

# OBSAH

*Poděkování* 9

*Předmluva* 13

## I. část VESMÍR

- KAPITOLA PRVNÍ Snímky z dětství vesmíru 17
- KAPITOLA DRUHÁ Paradoxní vesmír 33
- KAPITOLA TŘETÍ Velký třesk 53
- KAPITOLA ČTVRTÁ Inflace a paralelní světy 79

## II. část MULTIVERZUM

- KAPITOLA PÁTÁ Dimenzionální portály a cestování v čase 109
- KAPITOLA ŠESTÁ Paralelní kvantové světy 139
- KAPITOLA SEDMÁ M-teorie: matka všech strun 169
- KAPITOLA OSMÁ Vesmír podle návrháře? 219
- KAPITOLA DEVÁTÁ Pátrání po signálech z jedenácté dimenze 231

# III. část ÚNIK DO HYPERPROSTORU

KAPITOLA DESÁTÁ	Konec všeho	257
KAPITOLA JEDENÁCTÁ	Únik z vesmíru	271
KAPITOLA DVANÁCTÁ	Za hranicemi multiverza	301
	<i>Poznámky</i>	317
	<i>Slovníček</i>	331
	<i>Doporučená literatura</i>	349
	<i>Jmenný rejstřík</i>	353
	<i>Věcný rejstřík</i>	357

# PŘEDMLUVA

Kosmologie se zabývá studiem vesmíru jako celku, včetně jeho zrození a snad i konečného osudu. Během svého pomalého a obtížného vývoje, který často probíhal ve stínu náboženských dogmat a předsudků, pochopitelně prodělala řadu proměn.

První kosmologickou revoluci přinesl v 17. století vynález dalekohledu. Galileo Galilei pomocí něj dokázal na základě práce velkých astronomů Mikuláše Koperníka a Johannese Keplera zpřístupnit velkolepost nebes serióznímu vědeckému bádání. Pokrok této první fáze kosmologie vyvrcholil dílem Isaaca Newtona, který zformuloval základní zákony, jimiž se řídí pohyby nebeských těles. Zákony pohybu vesmírných objektů již nepodléhaly magii a mystice, nýbrž silám, které bylo možné spočítat a reprodukovat.

Druhá kosmologická revoluce vypukla ve 20. století zavedením obřích teleskopů, jako byl teleskop na Mount Wilsonu se zrcadlem o průměru 2,5 metru. Ve 20. letech s ním pracoval astronom Edwin Hubble, který vyvrátil stovky let staré dogma o tom, že vesmír je statický a věčný. Hubble ukázal, že galaxie na obloze se vzdalují ohromnými rychlostmi od Země, což znamená, že se vesmír rozpíná. Potvrdil tím výsledky Einsteinovy obecné teorie relativity, podle které není architektura prostoročasu plochá a lineární, ale dynamická a zakřivená. Současně předložil i první věrohodné vysvětlení počátku vesmíru, totiž že se vesmír zrodil z kataklyzmatické exploze nazývané „velký třesk“. Průkopnické práce George Gamowa a jeho spolupracovníků o teorii velkého třesku a práce Freda Hoylea o původu chemických prvků vytvořily lešení, z něhož se vynořily obrysy stavby a vývoje vesmíru.

Třetí revoluce právě probíhá. Je jen asi pět let stará. Odstartovala ji série nových nástrojů moderní techniky, jako jsou kosmické družice, lasery, detektory gravitačních vln, rentgenové teleskopy a velmi rychlé superpočítače. Získali jsme pomocí nich dosud nejpřesnější data týkající se povahy vesmíru, včetně jeho stáří, složení a možná i jeho budoucnosti a případné smrti.

Astronomové si nyní uvědomili, že se vesmír nezadržitelně rozpíná, jeho expanze se bude stále zrychlovat a on bude čím dál tím chladnější. Jestliže to

bude takhle pokračovat dál, čeká nás „velké zmrazení“, kdy se vesmír ponoří do temnoty a chladu a inteligentní život zanikne.

Tato kniha je věnována zmíněné třetí revoluci. Liší se od mých předchozích knih o fyzice, *Einsteinem to nekončí* a *Hyperprostor*, které se snažily veřejnosti představit nové pojmy jako vyšší dimenze a teorie superstrun. V *Paralelních světech* se nezaměřuji na prostoročas, nýbrž na revoluční vývoj, který probíhá v posledních několika letech v kosmologii. Vycházím přitom z nových zjištění světových laboratoří, z pozorování nejvzdálenějších oblastí vesmíru i z pokroků v teoretické fyzice. Šlo mi o to, aby kniha byla čitelná a pochopitelná bez jakéhokoli předchozího studia fyziky nebo kosmologie.

V první části knihy se zabývám studiem vesmíru. Shrnuji poznatky dosažené během raných fází vývoje kosmologie, které vyvrcholily takzvanou „inflační“ teorií, jež nám poskytuje zatím nejrozvinutější formulaci teorie velkého třesku. Ve druhé části se soustředím na rozvíjející se teorii multiverza – kosmu složeného z řady vesmírů, z nichž ten náš je jen jedním z mnoha. Budeme zde diskutovat o možnosti existence červích děr, prostorových a časových deformací a toho, jak by se mohly propojovat skrze vyšší dimenze. Teorie superstrun a M-teorie představují první podstatný krok za hranice Einsteinovy původní teorie. Předkládají nám další doklady o tom, že náš vesmír může být jen jedním z mnoha dalších. V závěrečné třetí části knihy pojednávám o velkém zmrazení a tom, co se dnes vědcům jeví jako konečný osud našeho vesmíru. Také se vážně – i když spekulativně – zamýšlím nad tím, jak by pokročilá civilizace v daleké budoucnosti mohla využít fyzikálních zákonů, aby po bilionu let opustila náš domovský vesmír a vstoupila do jiného, v němž by v přívētějších podmínkách zahájila novou éru, anebo aby se vrátila nazpět v čase do doby, kdy byl vesmír teplejší.

V záplavě nových poznatků, které dnes získáváme pomocí kosmických družic zkoumajících nebe, nových detektorů gravitačních vln a právě dokončovaných urychlovačů částic velkých jako celé město, fyzik cítí, že vstupujeme do éry, jež by se mohla stát zlatým věkem kosmologie. Stručně řečeno, je báječné být v této době fyzikem a cestovatelem účastnícím se výpravy za pochopením počátku i konečného osudu vesmíru.

# I. ČÁST VESMÍR



# SNÍMKY Z DĚTSTVÍ VESMÍRU

*Básník se jen touží dostat hlavou do nebes. Logik chce dostat nebesa do své hlavy. A je to jeho hlava, jež se rozskočí.*

G. K. Chesterton

Jako dítě jsem se dostal do potíží kvůli svému přesvědčení. Moji rodiče byly vychováni v buddhistické tradici. Já jsem ale každý týden chodil do nedělní školy, kde jsem se zalíbením naslouchal biblickým příběhům o velrybách, archách, solných sloupech, žebrech a jablkách. Starozákonní podobenství byla mou nejoblíbenější částí nedělní školy, fascinovala mě. Podobenství o veliké potopě, hořícím keři a rozestupujících se vodách mi připadala mnohem zajímavější než buddhistické zpěvy a meditace. Tyto dávné příběhy o hrdinství a tragédiích živě ilustrovaly hluboká morální a etická naučení, která ve mně nakonec zůstala na celý život.

Jednoho dne jsme v nedělní škole probírali Stvoření. Čist o Bohu hřímajícím z nebes „Budiž světlo!“ bylo daleko dramatičtější než tiše meditovat o nirváně. Ve své naivní zvědavosti jsem se zeptal učitelky: „Měl Bůh maminku?“ Obvykle mívala po ruce pohotovou odpověď doprovázenou hlubokým mravním ponaučením. Tentokrát jsem ji však vyvedl z konceptu. Ne, odpověděla váhavě. Bůh asi neměl maminku. „Odkud se pak ale vzal?“ optal jsem se. Jen zamumlala, že se na to bude muset zeptat pastora.

Neuvědomoval jsem si, že čirou náhodou jsem narazil na jednu z největších teologických otázek. Byl jsem zmatený, protože v buddhismu neexistuje vůbec žádný Bůh, jenom věčný vesmír bez počátku a konce. Když jsem později začal studovat velké světové mytologie, dozvěděl jsem se, že v náboženstvích se vyskytují dva typy kosmologií. První vychází z jediného okamžiku, v němž Bůh stvořil svět, zatímco druhá je založena na představě, že vesmír vždy byl a navždy bude.

Pomyslel jsem si, že těžko mohou být pravdivé obě možnosti.

Časem jsem zjišťoval, že tato obecná témata prolínají řadou dalších kultur. Například v čínské mytologii bylo na počátku kosmické vejce. Téměř celou věčnost žilo božské dítě Pchan-ku jako zárodek uvnitř vajíčka, které se vznášelo v beztvarem moři Chaosu. Když se nakonec Pchan-ku vylíhl, začal růst více než tři metry denně, takže se horní část skořápky stala nebem a dolní část zemí. Po 18 tisíciletích zemřel, a stvořil tím náš svět: jeho krev se stala vodami řek, z jeho očí vznikly Slunce a Měsíc, jeho hlas se změnil v hřmění.

Mýtus o Pchan-kuovi v mnohém odráží téma, které nalezneme v řadě dalších náboženství a prastarých mytologií, totiž že vesmír povstal v život skrze *creatio ex nihilo*, stvořením z ničeho. V řecké mytologii byl původním stavem všehomíra Chaos (samo slovo „chaos“ pochází z řečtiny a znamená „propast“). Jednotvárná prázdnota je často popisována jako oceán, například v babylónské a japonské mytologii. V mýtech starověkého Egypta se bůh slunce Ré rodí ze vznášejícího se vejce. Polynéská mytologie nahrazuje kosmické vejce kokosovým ořechem. Mayové věřili ve variantu tohoto příběhu, podle níž byl svět stvořen, ale nakonec po pěti tisíci letech zanikl s tím, že se stále znovu obnovuje, a opakuje tak nekonečný cyklus zrození a zániku.

Mýty o *creatio ex nihilo* stojí v ostrém protikladu ke kosmologii buddhismu a některých forem hinduismu. V těchto mytologiích je vesmír věčný, nemá počátek ani konec. Existuje mnoho úrovní existence, ovšem nejvyšší z nich je nirvána, která je věčná a lze jí dosáhnout jen nejčistší meditací. V hinduistické *Mahápuraně* se píše: „Jestliže Bůh stvořil svět, kde se nacházel před Stvořením? ... Věz, že svět je nestvořený, stejně jako čas sám, bez počátku i konce.“

Uvedené mytologie jsou v příkrém protikladu a zjevně je nelze vzájemně usmířit. Navzájem se vylučují: buď měl vesmír počátek, anebo neměl. Očividně nemůže být nic mezi tím.

Dnes se ale zřejmě vynořuje řešení přicházející ze zcela nečekaného směru - ze světa vědy. Získali jsme je díky nové generaci precizních vědeckých přístrojů vnesených do kosmického prostoru. Dávné mytologie a příběhy spoléhaly na moudrost vypravěčů, kteří se pokoušeli vyložit počátky tohoto světa. Vědci dnes používají spousty umělých družic, laserů, detektorů gravitačních vln, interferometrů, vysokorychlostních superpočítačů a Internetu, aby spustili revoluci v našem chápání vesmíru a poskytli nám zatím nejpřesvědčivější popis jeho stvoření.

Ze získaných dat se postupně vynořuje velká syntéza obou protichůdných mytologií. Vědci se domnívají, že Stvoření se možná odehrává opakovaně ve



věčném oceánu nirvány. V tomto novém obrazu může být náš vesmír přirovnán k bublině vznášející se v ohromném „oceánu“, ve kterém se neustále tvoří další nové bubliny. Podle této teorie vesmíry vznikají jako bublinky ve vroucí vodě, jsou v neustálém procesu zrození, plavou v obrovské aréně, v nirvane jedenácti-rozměrného hyperprostoru. Stále více fyziků soudí, že náš vesmír opravdu vznikl v divokém kataklyzmatu velkého třesku, ale že současně koexistuje s jinými vesmíry v oceánu věčnosti. Pokud se nemýlíme, velké třesky se někde odehrávají i v okamžiku, kdy čtete tuto větu.

Fyzikové a astronomové po celém světě nyní spekulují o tom, jak by takové paralelní světy mohly vypadat, jakými zákony se řídí, jak se rodí a jak mohou nakonec zanikat. Snad jsou tyto paralelní světy zcela pusté, bez nezbytných předpokladů života. Ale třeba vypadají úplně stejně jako náš vlastní vesmír a liší se jen v jediné kvantové události, která je oddělila od našeho světa. A pár fyziků dokonce hovoří o tom, že možná jednoho dne nebude možné žít v našem současném vesmíru, protože zestárne a vychladne, a my jej budeme nuceni opustit a uniknout do jiných vesmírů.

Motorem, jenž pohání tyto nové teorie, je vydatná záplava dat plynoucí z kosmických sond, které zaznamenávají pozůstatky samotného stvoření. Je pozoruhodné, že vědci dnes dopodrobna zjišťují, co se odehrávalo pouhých 380 000 let po velkém třesku, kdy „dosvit“ stvoření vyplňoval celý tehdejší vesmír. Snad nejúplnější obraz tohoto záření, jež doprovázelo zrod vesmíru, dostáváme z nové družice, která se jmenuje WMAP.

## Družice WMAP

„Neuvěřitelné!“ „Opravdový milník!“ Taková slova pronášeli v únoru 2003 jindy rezervovaní astrofyzikové, když popisovali přesná data získaná z tehdy nejnovější družice. Satelit WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), pojmenovaný po kosmologickém průkopníkovi Davidovi Wilkinsonovi, byl vypuštěn roku 2001. Vědcům poskytl podrobný obraz raného vesmíru starého jen 380 000 let, a to s dosud bezprecedentní přesností. Kolosální energie zbývající po počáteční žhavé explozi, jež dala vzniknout hvězdám a galaxiím, i po miliardách let stále proudí naším vesmírem. Konečně byl s vynikajícím rozlišením zaznamenán družicí WMAP, která pořídila doposud nevidanou mapu, snímek celé oblohy, jenž ukazuje i ty nejmenší detaily reliktního mikrovlnného záření vzniklého při velkém třesku. Nad touto „ozvěnou stvoření“, jak ji nazval časopis *Time*, se doslova tají dech. Už nikdy nebudou astronomové hledět na oblohu stejnýma očima.

Objevy družice WMAP představují pro kosmologii „rituál přechodu od spekulací k přesné vědě,“ jak prohlásil John Bahcall z Institutu pro pokročilá studia v Princetonu. Tato záplava dat přicházející z velmi raného vesmíru poprvé v dějinách umožnila kosmologům přesně zodpovědět ty nejstarší otázky, které vzrušovaly a zajímaly lidstvo od okamžiku, kdy poprvé pohlédlo vzhůru k zářivé nebeské kráse noční oblohy. Jak starý je vesmír? Z čeho se skládá? Jaký bude jeho osud?

(V roce 1992 jsme díky předchozí družici COBE [Cosmic Background Explorer] získali první rozmazané obrázky tohoto mikrovlnného záření, jež vyplňuje oblohu. I když šlo o převratný výkon, byl současně zklamáním, protože přinesl jen silně rozostřený snímek raného vesmíru. To však nezabránilo novinářům, aby tento snímek nadšeně neoznačovali za „tvář Boha“. Přesnější by ale bylo, kdybychom rozmazané snímky z COBE nazvali „dětským snímkem“ novorozeného vesmíru. Je-li dnešní vesmír osmdesátiletým starcem, pak snímky pořízené COBE a WMAP ho ukazují jako novorozence, jemuž je sotva jeden den.)

Družice WMAP může získat nebývalé obrázky raného vesmíru proto, že noční obloha funguje jako stroj času. Jelikož se světlo šíří konečnou rychlostí, hvězdy, které vidíme dnes v noci na nebi, spatříme takové, jaké kdysi byly, nikoli takové, jaké jsou dnes. Trvá o něco déle než jednu sekundu, než světlo doletí z Měsíce na Zemi, takže když hledíme na Měsíc, vidíme ho takový, jaký byl před vteřinou. Ze Slunce k Zemi letí světlo zhruba osm minut. Podobně i řada známých hvězd, které pozorujeme na nebi, leží tak daleko, že světlu trvá 10 až 100 let, než k nám od nich dorazí. (Jinými slovy, tyto hvězdy se nacházejí 10 až 100 světelných let od Země. Jeden světelný rok odpovídá zhruba 9,5 bilionu kilometrů, tedy vzdálenosti, kterou světlo uletí za rok.) Světlo ze vzdálených galaxií putuje vesmírem stovky milionů až miliardy let. Jde proto o „fosilní“ světlo, které mohlo být vysláno ještě předtím, než se na Zemi objevili dinosauři. Některým z nejvzdálenějších objektů, jež můžeme spatřit v našich teleskopech, říkáme kvazary. Jsou to ohromné galaktické motory, které vyrábějí nesmírné množství energie na samých hranicích pozorovaného vesmíru, ležící 12 až 13 miliard světelných let od Země. A družice WMAP nyní zaznamenala záření vyslané ještě dávno předtím. Vzniklo prvotním žhavým výbuchem, který stvořil vesmír.

Když kosmologové popisují vesmír, občas používají příměru s pohledem z vrcholu mrakodrapu Empire State Building, který se tyčí více než sto pater nad Manhattanem. Hledíte-li z jeho výšky dolů, stěží rozeznáváte, co se děje

na ulici. Jestliže přízemí Empire State Building představuje velký třesk, pak vzdálené galaxie by se nacházely v desátém patře. Vzdálené kvazary pozorované pozemskými teleskopy by ležely v sedmém patře. Reliktní mikrovlnné záření měřené družicí WMAP by přicházelo z výšky pouhého jednoho centimetru nad ulicí. Družice WMAP nám nyní poskytl i hodnotu stáří vesmíru s neuvěřitelně malou chybou pouhého jednoho procenta: 13,7 miliard let.

Mise WMAP je vyvrcholením více než desetileté tvrdé práce týmu astrofyziků. Koncepti družice WMAP poprvé dostala NASA v roce 1995 a o dva roky později byla tato koncepce schválena. Dne 30. června 2001 vypustila NASA družici WMAP pomocí rakety Delta II na oběžnou dráhu kolem Slunce. Její cíl byl pečlivě zvolen: stal se jím takzvaný Lagrangeův bod 2 (neboli  $L_2$ , což je speciální rovnovážný bod v blízkosti Země). Z tohoto výjimečného místa hledí družice neustále směrem od Slunce, Země a Měsíce, a proto má před sebou ničím nezakrytý pohled na vesmír. Každého půl roku proměří úplně celou oblohu.

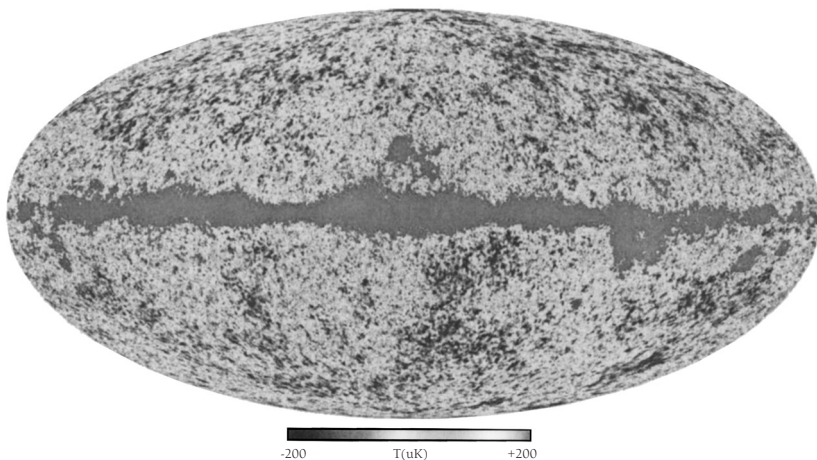
Družice je vybavena těmi nejmodernějšími přístroji. S pomocí mocných senzorů detekuje slabé mikrovlnné záření zbylé po velkém třesku, jež vyplňuje vesmír, ale zemskou atmosférou je takřka pohlcováno. Družice z hliníku a kompozitních materiálů měří 3,8 metru krát 5 metrů a váží 840 kilogramů. Nese dva teleskopy otočené zády k sobě, které soustřeďují mikrovlnné záření z okolního nebe. Naměřená data jsou odesílána zpět na Zemi. Ke svému provozu potřebuje pouze 419 wattů elektrické energie (jako pět obyčejných žárovek). Ve vzdálenosti mnoha milionů kilometrů od Země není družice WMAP rušena atmosférickými poruchami, jež by překrývaly slabé reliktní mikrovlnné záření, a může kontinuálně snímat data z celé oblohy.

Družice dokončila první přehlídku oblohy v dubnu 2002. O šest měsíců později bylo provedeno druhé celkové pozorování. WMAP nám tím dala k dispozici zatím nejúplnější a nejdetailnější mapu reliktního záření. Existenci tohoto mikrovlnného záření poprvé předpověděl George Gamow a jeho tým v roce 1948. Gamow si také uvědomil, že s tímto zářením souvisí teplota, kterou družice WMAP změřila. Nachází se těsně nad absolutní nulou, mezi hodnotami 2,7249 a 2,7251 kelvinů.

Nezkušenému oku bude mapa oblohy pořízená WMAP připadat velmi fádní, jako pouhá změť náhodných teček. Tento soubor bodů však dohnal některé astronomy skoro k slzám, protože představuje fluktuace neboli nepravidelnosti původního divokého kataklyzmatu velkého třesku krátce poté, co vznikl vesmír. Tyto maličké fluktuace jsou jako „semínka“, jež se od té

doby nesmírně zvětšila, jak se vesmír explozivně rozpínal. Dnes tato maličká semínka vyklíčila a rozkvetla do podoby galaxií a galaktických kup, které ozařují oblohu kolem nás. Jinými slovy, Mléčná dráha, naše vlastní Galaxie, i všechny kupy galaxií, které pozorujeme kolem nás, byly kdysi dávno jen jednou z těchto nepatrných fluktuací. Při měření tvaru zmíněných fluktuací vidíme počátky galaktických kup, jež se podobají tečkám na kosmické tapisérii pověšené na noční obloze.

V současné době množství naměřených astronomických dat předstihuje teorie vědců. Dokonce se odvažují tvrdit, že vstupujeme do zlaté éry kosmologie. (Přestože jsou výsledky družice WMAP úchvatné, budou nejspíš záhy překonány družicí Planck, kterou Evropané vypustí roku 2007. Ta poskytne astronomům ještě podrobnější snímky reliktního mikrovlnného záření.) Dnešní kosmologie konečně vstupuje do věku dospělosti, vynořuje se ze stínu fyzikální vědy poté, co řadu let chřadla v bažině spekulací a divokých hypotéz. V minulosti kosmologové trpěli poněkud špatnou reputací. Zápal, s nímž předkládali grandiózní teorie o celém vesmíru, byl srovnatelný pouze s pozoruhodně bídnou úrovní jejich dat. Nositel Nobelovy ceny Lev Landau rád vtipkoval, že „kosmologové se často mýlí, ale nikdy nepochybují“. Přírod-



Toto je snímek „z dětství“ vesmíru, pořízený družicí WMAP. Vesmír je tu starý jen 380 000 let. Každá tečka patrně představuje nepatrnou kvantovou fluktuaci v zářivém dosvitu, který doprovázel stvoření vesmíru, jež se postupně zvětšila a vytvořila dnes pozorované galaxie a galaktické kupy.

ní vědy mají dávné pořekadlo: „Existují spekulace, pak ještě větší spekulace, a potom kosmologie.“

Jako student na Harvardu koncem 60. let jsem si krátce pohrával s možností studovat kosmologii. Od dětství mě fascinovalo zrození vesmíru. I zběžný pohled na tento obor mi však ukázal, že je trapně primitivní. Vůbec nebyl experimentální vědou, v níž by bylo možné přesnými přístroji ověřovat hypotézy, ale spíše snůškou vágních, velmi spekulativních teorií. Kosmologové se zaobírali vášnivými debatami o tom, zdali se vesmír zrodil kosmickou explozí, anebo vždy existoval v ustáleném stavu. Při naprostém nedostatku pozorovacích dat teorie zcela dominovaly nad fakty. Vskutku: čím méně dat, tím urputnější debata.

Během celé historie kosmologie vedl tento nedostatek hodnověrných dat k hořkým, dlouhotrvajícím roztržkám mezi astronomy, které často zuřily celá desetiletí. (Například těsně předtím, než měl astronom Allan Sandage z observatoře Mount Wilson vyslovit přednášku o stáří vesmíru, předchozí řečník sarkasticky pronesl: „To, co teď uslyšíte, je celé špatně.“ A když Sandage slyšel, jak konkurenční skupina získala tímto prohlášením velkou publicitu, zahřímal: „To je totální blbost! Když válka, tak válka!“)

## Stáří vesmíru

Astronomové vždy velmi toužili znát stáří vesmíru. Po celá staletí se učenci, kněží a teologové pokoušeli odhadnout stáří světa jedinou metodou, kterou měli k dispozici: pomocí rodokmenu lidstva od Adama a Evy. V minulém století využili geologové zbytkového radioaktivního záření hornin k získání tehdy nejpřesnějšího odhadu stáří Země. Družice WMAP nyní změřila přímo ozvěnu velkého třesku, díky čemuž jsme mohli dospět k zatím nejvěrohodnější hodnotě stáří vesmíru. Údaje získané WMAP ukazují, že vesmír se zrodil divokou explozí, která se odehrála před 13,7 miliardy let.

(V minulých letech bývala jedním z nejtrapnějších nedostatků kosmologie skutečnost, že stáří vesmíru bylo občas vinou chybných dat odhadováno na menší hodnotu, než je stáří planet a hvězd. Předchozí odhady stáří světa bývaly dokonce jen 1 až 2 miliardy let, což bylo v rozporu se stářím Země [4,5 miliardy let] i nejstarších hvězd [12 miliard let]. Tyto nesrovnalosti již byly odstraněny.)

Družice WMAP ale především dala nový bizarní impuls debatě o tom, z čeho se vesmír skládá, tedy otázce, kterou si kladli již Řekové před více než dvěma tisíci lety. V minulém století vědci věřili, že na tuto otázku mají odpověď.

Po tisících náročných experimentů dospěli k závěru, že vesmír se v zásadě skládá z necelé stovky různých druhů atomů uspořádaných do periodické tabulky prvků, jež začíná vodíkem. Tato skutečnost je základem moderní chemie a učí se na základních i středních školách. WMAP nyní toto přesvědčení vyvrátila.

Družice WMAP potvrdila některé předchozí experimenty a ukázala, že viditelná hmota, kterou pozorujeme kolem nás (včetně hor, planet, hvězd i galaxií), tvoří ubohá 4 procenta veškeré hmoty a energie obsažené ve vesmíru. (Z těchto 4 procent se naprostá většina hmoty objevuje v podobě vodíku a helia, zatímco na ostatní těžší prvky připadá jen 0,03 procenta.) Většina vesmíru se ve skutečnosti skládá ze záhadného materiálu zcela neznámého původu. Obvyklé prvky, z nichž je stvořen náš bezprostřední svět, tvoří jen 0,03 procenta vesmíru. V jistém smyslu byla věda vržena o celá staletí zpět, před dobu, kdy byla zformulována atomová hypotéza. Fyzikové se opět potýkají s tím, že ve vesmíru převládá zcela nová, neznámá forma hmoty a energie.

Podle měření WMAP je 23 procent vesmíru tvořeno podivnou, prozatím neurčenou substancí nazývanou temná hmota, která má hmotnost, obklopuje galaxie v gigantických haló, ale je zcela neviditelná. Temná hmota je všudypřítomná a tak hojná, že v naší Galaxii svou hmotností desetkrát převažuje nad všemi hvězdami. Ačkoli je tato podivuhodná temná hmota neviditelná, vědci ji mohou pozorovat nepřímo, protože podobně jako sklo ohýbá světelné paprsky hvězd, a lze ji tedy lokalizovat pomocí optických zkreslení, která způsobuje.

Když o těchto zvláštních výsledcích družice WMAP referoval princetonský astronom John Bahcall, prohlásil: „Žijeme v nepravděpodobném, bláznivém vesmíru, ale jeho základní charakteristiky nyní již známe.“

Snad největším překvapením plynoucím z měření WMAP, které vědeckou komunitu doslova šokovalo, ovšem bylo, že 73 procent vesmíru – tedy jeho zdaleka největší část – tvoří naprosto neznámý druh energie nazývaný temná energie nebo též neviditelná energie, která se skrývá ve vakuu prostoru. Tuto energii zavedl již v roce 1917 Einstein, ale později ji zavrhl (nazval ji svým „největším omylem“). Temná energie neboli energie ničeho, tedy prázdného prostoru, se však teď znovu objevila na scéně coby síla, která ovládá celý vesmír. Nyní se věří, že tato temná energie vytváří nové antigravitační pole, které od sebe navzájem odpuzuje galaxie. Konečný osud vesmíru je tak předurčen temnou energií.

Nikdo dnes nechápe, odkud se tato „energie ničeho“ bere. „Upřímně řečeno, prostě jí nerozumíme. Víme, jaké jsou její účinky, ale jsme zcela bezradní... každý je z ní bezradný,“ připouští Craig Hogan, astronom z Washingtonské univerzity v Seattlu.

Vyjdeme-li z nejnovější teorie subatomárních částic a pokusíme-li se spočítat hodnotu této temné energie, dojdeme k číslu, které se od naměřené hodnoty liší o faktor  $10^{120}$  (to je číslo rovné jedničce následované 120 nulami). Tento hluboký rozpor mezi teorií a experimentem je zdaleka největší odchylkou v dějinách vědy. Je to jedna z našich největších potíží – ani naše nejlepší teorie neumí správně spočítat hodnotu největšího zdroje energie v celém vesmíru. Na odvážné jedince, kteří dokážou odhalit tajemství temné hmoty a temné energie, určitě čeká police plná Nobelových cen.

## Inflace

Astronomové se stále ještě prokousávají záplavou dat pořízených družicí WMAP. Staré koncepce vesmíru byly překonány a vynořuje se nový kosmologický obraz světa: „Položili jsme základy jednotné konzistentní teorie kosmu,“ prohlašuje Charles L. Bennett, šéf mezinárodního týmu, který pomáhal stavět družici WMAP a analyzovat získaná data. Zatím je hlavní teorií „idea inflačního vesmíru“, zásadní upřesnění teorie velkého třesku, kterou poprvé navrhl fyzik Alan Guth z MIT. Podle inflačního scénáře způsobila v první biliontině biliontiny sekundy tajemná antigravitační síla to, že se vesmír začal rozpínat mnohem rychleji, než se předtím myslelo. Inflační éra byla nesmírně explozivním obdobím, během něhož se vesmír rozpínal daleko větší rychlostí, než cestuje světlo. (To nijak neporušuje Einsteinův výrok, že se nic nemůže pohybovat rychleji než světlo, neboť v daném případě expanduje prázdňý prostor sám o sobě. Bariéra rychlosti světla nemůže být překonána jen hmotnými objekty.) Během pouhého zlomku sekundy se vesmír zvětšil o nepředstavitelně veliký faktor  $10^{50}$ .

Abychom si znázornili mohutnost tohoto inflačního období, představme si rychle se nafukující balon, na jehož povrch jsme namalovali galaxie. Celý námi pozorovaný vesmír se všemi hvězdami a galaxiemi se nachází na povrchu tohoto balonu, nikoli uvnitř něj. Nyní na balonek nakreslete maličkou kružnici. Ta představuje viditelný vesmír – všechno, co můžeme spatřit našimi dalekohledy. (Pro srovnání, kdyby celý pozorovaný vesmír byl tak malý jako subatomární částice, pak by celý skutečný vesmír byl mnohem větší než viditelný vesmír kolem nás.) Jinými slovy, inflační expanze byla tak prudká,



že za hranicemi námi pozorovaného vesmíru dnes leží oblasti, které nikdy nebudeme moci spatřit.

Inflace byla ve skutečnosti tak obrovská, že balon se v našem okolí zdá úplně plochý, což bylo experimentálně ověřeno družicí WMAP. Stejně jako se nám zemský povrch jeví plochý, protože jsme příliš malí ve srovnání s poloměrem Země, tak i vesmír vypadá plochý jen proto, že je zakřiven na daleko větších rozměrech.

Jestliže předpokládáme, že raný vesmír prošel obdobím tohoto procesu inflace, dokážeme velmi snadno vysvětlit mnoho záhad týkajících se vesmíru, například fakt, že se nám zdá plochý a homogenní. Když fyzik Joel Primack komentoval inflační teorii, řekl: „Žádná podobně krásná teorie se doposud nikdy nemýlila.“

### Multiverzum

Přestože je inflační vesmír v dobrém souladu s daty naměřenými družicí WMAP, stále ještě nedokáže odpovědět na otázku, co inflaci způsobilo. Co vlastně zapojilo tuto antigravitační sílu, která nafoukla vesmír? Existuje více než padesát různých hypotéz, které se snaží objasnit, co způsobilo inflaci a co ji posléze také ukončilo, čímž vznikl vesmír, který dnes pozorujeme. Nepanuje ale všeobecná shoda. Většina fyziků souhlasí se základní představou rychlého inflačního období, ale prozatím neexistuje žádná definitivní odpověď na otázku, co bylo hnacím motorem inflace.

Protože nikdo přesně neví, jak inflace začala, stále existuje možnost, že tentýž mechanismus by se mohl znova uplatnit, tedy že inflační exploze by se mohly objevovat opakovaně. S touto představou přišel ruský fyzik Andrej Linde ze Stanfordské univerzity: ať už je mechanismus způsobující náhlou expanzi vesmíru jakýkoli, je stále připraven znovu se uplatnit a možná náhodně způsobit, že se vzdálené oblasti vesmíru rovněž mohou náhle nafouknout.

Podle této teorie se může maličká oblast vesmíru znenadání inflačně zvětšit a „vyrašit“, čímž vyklíčí „dceřinný“ vesmír, jakési „vesmírné dítě“. Z něj může dále vyrašit další vesmírné dítě, a tento proces klíčení pokračuje donekonečna. Představte si, že vyfukujete do vzduchu mýdlové bubliny. Když fouknete dostatečně silně, spatříte, že některé bubliny se rozpůlí, a vytvoří tím nové bubliny. Stejným způsobem by mohl vesmír neustále rodit nové vesmíry. Podle tohoto scénáře se velké třesky odehrávají pořád. Je-li to pravda, pak bychom měli žít v moři takovýchto vesmírů, jako bublina žijící v oceánu

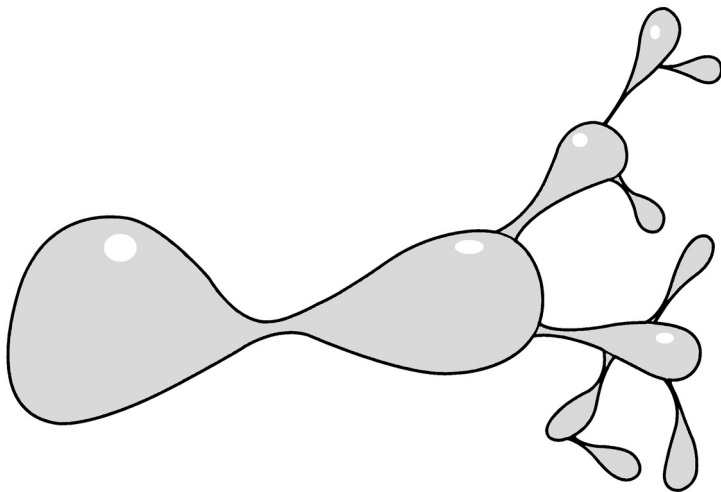


jiných bublin. Ve skutečnosti bychom takovému vesmíru neměli říkat „univerzum“, ale „multiverzum“ či „megavesmír“.

Linde nazval svoji teorii věčnou, sebereprodukující se inflací nebo též „chaotickou inflací“, protože si představuje nekonečný proces kontinuální inflace paralelních vesmírů. „Inflace na nás dost silně dotírá s představou mnohočetných vesmírů,“ prohlašuje Alan Guth, který jako první přišel s inflační teorií.

Zmíněná teorie také implikuje, že náš vlastní vesmír by v jistém okamžiku mohl zrodit své vlastní vesmírné dítě. A třeba náš vesmír sám mohl vzniknout zrozením z předchozího mnohem staršího vesmíru.

Jak říká Královský astronom Velké Británie Sir Martin Rees: „To, co obvykle nazýváme ‚vesmírem‘, může být jen jedním členem rozsáhlé rodiny. Existuje bezpočet způsobů, jimiž se mohou lišit jejich přírodní zákony. Vesmír, ve kterém jsme se vynořili my, patří do neobyčejné podmnožiny světů, které dovolují, aby se v nich vyvinula složitost a vědomí.“



Roste množství teoretických argumentů podporujících myšlenku existence multiverza, ve kterém se celé nové vesmíry rodí „rašněním“ z jiných vesmírů. Je-li tomu tak, znamená to sjednocení dvou velkých náboženských mytologií, Stvoření a nirvány. Stvoření by se neustále odehrávala v předivu bezčasé nirvány.

Výzkumná aktivita týkající se multiverza dala vzniknout spekulacím, jak by takové jiné vesmíry mohly vypadat, zdali hostí život a jestli by bylo možné se s nimi kontaktovat. Vědci na Caltechu, MIT, v Princetonu a v jiných vědeckých centrech provedli výpočty s cílem zjistit, zdali je vstup do paralelních světů v souladu s fyzikálními zákony.

### M-teorie a jedenáctá dimenze

Samotnou myšlenku existence paralelních světů vědci kdysi přijímali s nedůvěrou a pokládali ji za doménu mystiků, šarlatánů a bláznů. Každý vědec, který se odvážil pracovat na paralelních vesmírech, byl zesměšňován. Mohl tím ohrozit svoji kariéru, protože dodnes neexistují žádné experimentální důkazy o jejich existenci.

Nedávno se však obecné postoje dramaticky změnily, neboť zmíněným problémem se začaly horečnatě zabývat jedny z nejlepších mozků lidstva. Důvodem této náhlé změny byl příchod nové teorie, teorie strun, a její nejnovější veze, takzvané M-teorie, která nám slibuje nejen objasnit povahu multiverza, ale též „nahlédnout do Boží mysli“, jak to kdysi výmluvně vyjádřil Einstein. Pokud se tato očekávání naplní, bude to znamenat vyvrcholení fyzikálního výzkumu, prováděného poslední dva tisíce let od chvíle, kdy Řekové začali hledat první konzistentní a všeobjímající teorie vesmíru.

Množství publikovaných článků věnovaných teorii strun a M-teorii je ohromující; dosahuje počtu desítek tisíc. Tématem se zabývaly stovky mezinárodních konferencí. Každá větší univerzita na světě buď má vlastní skupinu pracující na strunové teorii, anebo se intenzivně snaží teorii pochopit. Přestože strunová teorie není našimi dnešními přístroji testovatelná, vyvolala ohromný zájem mezi fyziky, matematiky, a dokonce i experimentátory, kteří doufají, že se jim v budoucnosti podaří ověřit okrajové části teorie pomocí mohutných detektorů gravitačních vln v kosmickém prostoru nebo pomocí urychlovačů částic.

Teorie nakonec může zodpovědět otázku, která kosmology znepokojuje od chvíle, kdy byla zformulována teorie velkého třesku: co se dělo před velkým třeskem?

Vyžaduje to od nás, abychom využili veškeré své fyzikální znalosti a všechny fyzikální objevy nahromaděné během uplynulých staletí. Jinými slovy, potřebujeme „teorii všeho“ – teorii všech fyzikálních sil, které utvářejí vesmír. Einstein strávil posledních třicet let svého života honbou za podobnou teorii, ovšem bez výsledku.

V dnešní době je hlavní teorií, která by mohla vysvětlit mnohotvárnost sil ve vesmíru, teorie strun, respektive její nejnovější inkarnace, M-teorie. (Pismenko M zastupuje slovo „membránová“, může ale také znamenat „mysteriózní“, „magická“ anebo „mateřská“. Přestože jsou teorie strun a M-teorie v podstatě identické, M-teorie představuje záhadnější a propracovanější rámec, který sjednocuje různé teorie strun.)

Od antického Řecka filozofové spekulují o tom, že základními stavebními kameny hmoty mohou být nepatrné částice nazývané atomy. Dnes dokážeme pomocí mohutných urychlovačů dokonce i atomy rozbít na elektrony a jádra, která lze dále rozštěpit na ještě menší subatomární částice. Znervózňuje nás však skutečnost, že namísto elegantního a jednoduchého systému se nám zjevil svět složený ze stovek různých druhů subatomárních částic vylétujících z urychlovačů, které nesou podivná jména jako například neutrina, kvarky, mezony, leptony, hadrony, gluony, W-bosony a tak dále. Je těžké uvěřit, že příroda na své nejhlubší úrovni může vytvářet tak nepřehlednou džungli bizarních subatomárních částic.

Teorie strun a M-teorie vycházejí z jednoduché a elegantní představy, že matoucí množství subatomárních částic tvořících vesmír je podobné tónům, které lze zahrát na houslové struně anebo na membráně napnuté na bubnu. (Nejedná se ale o obyčejné struny a membrány: leží v deseti- a jedenácti-rozměrném hyperprostoru.)

Fyzikové tradičně pohlíželi například na elektrony jako na nekonečně malé bodové částice. Museli proto zavést různé bodové objekty pro každý druh subatomárních částic, které objevili, což bylo velmi složité. Kdybychom ale měli supermikroskop, který by dokázal nahlédnout do struktury elektronu, pak bychom podle teorie strun zjistili, že to vůbec není bodová částice, ale nepatrná vibrující struna. Jako bodová částice pouze vypadá, protože naše přístroje jsou příliš nepřesné.

Tyto maličké struny ovšem mohou vibrovat na mnoha různých rezonančních frekvencích. Kdybychom na tuto vibrující strunu dokázali drknout, změnila by svůj vibrační modus a stala by se jinou subatomární částicí, například kvarkem. Drkněte znova a stane se z ní neutrino. Tímto způsobem lze vysvětlit celou plejádu subatomárních částic: jsou to jen různé hudební tóny téže struny. Stovky subatomárních částic, které pozorujeme v laboratořích, tak můžeme nahradit jediným typem objektů - strunami.

V tomto novém žargonu nejsou fyzikální zákony, pečlivě budované tisíciletými experimenty, ničím jiným než zákony harmonie předepsanými pro struny

a membrány. Zákony chemie jsou melodiemi, které lze zahrát na tyto struny. Vesmír je symfonií strun. A „Boží mysl“, o které tak působivě psal Einstein, je kosmickou hudbou rezonující napříč hyperprostorem. (Což vyvolává další otázku: Jestliže je vesmír symfonií strun, existuje i její skladatel? Tohoto problému se dotknu v kapitole 12.)

HUDEBNÍ ANALOGIE	STRUNOVÝ PROTĚJŠEK
Notový zápis	Matematika
Struny na houslích	Superstruny
Tóny	Subatomární částice
Zákony harmonie	Fyzika
Melodie	Chemie
Vesmír	Symfonie strun
„Boží mysl“	Hudba rezonující hyperprostorem
Skladatel	?

### Konec vesmíru

Družice WMAP nejen poskytuje zatím nejdůkladnější pohled na raný vesmír, ale dává také nejdetailnější obrázek toho, jak náš svět skončí. Stejně jako záhadná antigravitační síla způsobila na počátku času velmi rychlé vzdalování galaxií, tatáž antigravitační síla nyní určuje i konečný osud vesmíru. Dříve si astronomové mysleli, že se rozpínání vesmíru bude postupně zpomalovat. Nyní jsme si uvědomili, že vesmír svoji expanzi ve skutečnosti zrychluje, že galaxie se od sebe řítí čím dál větší rychlostí. Právě temná hmota, která tvoří 73 procent hmoty a energie vesmíru, způsobuje zrychlování vesmírné expanze. Adam Riess ze Institutu kosmického teleskopu říká: „Vesmír se chová jako řidič, který zpomaluje, když se blíží k semaforu s červenou, ale pak, když se rozsvítí zelená, prudce šlápne na plyn.“

Pokud nenastane něco, co takové rozpínání zvrátí, za 150 miliard let se naše galaxie stane osamělým hvězdným ostrovem, neboť 99,99999 procent všech dnes blízkých galaxií již překročí hranice pozorovatelného vesmíru. Galaxie, které dobře známe z noční oblohy, se od nás budou vzdalovat tak rychle, že jejich světlo k nám už nikdy nedoletí. Galaxie samy nezaniknou, budou však tak daleko, že naše teleskopy je už nebudou moci zaznamenat.

Přestože dnes pozorovaný vesmír obsahuje přibližně 100 miliard galaxií, za 150 miliard let jich budeme moci spatřit jen několik tisíc z naší místní nadkupy. V ještě vzdálenější budoucnosti bude celý pozorovatelný vesmír tvořen pouze naší místní skupinou, kterou tvoří 36 galaxií. Miliardy ostatních galaxií již budou ležet za horizontem. (Přitažlivá gravitace v místní skupině totiž postačí k překonání expanzních sil. Paradoxně, až vzdálené galaxie zmizí z dohledu, nebudou mít astronomové žijící v temné budoucnosti možnost expanzi vesmíru změřit, protože místní skupina galaxií se rozpínat nebude. Ve vzdálené budoucnosti by tak astronomové, kteří poprvé pohlédnou na nebe, mohli nabýt mylného dojmu, že vesmír se vůbec nerozpíná, že je statický a skládá se jen ze 36 galaxií.)

Bude-li působení této antigravitační síly pokračovat, vesmír nakonec zahyne ve velkém zmrazení. Veškerý inteligentní život ve vesmíru nevyhnutelně zmrzne trýznivou smrtí, neboť teplota kosmického prostoru klesne na absolutní nulu, při které i molekuly ustanou v pohybu. Za biliony bilionů let přestanou svítit hvězdy, jejich nukleární ohně vyhasnou, neboť vyčerpají palivo, a noční obloha navždy potemní. Kosmická expanze zanechá jen chladný mrtvý vesmír černých trpasličích hvězd, neutronových hvězd a černých děr. A v ještě vzdálenější budoucnosti dokonce i černé díry vypaří svoji energii a zanechají po sobě pouze mrtvou chladnou mlhu elementárních částic. V tomto bezútěšném mrazivém vesmíru nebude inteligentní život v jakékoli představitelné podobě fyzikálně možný. Neoblomné zákony termodynamiky zakazují v tak mrazivém prostředí přenášet jakoukoli informaci, čímž veškerý život nutně zanikne.

Představa, že by vesmír mohl nakonec skončit v ledovém stavu, se vynořila již v 18. století. Charles Darwin ve svém komentáři o chmurných vyhlídkách veškerého inteligentního života, které tehdy zdánlivě vyplývaly z fyzikálních zákonů, napsal: „Věřím, že lidé ve vzdálené budoucnosti budou daleko dokonalejšími bytostmi než my dnes, a proto je nesnesitelná představa, že po tak dlouhém postupném procesu vývoje budou spolu se všemi ostatními vnímajícími stvořeními odsouzeni k naprostému vyhynutí.“ Bohužel, poslední data z družice WMAP zřejmě naplňují Darwinovy nejhorší obavy.

## Únik do hyperprostoru

Fyzikální zákon praví, že inteligentní život ve vesmíru jednou dospěje k této konečné smrti. Platí však také zákon evoluce, podle něhož se život v měnícím se prostředí buď přizpůsobí, nebo zahyne. Existuje ale i možnost, že dané prostředí opustí. Protože se nelze přizpůsobit vesmíru, který celý zmrzne,

jedinou možností bude buď zahynout, anebo takový vesmír opustit. Je možné, že budoucí civilizace čelící za biliony let vesmírné smrti vyvine technologii nezbytnou k opuštění vesmíru pomocí vícerozměrného „záchranného člunu“ a přeplaví se do bezpečí jiného, mladšího a teplejšího vesmíru? Anebo využije své mimořádné technologie a sestrojí „stroj času“, pomocí něhož se přesune do minulosti, v níž panovaly příznivější teploty?

Někteří fyzikové přišli s řadou hodnověrných, třebaže vysoce spekulativních nápadů, vycházejících z nejnovějších fyzikálních poznatků, jak by mohly dimenzionální portály či brány do jiných vesmírů vypadat. Tabule ve fyzikálních laboratořích po světě jsou plné abstraktních rovnic, pomocí nichž fyzikové počítají, zdali je anebo není možné použít „exotickou energii“ a černé díry k otevření průchodu do jiného vesmíru. Byla by pokročilá civilizace – snad za miliony či miliardy let s daleko vyspělejší technologií – schopna využít známých fyzikálních zákonů ke vstupu do jiných světů?

Kosmolog Stephen Hawking z Cambridgeské univerzity jednou vtipně poznamenal: „Pokud červí díry existují, byly by ideální pro rychlé lety vesmírem. Mohli byste projít červí dírou na opačnou stranu galaxie a vrátit se včas zpátky na večeři.“

A pokud jsou červí díry a dimenzionální portály příliš malé na to, aby umožnily konečný odchod z vesmíru, existuje ještě jiná možnost: zmenšit veškerý informační obsah pokročilé inteligentní civilizace na molekulární úroveň a poslat ji skrze bránu, kde se na druhé straně sama zrekonstruuje. Takovým způsobem by celá civilizace mohla vstříknout svoje semínka skrze dimenzionální brány a znovu se ustanovit v celé svojí kráse. Hyperprostor, dnes pouhá hříčka teoretických fyziků, se může stát poslední spásou pro inteligentní život v umírajícím vesmíru.

Abychom však v plné míře pochopili důsledky takové události, budeme se muset nejprve seznámit s tím, jak kosmologové a fyzikové obtížně dospěli k těmto neuvěřitelným závěrům. V našem rychlokurzu *Paralelních světů* shrneme historii kosmologie, která vyvrcholila teorií inflace. Ta je nejen v souladu se všemi experimentálními daty, ale nutí nás uvažovat i o existenci mnoha dalších světů.