jak fungují 50-51
a fúze 54-57
a hvězdy smrti 47-48, 51, 54, 56, 57, 60
a mimozemský život 123, 128
a neviditelnost 41, 45
jako paprskové zbraně 47-49, 50-51,
52-54, 56, 57, 60, 61, 267
rentgenový laser 57-60
a silová pole 21, 24, 26-27, 31
a telepatie 79
typy 51-52
a urychlovače částic 195
lasery na bázi barviv 52
lasery na bázi pevných látek 52
Lawsonova podmínka 55
Lee, T. D. 176
Lenat, Douglas 112-113
Leonardo da Vinci 105, 232
Lev, čarodějnice a skříň (Lewis) 207
levitace
a magnety 27-31
a psychokineze 96, 99-100
Levy, Walter 80

Lewis, C. S. 207
Linde, Andrei 224, 225

M

Makbeth (Shakespeare) 242
magnetická fúze 56-57
magnetická rezonance (MRI) 103
 a detektory lži 83, 84-85
 funkční 83, 85-87
 příruční detektory 87
 a telepatie 83-89, 90-91
magnetismus, magnetické pole 9, 74, 131, 231
 a antihmota 168-169
 a cesty do vesmíru 161-162, 164
 a fúze 56-57
 a silová pole 22-26, 27-31
 a UFO 143-144
 a záznam mozkové činnosti 82, 87
masery 50
Maxwell, James Clerk 33-35, 82, 235
 o elektromagnetismu 24, 34
 a neviditelnost 34-35
 a paralelní světy 210-211
 a předvídání 244-245
 o světle 35, 49, 66, 106, 183, 210-211, 244, 266
Meissnerův efekt 30, 99
měrný impuls 154-155
Měsíc, měsíce 146, 182, 189
 a cesty do vesmíru 114-115, 148, 150, 160, 164
 a mimozemský život 123, 128-131
metamateriály 36-42
meteory, meteority 10, 141, 147, 158, 161, 172, 187, 243, 252
Metropolis (film) 106
Mezinárodní kosmická stanice (ISS) 148, 155
Michell, John 262
Michelson, Albert A. 251
mikrovlny, mikrovlnné záření 34, 50, 158, 253
 a neviditelnost 36-38
Miller, Stanley 125
Miller, William 243
mimosmyslové vnímání 79, 81, 93, 96
mimozemský život 14, 86, 121, 123-140, 143-145, 265, 269

 a antihmota 176-178
 v dějinách 123-124
 fyzická podoba 134-136, 138
 fyzika pokročilých civilizací 138-140
 a měsíce 123, 128-131
 naslouchání 126-128
 obyvatelná zóna 129-130
 a paralelní vesmíry 222
 pátrání po planetách podobných Zemi 131-134
 a poměrový zákon 136-138
 a šťastné náhody 130-131
 a UFO 140, 143-144
 vědecké hledání 124-128, 131-134, 145
Minority Report (film) 29, 270
Minsky, Marvin 116, 118, 121, 272
Mitchell, Edward Page 64
Mitchell, Tom 86
monopóly 143-144, 225
Mooreův zákon 39, 119-120, 122
Moravec, Hans 116, 117, 121, 122, 272
Morrison, Philip 126-127
Moucha (film) 64
mozek 75, 135, 209
 a entropie 274
 a psychokineze 96-100, 103
 a roboti 104, 109-111, 114-115, 118, 271, 272
 a strojové rozhraní 97-98
 a telepatie 78, 80-91, 270
 záznam mozkové činnosti 82-89, 90-91, 96-98, 103, 270
multiverzum 208, 214-217, 220, 221, 223, 225-227
Muž bez těla (Mitchell) 64
Muži v černém (film) 138
Myhrvold, Nahtan 36
mysl viz mozek

N

náboženství 123-124, 134-136, 140, 258
 a paralelní vesmíry 207-208, 216, 219, 224
 a předvídání 241-244
 a teleportace 63
Nagle, Mathew 98
nanotechnologie 75, 218
 a cesty do vesmíru 144, 163-165

a neviditelnost 38, 40-44
 a paprskové zbraně 53
 a roboti 100-103
 a uhlík 27, 31, 157
 narušení CP symetrie 171, 177
 NASA 115, 164-165, 255
 a antihmota 170, 172
 a cesty do vesmíru 148-149, 152-153, 154, 157-158, 160, 165
 a mimozemský život 127, 133
 a záporná hmota 187-188
 National Ignition Facility (NIF) 55-56
Nauč se myslet jako dinosaur (Kelley) 269
Návrat do budoucnosti (film) 27-29, 199, 205
 nesmrtelnost 121, 122, 139, 272
 nemožné, nemožnost
 budoucnost 251-266, 275
 kategorie 14
 relativnost 10-11
 seznam (Comte) 252
 zkoumání 11-13
 neuronová síť 86
 mozek 87-89, 91, 114
 a roboti 114-116, 121
 neutrino, neutrinové záření 212, 253-254, 262, 266
 neutronové hvězdy 159, 223, 255
 neviditelnost 8, 14, 32-46
 a atomová teorie 34-35
 v dějinách 32-33, 267
 a holografie 44-45
 a Maxwell 34-35
 a metamateriály 36-42
 a nanotechnologie 38, 42-44
 a paralelní vesmíry 215
 prostřednictvím plazmoniky 40-41
Neviditelný (Wells) 32, 33, 46, 210, 215
 Newton, Isaac 11, 33-34, 48-50, 82, 106, 130, 134, 143, 199, 239, 254, 268
 a antihmota 176, 178
 a budoucnost nemožného 257-258, 263, 275
 a Dirac 173, 174-175
 a Einstein 34, 182-183
 a kvantová teorie 43, 49-50, 65-66, 217
 a paralelní vesmíry 213, 263
 a předvídaní 244, 250
 o světle 183
 a teleportace 65, 67
 a zachování energie 234-235

Noetherová, Emmy 237
 Nordley, Gerard 169
 Nostradamus 241-242
 Nova, laser 55
 NSTAR, iontový motor 149
 nukleární elektrické rakety 152-153
 nukleární pulzní rakety 145, 153-154, 155

O

obyvatelná zóna 216
 a mimozemský život 129, 131-133
 odstředivá síla 156, 161
O nebi (Aristoteles) 208
 Onnes, Heike 28
 Oppenheimer, J. Robert 58, 191, 235
 optická kamufláž 44-45
 Ord-Hume, Arthur 232
 Orion, kosmická loď 148, 153-154
Osvobození světa (Wells) 12
O vzdálenosti (Ptolemaios) 208
 Ozma, projekt 127

P

Pán prstenů (Tolkien) 32-33
 paprskové zbraně 57-60
 v historii 48-49, 267
 lasery 47-49, 50-51, 52-54, 56, 57, 60, 61, 267-268
 paralelní vesmíry 8, 11, 191, 207-226, 274
 a cestování časem 205
 a hyperprostor 208-217
 a kvantová teorie 208, 212-215, 217-222
 a multiverzum 205, 208, 214-217, 220, 221, 223, 225-226
 a perpetuum mobile 229-230, 238
 a teorie strun 211-216, 263
 typy 208-223
 paramagnety 30
Paříž ve 20. století (Verne) 11
 pátý rozměr 210-211, 213
 Pauli, Wolfgang 260-261, 262
 PAMELA, družice 171
 Penfield, Wilder 89
 Penrose, Roger 104, 108, 271

Perez, Gil 268
 perpetuum mobile 11-12, 229-240, 251, 274
 a entropie 235-236
 v dějinách 231-234
 podvody 232-234, 236
 Persinger, Michael 89
 Pfurtscheller, Gert 88
 Phoenix, projekt 127
 Pickover, Clifford 136
 Planck, Max 49, 92
 Planckova energie 193-195, 223
 planety 129-131
 viz také extrasolární planety
 Platón 33, 267
 plazma 53
 a fúze 56-57
 a cesty do vesmíru 148-149, 155, 162
 a silová pole 25-27, 31
 a urychlovače částic 195
 plazmonika 40-41
 Pluto 153, 156, 172, 183
 plyn 54, 125, 141, 169, 191, 216, 234
 a lasery 50-52
 a cesty do vesmíru 148-149, 152, 160
 viz také plazma
 počítače 24, 86, 217, 244
 kvantové 73-76, 120, 186
 a mimozemský život 128, 129
 a psychokineze 96-100, 102-103
 a roboti 104, 106-109, 109-116, 118, 119-121, 271
 Podivuhodná návštěva (Wells) 210
 polovodiče 52, 102, 174
 a cesty do vesmíru 164-165
 a neviditelnost 38-42
 a roboti 119-122, 272
 poměrový zákon 136-138
 pozitronová emisní tomografie 82
 Pozorovatel velkého třesku viz Big Bang Observer
 prakový efekt 158-159
 princip neurčitosti 43, 65, 67, 108, 120, 188, 220, 268
 protiraketový štít, projekt „Hvězdné války“ 59, 153, 159
 Prometheus, projekt 153
 prostoročas 254
 a cestování časem 202, 203-204, 206
 a červí díry 192-193, 241-251
 natahování 185-186, 189, 195, 254

 a paralelní vesmíry 210, 213, 215, 221, 224-225
 a pěna 194, 221
 protržení 185-186, 188, 189-195, 223, 249
 a rychlost světla 183, 186
 a urychlovače částic 193-194
 předvídaní 13-15, 241-251
 možnost 244
 a přebíhavé vlny z budoucnosti 244-248, 250
 soudného dne 241-243
 psychokineze 8, 14, 92-103
 a mozek 96-100, 103
 a reálný život 94
 a roboti 97-8, 100-103
 a věda 94-96
 Ptolemaios 206
 pythagorejci 259

R

rádio, rádiový signál, rádiové vlny 14, 82-83, 238, 254
 a antihmota 176, 178
 a cesty do vesmíru 148, 165
 a lasery 50, 51-52
 a mimozemský život 126-128
 a psychokineze 97, 101
 a telepatie 82, 89
 raketoplán 171
 a cesty do vesmíru 148, 153, 154, 155, 161
 rakety 8, 10, 11-14, 199-200
 s Alcubierrovým pohonem 186-187, 189, 192
 a antihmota 14, 155, 166, 169-172, 178
 s fúzním náporovým motorem 145, 150-152, 155
 s chemickým pohonem 148, 153, 154-155, 169
 s iontovými motory 148-149, 155, 165
 měrný impuls a účinnost stroje 154-155
 a silová pole 21, 25
 nukleární elektrické 152-153, 155
 neukleární pulzní 145, 153-155
 a paprskové zbraně 58-59
 s plazmovými motory 148-149, 155
 viz také cesty do vesmíru

Randi 94, 271
 Rees, Sir Martin 181, 186, 201, 216
 relativistická rovnice 173
 rentgenový laser 57-60
 replikátory 100-102
 Requicha, Aristides 102-103
 Rhine, Joseph Banks 79-80, 270
 Ridgway, Gary 84
 Riemann, Georg Bernhard 209
 roboti, robotika 100-122, 205, 271-272
 a cesty do vesmíru 109, 115, 144, 158, 164
 s lidskými city 116-118, 120
 míšení s lidmi 121-122, 272
 a nanotechnologie 100-103
 nebezpečí 104-105, 119-122
 a psychokineze 98, 100-103
 a vědomí 118-119
 viz také umělá inteligence
 roboti s lidskými city 116-118, 120
 Romalis, Michael 87
 Rover, projekt 152
 R. U. R. (Čapek) 105
 Russell, Bertrand 146-147

Ř

Řekové 32-33, 48, 105, 106-107, 213, 241, 267
 a paralelní vesmíry 208-209
 a teorie všeho 259, 264

S

Sagan, Carl 8, 14, 126, 131, 147, 151
 Sacharov, Andrej 170-171
 Savukov, Igor 87
 science fiction 8-11, 12-14, 52-54, 63-65
 a antihmota 167, 169-170, 172, 175
 a cestování časem 197, 198-199, 202, 205
 a cesty do vesmíru 156, 159-160, 162-163
 a hvězdy smrti 47-48, 54, 56, 59-60
 a mimozemský život 123-124, 135-136, 138, 139, 140
 a neviditelnost 32-33, 35-36, 38, 42, 45-46, 210, 215
 a paprskové zbraně 47, 48, 50, 52-53

a paralelní vesmíry 207, 210, 215, 229, 238
 a psychokineze 92-94, 96-97, 100
 a roboti 104-106, 109, 116, 120, 205
 a rychlost světla 181, 186-187, 189
 a silová pole 21, 23-31
 a tachyony 247-248
 a telepatie 77-78, 86-87, 90-91, 309
 a teleportace 13, 63-65, 68, 75, 268-269
 a UFO 143
 Search for Extraterrestrial Intelligence (SETI) 126-128, 134, 145
 Searle, John 104, 108
 Sen (Kepler) 123, 149
 Shakespeare, William 79, 93, 242
 SHAKEY 109-110
 Shaw, Steve 94
 Shiva, laser 55
 Schmeidlerová, Gertrude 95
 Schrödinger, Erwin 218, 260
 a teleportace 65-68
 a vlnová funkce 49, 65-68, 173, 221
 Schrödingerova kočka 217-219
 Schwarzschild, Karl 190-191
 silová pole 8, 21-31
 a čtyři síly 23-25, 30
 a Faraday 22-23, 34, 66
 a magnetická levitace 27-31
 a plazmová okénka 25-27, 31
 pro štíty 21-22, 23-27, 30-31
 slabá jaderná interakce 24-25, 93
 Slan (van Voght) 77
 Smart 1, sonda 149, 155
 Smith, Gerald 169-170
 sluneční plachty 145, 149-150, 155, 160, 164, 165, 172
 Soukoulis, Costas 39-40
 Spruill, G. 197
 Stálost paměti (Dalí) 210
 standardní model 211-212, 214, 249
 a budoucnost nemožného 259, 263, 266
 Stanfordský lineární urychlovač 193-195
 Star Gate 80-82
 Star Trek 93, 87, 116, 139, 169, 186, 207, 247
 a cestování časem 199
 a cesty do vesmíru 159, 163
 a neviditelnost 32, 38
 a paprskové zbraně 47, 50
 a psychokineze 93, 96-97, 100

a silová pole 21, 25
 a teleportace 13, 64-65, 75
 stealth, technologie 35
Stopařův průvodce Galaxií (Adams) 68
Stroj času (Wells) 199
Superman 199, 207
 supravodiče 49, 56
 a psychokineze 99, 103
 a silová pole 27-31
 Svatý Augustin 197-198
 světelné meče 47, 51, 53, 61
 světlo 237, 270
 a budoucnost 178, 253, 254-255, 266
 cesty rychlejší než světlo 178, 181-182,
 184-195, 199, 203, 247-249, 266
 a fotoelektrický jev 49, 65
 a lasery 27, 41, 45, 47-48, 50-52, 57,
 79, 87, 123, 128, 248, 267-268
 Maxwell o něm 34, 49, 66, 96, 106,
 183, 210-211, 244, 266
 a mimozemský život 129, 131, 134
 ohyb 37, 39-42, 187-188, 190
 a neviditelnost 32, 35, 37-42, 44-45
 a paprskové zbraně 47-49, 53
 a paralelní vesmíry 210-211
 při pohybu zpět v čase 244-245
 jeho rychlost 8, 34, 37, 53, 69-70,
 150-151, 153-154, 159, 161, 163-165,
 178, 181-187, 199, 203, 248, 253, 254,
 266, 268
 a tachyony 247-249
 a teleportace 71-72
 symetrie 170-171, 236-238
 Szilard, Leo 12

Š

štěpení 57, 149, 152-153, 154, 155

T

tachyony 247-250
 Taylor, Ted 154
 Tegmark, Max 215, 259
 telepatie 77-91, 269-271
 a detektory lži 83-85
 etické problémy 85, 270
 jako kouzelnický trik 78, 269
 a mozek 78, 80-91, 270

a projekt Star Gate 80-82
 a přenos myšlenek 89
 psychický výzkum 79-80, 270
 teleportace 10, 13-14, 63-76
 bez kvantového provázání 71-73
 a EPR experiment 68-70
 a kvantová teorie 13, 65-76
 a science fiction 63-65, 68, 71, 73, 75,
 268
 Teller, Edward 58
 temná energie 239-240, 257
 temná hmota 188, 215, 263
 teorie falešného vakua 249
 teorie inflačního vesmíru 249
 a budoucnost nemožného 255, 258
 a paralelní vesmíry 221, 224-226
 teorie relativity 34, 106, 173-174,
 183-187, 199-201
 a kvantová teorie 201, 212
 mezery v ní 184-186
 obecná 10, 185-187, 190, 201, 206,
 209-210, 212, 222, 257
 a paralelní vesmíry 210, 212, 215,
 221-222
 speciální 174, 183-187, 199
 teorie strun 10, 23
 a budoucnost nemožného 256, 259,
 261-263, 275
 ověřitelnost 262-263
 a paralelní vesmíry 211-216, 263
 a teorie všeho 259, 261
 teorie všeho 14-15, 119, 206
 a budoucnost nemožného 253,
 259-261, 263-266
 a Einstein 9, 14, 213, 214, 260, 275
 a věta o neúplnosti 264-265
Terminátor (film) 105, 205
Terrestrial Planet Finder 133-134
 Tesla, Nikola 238-239, 274-275
 Tether Challenge 158
 termodynamika, zákony 233-238, 239
 a entropie 233-234, 235-236, 274
 a perpetuum mobile 229-230,
 233-236, 274
 a symetrie 236-238
 a zachování energie 12, 234-235, 237,
 239
 Thorne, Kip 192, 202, 214, 256
 Turing, Alan 106-108, 120
 Turingovy stroje 88, 106, 165
 Twain, Mark 32, 167, 198

U

UFO 140-145
 uhlík 121
 a mimozemský život 125-126
 a nanovlákná 26-27, 31, 157
 umělá hibernace 162-163
 umělá inteligence (artificial intelligence, AI) 103, 105-116
 dějiny 105-109, 116
 viz také roboti, robotika
 univerzální překladač 85-87
 Urey, Harold 125
 urychlovače částic 184, 249, 262-263, 266
 a antihmota 168-170
 a paralelní vesmíry 212-214,
 a roztržení prostoru 193-195
 urychlovač LWFA 195
 Ústava (Platón) 33
 uzavřené časové smyčky 202

V

Válka světů (Wells) 48, 124
 Vánoční koleda (Dickens) 198
 van Vogt, A. E. 77
 VASIMR (variable specific impulse magnetoplasma rocket) 149, 155
 Vela, družice 60
 „velká srážka“ (Big Crunch) 216, 221
 „velký mráz“ (Big Freeze) 216, 223, 239, 257
 „velký plesk“ (Big Splat) 216, 257
 velký třesk 48, 60, 72, 193, 201, 203, 212, 246
 a antihmota 171, 177
 a budoucnost nemožného 253-256, 258, 263, 265
 a monopóly 144
 období před 15, 253-256, 263
 a paralelní světy 220-221
 a rychlost světla 181, 185
 a tachyony 248-250
 jak začal 224
 Venuše 141, 172, 183, 242
 Verne, Jules 8, 11, 13, 160
 vesmír, vesmíry 222-226
 a antihmota 172, 175-178
 a budoucnost nemožného 253, 255-259, 265

evoluce 225-226
 konec 223, 256-259
 rotace 202-203, 222
 vzájemný kontakt 222-223
 zárodek 194, 221, 224-226
 viz také paralelní vesmíry
 vesmírný výtah 155-158
 vesmíry s obráceným plynutím času 178
 vesmíry se záměnou náboje 175-178
 vesmíry se záměnou náboje a parity (CP-reversed) 177-178
 vesmíry se záměnou náboje, parity a směru času (CPT-reversed) 178
 vesmíry se záměnou parity 175-178
 věta o neúplnosti 106-107, 108, 264-265
 Vilenkin, Alexander 263
 Visser, Mathew 186, 192
 voda 30
 a mimozemský život 125, 129, 136
 a neviditelnost 35, 37
 vodíkové bomby 57-60, 167, 170
 a cesty do vesmíru 153-154
 energie 53, 57-59
 jak fungují 59-60
 a fúze 55-56
 a rentgenový laser 57-59
 von Neumannovy sondy 165

W

Ward, Peter 131
 Weinberg, Steve 219, 261, 266
 Wells, H. G. 12, 48, 92, 124
 a cestování časem 197, 199
 a neviditelnost 32-33, 46, 210, 215
 a paralelní světy 210, 215
 Wheeler, John 77, 220, 221, 245, 246, 253
 When Worlds Collide (Když se srazí světy) 159
 Wigner, Eugene 219
 Wilczek, Frank 219
 WMAP, družice 216, 223, 224, 239, 257

Y

Yang, C. N. 176
 Yankee z Connecticutu na dvoře krále Artuše (Twain) 198

Z

- Zakázaná planeta* (film) 93
zákon příčiny a následku 244, 247-250
záporná energie 187-189, 195, 205, 248
 a červí díry 192, 203
záporná hmota 187-188, 192
zrcadlové vesmíry 176

edice zip

svazek 42

Michio Kaku
FYZIKA NEMOŽNÉHO

Z anglického originálu *The Physics of the Impossible*,
vydaného nakladatelstvím Doubleday v New Yorku roku 2008,
přeložil Petr Liebl.

Odpovědná redaktorka Andrea Peprlová.

Sazba a grafická úprava Vladimír Fára.

Obálka Pavel Růt.

V roce 2010 vydala nakladatelství
Argo, Milíčova 13, 130 00 Praha 3,
www.argo.cz, argo@argo.cz,
jako svou 1314. publikaci,
a Dokořán, Holečkova 9, 150 00 Praha 5,
www.dokoran.cz, dokoran@dokoran.cz,
jako svou 332. publikaci.

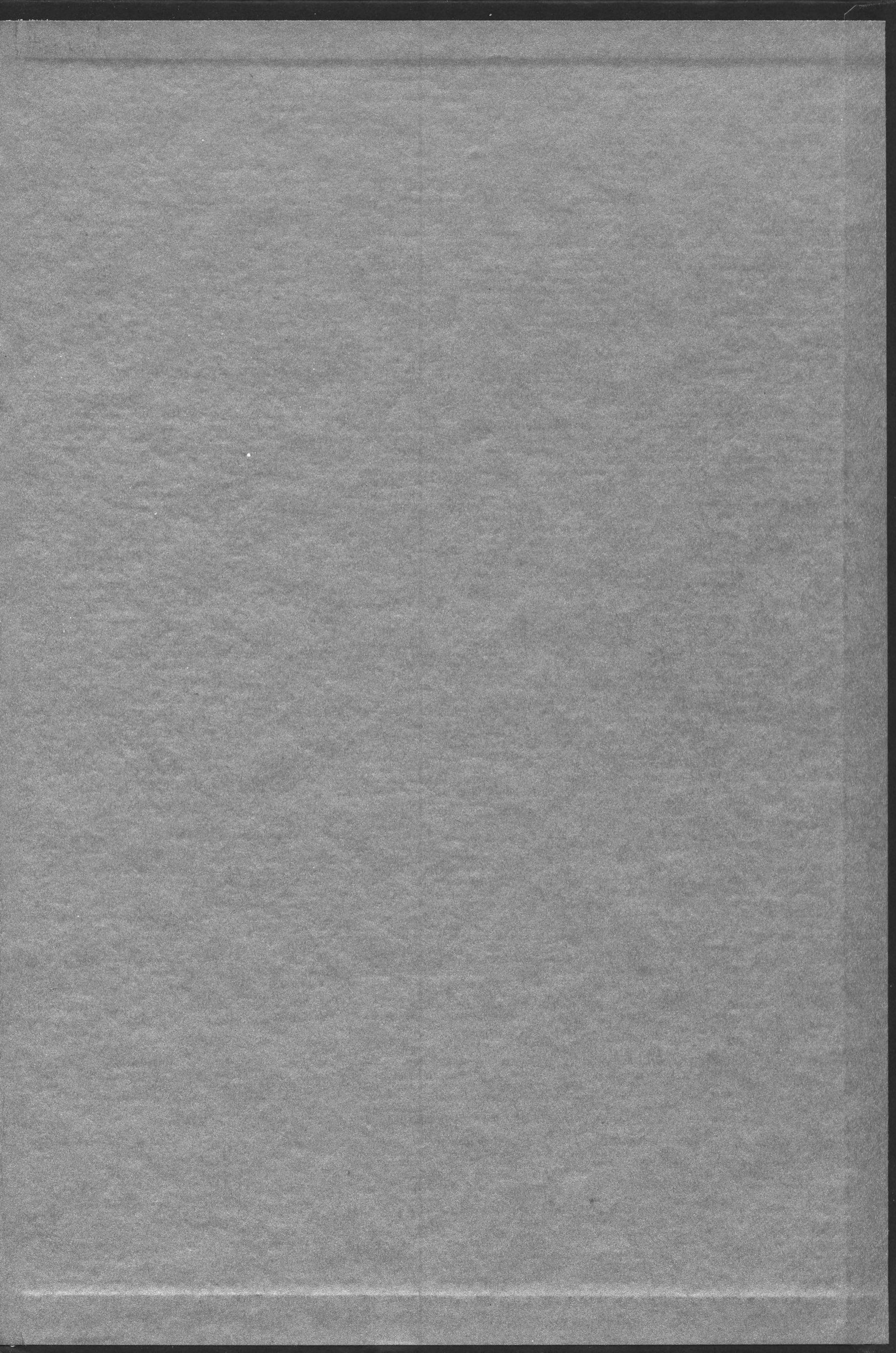
Vytiskla tiskárna Těšínské papírny.

Vydání první.

ISBN 978-80-257-0209-3 (Argo)

ISBN 978-80-7363-262-5 (Dokořán)

Knihovna Jiřího Mahlera v Brně.
příspěvek
Kobližná 4, 602 00 Brno





Michio Kaku

FYZIKA NEMOŽNÉHO