

PŘED STVOŘENÍM

Na začátku bylo velké kosmické vejce. Uvnitř vejce byl chaos, v chaosu se vznášel Pchan Ku, nebeský zárodek.

MÝTUS O PCHAN KU, ČÍNA, 3. STOLETÍ

Jestliže Bůh stvořil svět, kde tedy byl před Stvořením? ... Vězte, že svět je nestvořený, jako sám čas, bez začátku a bez konce.

MAHÁPURÁNA, INDIE, 9. STOLETÍ

„MĚL BŮH MAMINKU?“

Když se dětem řekne, že Bůh stvořil nebe a zemi, ptají se nezákladně, jestli měl Bůh maminku. Tato zrádně jednoduchá otázka ochromila církevní hodnostáře, zaskočila nejlepší teology a otevřela jednu z nejožehavějších teologických debat trvající staletí. Všechna velká náboženství mají složitou mytologii vinoucí se kolem božského aktu Stvoření, žádná z nich se však adekvátně nestaví k logickým paradoxům obsaženým v otázkách, které kladou i děti.

Bůh snad stvořil nebesa a zemi za 7 dní, co se však stalo před prvním dnem? Jestliže připustíme, že Bůh měl matku, vznikne přirozená otázka, zda také ona měla matku a tak pořád dál. Jestliže však Bůh matku neměl, vzniká otázek ještě více: Odkud se Bůh vzal? Existoval od věků, nebo je snad mimo čas samý?

Během staletí se i velcí malíři při práci na církevních zakázkách dostávali do choulostivých teologických debat: Když se zobrazují Bůh, Adam nebo Eva, mají se jim namalovat pupky? Pupek je místem, kde se připojovala pupeční šňůra, a tak se Bůh, Adam ani Eva nemohou malovat s pupkem. Na příklad Michelangelo stál před tímto dilematem u svého slavného zobrazení Stvoření a vyhnání Adama a Evy z ráje na stropě Sixtinské kaple. Odpověď na tuto teologickou otázku najdete v každé velké galerii: Bůh, Adam a Eva prostě pupík nemají, protože byli první.

PŘED STVOŘENÍM

DŮKAZY BOŽÍ EXISTENCE

Svatý Tomáš Akvinský se ve 13. století rozhodl pozvednout úroveň teologických debat z vágní mytologie k přesné logice. Pustil se do řešení těchto dávných otázek ve svých slavných „důkazech Boží existence“.

Tomáš Akvinský shrnul své důkazy takto:

Věci se pohybují, existuje tedy první hybatel
Věci mají příčinu, existuje tedy prvopříčina
Věci existují, existuje tedy Stvořitel
Existuje dokonalá dobrota, existuje tedy její zdroj
Věci mají účel, slouží tedy cíli.¹

(První tři věty jsou variacemi toho, co se nazývá *kosmologickým důkazem*; čtvrtá argumentuje morálkou; pátá se nazývá *teleologickým důkazem*. Morální důkaz je zdaleka nejslabší, neboť morálka je založena na vyvíjejících se sociálních zvyklostech.)

Akvinského „kosmologický“ a „teleologický“ důkaz Boží existence užívala církev v posledních 700 letech k odpovědi na tuto zapeklitou teologickou otázku. Ve světle vědeckých objevů posledních sedmi století se sice od té doby ukázalo, že nejsou bezchybné, na svou dobu však byly velice vynalézavé a ukazují vliv řecké antické filozofie, neboť ta první zavedla do svých úvah o přírodě logickou přesnost.

Tomáš Akvinský začíná svůj kosmologický důkaz tezí, že Bůh je První Hybatel a První Tvůrce. Obratně se vyhnul otázce „kdo stvořil Boha“ prostým tvrzením, že tato otázka nemá smysl. Bůh nemá stvořitele, protože byl První. Tečka. Kosmologický důkaz říká, že vše, co se hýbe, musí mít svého hybatele a tak dále. Co však zahájilo první pohyb?

Představme si na chvíli, že sedíme v parku na lavičce a vidíme, jak kolem nás jede dětské autíčko. Zřejmě si pomyslíme: to autíčko tlačí nějaké malé dítě. Počkáme okamžik, zjistíme však, že to první autíčko je tlačeno druhým autíčkem. Zvědavě počkáme na dítě ještě chvílku, ale je tu třetí autíčko, které tlačí první dvě. Jak čas plyne, ukáží se stovky autíček, z nichž každé tlačí ty před sebou, a žádné dítě v dohledu. Zaraženě se podíváme do dálky. Vidíme nekonečnou řadu autíček, každé tlačí před sebou, ale nikde je nikdo netlačí. Jestliže je k tlačení autíčka potřeba dítě, může být nekonečná řada autíček tlačena bez Prvního Tlačitele? Může nekonečná řada autíček tláčit sama sebe? Nemůže. Tudíž musí existovat Bůh.

Teleologický důkaz je ještě přesvědčivější. Říká, že musí existovat První Stvořitel. Představme si, že kráčíme po písčitém povrchu Marsu, kde vítr a prашné bouře postupně srovnaly hory i obrovské krátery. Po desítky miliónů let nic neuniklo korozivnímu působení písečných bouří. Pak k svému překvapení najdeme v písečných dunách ležet překrásný fotoaparát. Čočka je vyleštěná, hladká, mechanika závěrky funguje. Jistě si pomyslíme, že písek na Marsu nemohl vytvořit takovou krásnou věc. Pak při další procházce po povrchu Marsu najdeme králíka. Oko králíka je jistě nekonečně složitější než objektiv fotoaparátu. Svaly v jeho oku jsou nekonečně složitější než závěrka. Stvořitel tohoto králíka musí být nekonečně schopnější než zhotovitel kamery. Musí to proto být Bůh.

Představme si nyní stroje na Zemi. Není pochyby, že tyto stroje byly zhotoveny někým vyšším, jako třeba lidmi. Není pochyb, že člověk je nekonečně složitější než stroj. Proto Ten, kdo stvořil nás, musí být nekonečně složitější než my. Takže tedy musí existovat Bůh.

V roce 1078 vytvořil svatý Anselm, arcibiskup Cantaburský, velmi vynalézávý důkaz Boží existence, *důkaz ontologický*, který vůbec nezávisí na prvních hybatelích a prvních tvůrcích. Svatý Anselm říká, že dovede dokázat jouscnost Boží čistou logikou. Definuje Boha jako nejdokonalejší, nejmocnější bytost, jakou si lze představit. Je však možno představit si dva typy Boha. První typ Boha, jak si ho představujeme, neexistuje. Druhý Bůh, jak si ho představujeme, skutečně existuje a je schopen činit zázraky, jako dělit vody a křísit mrtvé. Druhý Bůh (který existuje) je zřejmě mocnější a dokonalejší než první Bůh (který neexistuje).

My jsme však definovali Boha jako nejdokonalejší a nejmocnější bytost, kterou si lze představit. Podle definice Boha bude druhý Bůh (ten, který existuje) mocnější a dokonalejší. Proto druhý Bůh vyhovuje definici. První Bůh (který neexistuje) je slabší a méně dokonalý než druhý Bůh, a proto nesplňuje definici Boha. Bůh tedy musí existovat. Jinými slovy, jestliže definujeme Boha jako „takovou bytost, že si nelze představit žádnou větší“, pak Bůh musí existovat, protože kdyby neexistoval, bylo by možné si představit většího Boha, který existuje. Tento vynalézávý důkaz, na rozdíl od důkazů svatého Tomáše Akvinského, nijak nezávisí na aktu Stvoření a vychází zcela z definice dokonalé bytosti.

Je pozoruhodné, že tyto „důkazy“ Boží existence vydržely 700 let a odolávaly opakovaným útokům vědců a logiků. Důvodem bylo, že nebylo dost známo o základních zákonech fyziky a biologie. Vlastně až během posledního sto-

letí byly objeveny nové přírodní zákony, které jsou schopny poukázat na slabiny v těchto důkazech.

Kupříkladu slabinou kosmologického důkazu je, že zachování hmoty a energie stačí k vysvětlení pohybu bez odkazu na prvního hybatele. Molekuly plynu například narážejí na stěny nádrže, aniž by vyžadovaly kohokoliv nebo cokoliv, co by jimi pohybovalo. V zásadě se tyto molekuly mohou pohybovat věčně a nevyžadují žádný začátek nebo konec. Není tedy zapotřebí žádného prvního nebo posledního hybatele, stačí zachování hmoty a energie.

U teleologického důkazu ukazuje evoluční teorie, že mohou vznikat vyšší a složitější životní formy z jednodušších, a to přirozeným výběrem a nahodile. Můžeme nakonec vystopovat vznik života samého zpětně až k samovolnému tvoření bílkovinných molekul v raných zemských oceánech, bez odkazu na vyšší inteligenci. Studie prováděné v roce 1955 Stanley L. Millerem ukázaly, že jiskry procházející nádržkou obsahující metan, čpavek a další plyny, obsažené v raném zemském ovzduší, jsou schopny samovolně vytvořit složité uhlovodíkové molekuly a nakonec aminokyseliny (předchůdce bílkovinných molekul) a jiné složité organické molekuly. Není tedy zapotřebí prvního stvořitele k vytvoření prvopočátků života, které zřejmě vzniknou přirozeně z anorganických sloučenin, když na to mají dostatek času.

A konečně Immanuel Kant byl první, kdo po stoletích nejasností odhalil chybu v ontologickém důkazu. Kant poukázal na to, že prohlásíme-li, že určitý objekt existuje, nestane se tím dokonalejším. Například lze téhož důkazu použít k prokázání existence jednorožce. Jestliže definujeme jednorožce jako nejdokonalejšího koně, jehož si lze představit, a jestliže jednorožci neexistují, pak je možné si představit jednorožce existujícího. Když však řekneme, že existuje, neznamená to, že je dokonalejší než jednorožec neexistující. Tudíž nemusí jednorožci nutně existovat. A existovat nemusí ani Bůh.

Udělalí jsme od dob svatého Tomáše a svatého Anselma nějaký pokrok?

Ano i ne. Můžeme říci, že současné teorie Stvoření stojí na dvou pilířích: kvantové teorii a Einsteinově gravitační teorii. Poprvé za tisíce let nahrazuje naše porozumění termodynamice a fyzice elementárních částic náboženské „důkazy“ Boží existence. Nahrazením Božího aktu stvoření velkým třeskem jsme na místě jednoho problému vytvořili jiný. Tomáš Akvinský se domníval, že otázku, co bylo před Bohem, vyřešil tím, že jej definoval jako prvního hybatele. Dnes se ještě stále potýkáme s otázkou, co se dělo před velkým třeskem.

Einsteinovy rovnice se bohužel hroubí při obrovsky malých vzdálenostech a velkých energiích, jaké panovaly při počátku vesmíru. Při vzdálenostech řá-

dově 10^{-33} cm nahrazují Einsteinovu teorii kvantové efekty. Proto se k vyřešení filozofických otázek kolem počátku času musíme nezbytně obrátit k deseti-rozměrné teorii.

V celé této knize jsme zdůrazňovali, že fyzikální zákony se sjednocují, přidáme-li vyšší rozměry. Při studiu velkého třesku vidíme přesný opak tohoto tvrzení. Velký třesk, jak uvidíme, má možná svůj původ v rozpadu původního desetirozměrného vesmíru na jeden čtyř- a jeden šesti-rozměrný vesmír. Můžeme tedy vykládat velký třesk jako rozpad desetirozměrného prostoru a tedy rozpad dosud sjednocených symetrií. To je opět téma této knížky v obráceném pořadí.

Není proto divu, že skládat obraz dynamiky velkého třesku je tak obtížné. Vlastně tím, jak jdeme v čase pozpátku, skládáme úlomky desetirozměrného vesmíru.

EXPERIMENTÁLNÍ DŮKAZY VELKÉHO TŘESKU

Každým rokem nacházíme více důkazů, že k velkému třesku došlo před zhruba 15 až 20 miliardami let. Povězme si něco o těchto experimentálních výsledcích.

Za prvé skutečnost, že se hvězdy od nás vzdalují fantastickými rychlostmi, byla opakovaně prokázána měřením zkreslení světla z nich vycházejícího (zvaného rudý posuv). (Světlo vzdalující se hvězdy je posunuto k větším vlnovým délkám - tedy směrem k rudému konci spektra - podobně, jako zní houkačka sanitky výše než normálně, když se přibližuje, a níže, když se vzdaluje. Tomu se říká Dopplerův efekt. Hubbleův zákon říká, že čím dále od nás je galaxie nebo hvězda, tím rychleji se od nás vzdaluje. Tato skutečnost, na kterou první upozornil astronom Edwin Hubble roku 1929, byla během následujících 50 let ověřena.) Nevidíme žádný modrý posuv vzdálených galaxií, který by znamenal smršťující se vesmír.

Za druhé zastoupení chemických prvků v naší galaxii téměř přesně souhlasí s předpovědí vzniku těžších prvků ve velkém třesku a ve hvězdách. Ve velkém třesku se kvůli obrovské teplotě srážela vodíková jádra takovou rychlostí, že se slučovala na nový prvek hélium. Teorie velkého třesku předpovídá, že procento zastoupení hélia a vodíku ve vesmíru by mělo být zhruba 25 % hélia ku 75 % vodíku. To souhlasí s pozorovanými hodnotami zastoupení hélia ve vesmíru.

Zatřetí nejranější objekty ve vesmíru jsou staré 10 až 15 miliard let, což je v souladu s hrubým odhadem pro velký třesk. Nenacházíme stopy objektů

starších. Radioaktivní materiály se rozpadají (například slabými interakcemi) přesně známými rychlostmi, a tak je možné určit stáří objektu určením poměrného zastoupení určitých radioaktivních látek. Například polovina radioaktivní látky zvané uhlík-14 se rozpadne každých 5730 let, což nám dovoluje určit stáří archeologických nálezů obsahujících uhlík. Jiné radioaktivní prvky (jako uran-238 s poločasem přes 4 miliardy let) nám dovolují určit stáří měsíčních kamenů (z mise *Apollo*). Nejstarší horniny a meteority nalezené na Zemi jsou staré přibližně 4 až 5 miliard let, což je přibližné stáří sluneční soustavy. Výpočtem hmotnosti určitých hvězd, jejichž vývoj je znám, lze určit, že nejstarší hvězdy v naší galaxii vznikly asi před 10 miliardami let.

Čtvrtým a nejdůležitějším důkazem je okolnost, že velký třesk vytvořil kosmickou „ozvěnu“ kolující vesmírem, měřitelnou našimi přístroji. Skutečně, Arno Penzias a Robert Wilson z Bell Telephone Company obdrželi roku 1978 Nobelovu cenu za zachycení této ozvěny velkého třesku, mikrovlnné radiace prostupující známým vesmírem. George Gamow a jeho studenti Ralph Alpher a Robert Herman jako první předpověděli, že ozvěna velkého třesku by se měla pohybovat vesmírem ještě miliardy let poté, nikdo je ale nebral vážně. Sama myšlenka měřit ozvěnu Stvoření vypadala fantasticky, když ji brzy po 2. světové válce předložili.

Jejich úvaha však byla přesvědčivá. Každý objekt po zahřátí postupně vydává záření. To je důvod, proč železo ve výhni září. Čím teplejší je železo, tím vyšší kmitočet vyzařuje. Přesný matematický vztah, zákon Stefan-Boltzmannův, udává vztah mezi kmitočtem světla (neboli v tomto případě barvou) a teplotou. (To je vlastně způsob, jak vědci určují povrchovou teplotu vzdálených hvězd, totiž zkoumáním jejich barvy.) Toto záření se nazývá *záření černého tělesa*.

Jak se železo ochlazuje, snižuje se i kmitočet vydávaného záření, až nakonec železo již ve viditelné oblasti nezáří. Železo se vrátí ke své obvyklé barvě, dále však vyzařuje neviditelné infračervené záření. Takto fungují vojenské přístroje pro noční vidění. V noci jsou poměrně teplá tělesa jako nepřátelští vojáci a motory tanků skryty ve tmě, dále však vyzařují neviditelné záření černého tělesa ve formě infračerveného záření, které zachytí speciální infračervené objektivy. Právě proto se vám uzamčené auto v létě tak zahřeje. Sluneční světlo projde okny auta a zahřeje vnitřek vozu. Jak se ohřívá, začíná vydávat záření černého tělesa ve formě infračerveného záření. Sklo však infračervené záření téměř nepropouští, a tak zůstává uvězněno uvnitř vozu a značně tam zvyšuje teplotu. (Stejně způsobuje záření černého tělesa skleníkový efekt. Zvyšující se

podíl oxidu uhličitého v ovzduší, způsobený spalováním fosilních paliv, uvěznění, podobně jako sklo, záření černého tělesa vycházející ze Země, a tím ji postupně zahřívá.)

Gamow uvažoval, že velký třesk byl původně velmi horký, a tudíž ideální zdroj záření černého tělesa. Ve 40. letech byla technika příliš primitivní a nebyla schopna zachytit tento slabý signál z doby Stvoření, Gamow však spočítal teplotu tohoto záření a předpověděl, že jednoho dne budou existovat dostatečně citlivé přístroje, které toto „reliktní“ záření zaznamenají. Uvažoval takto: Přibližně 300 000 let po velkém třesku se vesmír ochladil natolik, že se mohly začít tvořit atomy; elektrony mohly kroužit kolem protonů a tvořit stabilní atomy, které již netrhala intenzivní radiace zaplavující vesmír. Předtím byl vesmír tak horký, že radiace atomy rozrušovala, jakmile se vytvořily. To znamenalo, že vesmír byl neprůhledný jako hustá neprostupná mlha. Po 300 000 letech již intenzita radiace nestačila k rozrušování atomů, světlo se tedy mohlo šířit na velké vzdálenosti a nerozptylovalo se. Jinými slovy, po 300 000 letech vesmír náhle ztmavl a zprůhledněl. (Zvykli jsme si již tak na představu „temnoty mezihvězdného prostoru“, že zapomináme, že raný vesmír vůbec nebyl průhledný, nýbrž plný vířící neprůhledné radiace.)

Po 300 000 letech tak přestalo elektromagnetické záření silně interagovat s hmotou a stalo se zářením černého tělesa. Postupně, jak vesmír chladl, kmitočty tohoto záření klesaly. Gamow se svými studenty spočítal, že nyní bude toto záření daleko níže než infračervená oblast, a sice v mikrovlnném pásmu. Gamow usoudil, že kdybychom na nebi hledali zdroj stejnorodého a izotropního mikrovlnného záření, měli bychom je zachytit a objevit tak ozvěnu velkého třesku.

Na Gamowovu předpověď se po desetiletí zapomnělo. Roku 1965 však bylo zcela náhodně objeveno mikrovlnné záření. Penzias a Wilson zjistili záhadné zářivé pozadí přicházející ze všech směrů, jakmile zapojili novou reflektorovou anténu v Holmdel v New Jersey. Zpočátku se domnívali, že nežádoucí záření pochází z poruch způsobených nečistotou na anténě, zejména ptačím trusem. Když však velké části antény rozebrali a vyčistili, poruchy nezmizely. Ve stejné době fyzikové Robert Dicke a James Peebles na univerzitě v Princetonu znovu procházeli staré Gamowovy výpočty. Když se konečně Penzias a Wilson dověděli o práci princetonských fyziků, bylo jasné, že oba výsledky spolu přímo souvisí. Když si uvědomili, že toto zářivé pozadí by mohlo být ozvěnou velkého třesku, zvolali prý: „Buď tu vidíme velkou hromadu ptačího trusu, nebo stvoření vesmíru!“ Zjistili, že toto stejnorodé zářivé pozadí je sko-

PŘED STVOŘENÍM

ro přesně to, co před mnohými lety předpověděl George Gamow a jeho spolupracovníci, pokud velký třesk po sobě zanechal závoj zbytkového záření, které mezitím zchladlo na 3°K.

COBE A VELKÝ TŘESK

Patrně nejprůkaznější vědecké potvrzení teorie velkého třesku přišlo roku 1992 s výsledky z družice COBE (Cosmic Background Explorer). Dne 23. dubna oznamovaly titulky novin v celé zemi zjištění skupiny vědců z kalifornské univerzity v Berkeley vedené Georgem Smootem. Našli velmi dramatický a přesvědčivý důkaz teorie velkého třesku. Novináři a komentátoři bez jakýchkoli znalostí z fyziky nebo teologie náhle zasvěceně psali o „Boží tváři“.

Družice COBE byla schopna zcela podstatně zpřesnit dřívější práce Penziasa, Wilsona, Peeblese a Dickeho o mnoho řádů, což stačilo k překonání všech pochyb, že se skutečně našlo reliktní záření pocházející z velkého třesku. Kosmolog Jeremiah P. Ostriker z Princetonu prohlásil: „Když se ve skalách našly zkameněliny, byl původ druhů absolutně jasný. Nuže, COBE svou zkamenělinu našla.“² Družice COBE byla vypuštěna koncem roku 1989 a byla přímo určena ke zkoumání nejmenších detailů ve struktuře mikrovlnného zářivého pozadí, předpovězené Georgem Gamowem a jeho kolegy. Mise COBE měla též nový úkol: vyřešit další záhadu související s reliktním zářením.

Původní výsledky Penziasa a Wilsona byly hrubé; byly schopny pouze ukázat, že mikrovlnné pozadí je až na 10 % stejnorodé. Když je vědci zkoumali detailněji, zjistili, že je mimořádně hladké, bez znatelných vlnek, zlomů nebo skvrn. Bylo vlastně *příliš* hladké. Zářivé pozadí bylo jako hladká neviditelná mlha zaplňující vesmír; tak hladké, že vznikly potíže, když je chtěli vědci uvést do souladu se známými astronomickými poznatky.

V 70. letech použili astronomové své velké dalekohledy k tomu, aby systematicky zmapovali obrovské skupiny galaxií na velkých částech oblohy. Překvapilo je zjištění, že po miliardě let po velkém třesku již vesmír vykazoval tendenci vzniku galaxií a dokonce velkých shluků galaxií a obrovských prázdných prostranství mezi nimi. Shluky jsou obrovské, obsahují miliardy galaxií, a prázdné prostory se protírají po milióny světelných let.

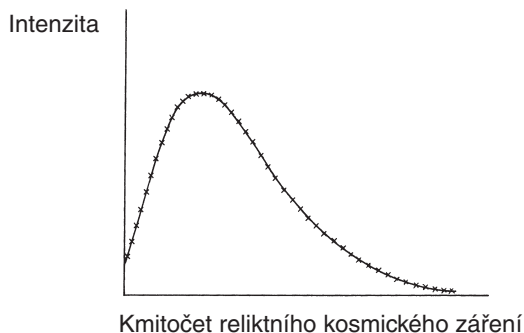
To však představuje kosmickou záhadu: jestliže byl velký třesk výjimečně hladký a stejnorodý, pak nemohla stačit miliarda let k vývoji takové zrnitosti, jakou u shluků galaxií vidíme. Příkrý rozpor mezi původním hladkým velkým třeskem a nepravidelností o miliardu let později byl trýznivým problémem

trápícím všechny kosmology. Pochybnosti o teorii velkého třesku samé nikdy nevznikly; problémy byly s naším chápáním vývoje po velkém třesku během první miliardy let. Bez citlivých družic na měření kosmického reliktního záření problém trval po léta. Roku 1990 dokonce začali novináři bez seriózních fyzikálních znalostí uveřejňovat senzační články nesprávně tvrdící, že vědci našli vážnou závadu v samé teorii velkého třesku. Mnozí psali, že teorie velkého třesku bude co nevidět vyvrácena. Tisk začal křísit dlouho zavrhané alternativní teorie. Dokonce i *New York Times* uveřejnily velký článek, podle nějž má teorie velkého třesku vážné problémy (což vědecky pravda nebyla).

V situaci této mylné kontroverze kolem teorie velkého třesku bylo oznámení údajů z COBE tím zajímavější. Družice COBE byla schopna proesávat oblohu s nevídanou přesností, zaznamenat variace již od poměru 1 : 100 000 a vysílat zpátky na Zemi nejpřesnější mapu kosmického reliktního záření, jaká kdy byla pořízena. Výsledky znovu potvrdily teorii velkého třesku, ba znamenaly ještě více.

Data z COBE ovšem nebylo snadné zkoumat. Před týmem, který vedl Smoot, stály obrovské problémy. Museli například pečlivě odečíst účinek pohybu Země vzhledem k radiačnímu pozadí. Sluneční soustava sama letí vzhledem k radiačnímu pozadí rychlostí 370 km/sec. Pak je tu pohyb sluneční soustavy vzhledem ke galaxii a složitý pohyb galaxie vzhledem ke galaktickým shlukům. Po úporných počítačových korekcích se nicméně z analýzy vylouplo několik oslnivých výsledků. První je, že mikrovlnné pozadí odpovídá původním předpovědím Georga Gamowa (po dosazení přesnějších empirických hodnot) s přesností do 0.1 % (Obr. 9.1). Souvislá čára je předpověď; křížky značí hodnoty naměřené družicí COBE. Když byl tento graf poprvé promítnut na velké plátno při schůzi tisíce astronomů, všichni přítomní spustili nad-

Obr. 9.1. Plná čára představuje průběh předpovídaný teorií velkého třesku, jež říká, že reliktní kosmické záření by se mělo chovat jako záření dokonale černého tělesa v mikrovlnné oblasti. Křížky představují skutečná data změřená družicí COBE. Jejich souhlas je jedním z nejpřesvědčivějších důkazů teorie velkého třesku.



PŘED STVOŘENÍM

šený potlesk. Bylo to snad poprvé v dějinách vědy, kdy jednoduchý graf vyvolal bouřlivé nadšení tolika významných vědců.

Druhý výsledek byl, že Smootův tým byl schopen ukázat, že mikrovlnné záření přece jen vykazuje malinké, téměř mikroskopické skvrny. Tyto nepravidelnosti byly přesně to, co bylo zapotřebí k vysvětlení zrnitosti a prázdných prostor 1 miliardu let po velkém třesku. (Kdyby se tyto skvrny v datech COBE nebyly našly, bylo by nutno provést velkou revizi zkoumání vývoje po velkém třesku.)

Za třetí jsou výsledky konzistentní s tak zvanou *inflační teorií*, i když ji nedokazují. (Tato teorie, s níž přišel Alan Guth z MIT, říká, že v prvním okamžiku Stvoření došlo k mnohem explozivnějšímu rozpínání ve vesmíru než podle obvyklého scénáře velkého třesku; tvrdí, že viditelná část vesmíru dosažitelná našimi dalekohledy je jen nepatrnou částí mnohem většího vesmíru, jehož hranice leží za obzorem naší viditelnosti.)

PŘED STVOŘENÍM: ORBIFOLDY?

Výsledky z družice COBE dodaly fyzikům důvěru, že rozumíme původu vesmíru od doby zlomku sekundy po velkém třesku. Zbývají nám však nepříjemné otázky, co předcházelo velkému třesku a proč k němu došlo. Obecná relativita v krajních situacích vede nakonec k nesmyslným odpovědím. Einstein si uvědomoval, že obecná relativita se při těchto nesmírně malých vzdálenostech prostě zhroutlí, a snažil se rozšířit obecnou relativitu na obsažnější teorii, která by tyto jevy dokázala vysvětlit.

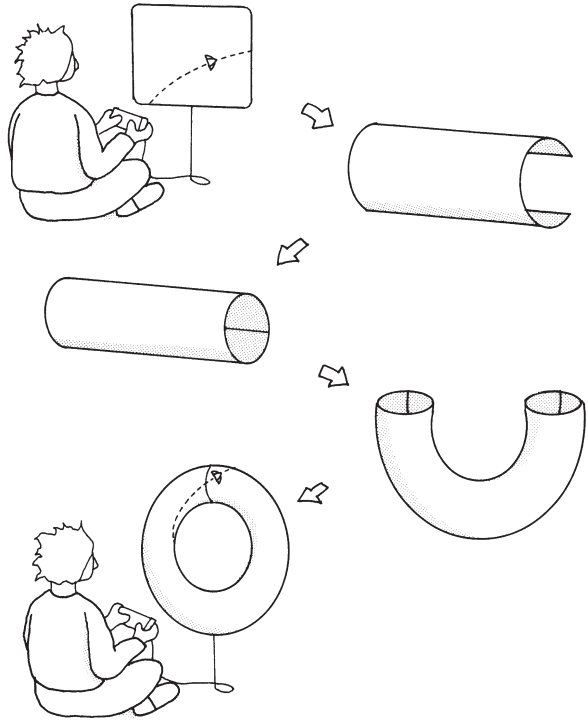
Podle našich představ byly v okamžiku velkého třesku kvantové efekty dominantní silou a překonaly gravitaci. Klíčem ke zdroji velkého třesku je proto kvantová teorie gravitace. Dosud jediná teorie, která si může činit nárok na řešení záhady, co předcházelo velkému třesku, je desetirozměrná teorie superstrun. Vědci právě nyní vytvářejí hypotézy, jak se desetirozměrný vesmír rozštěpil na čtyřrozměrný a šesterozměrný. Jak vypadá naše vesmírné dvojče?

Jedním z fyziků zápasících s těmito kosmickými otázkami je Cumrum Vafa, profesor na Harvardu, jenž po několik let studoval, jak asi se náš desetirozměrný vesmír mohl rozštěpit na dva menší vesmíry. Je přitom sám fyzikem rozštěpeným mezi dvěma světy. Žije v Cambridge v Massachusetts, pochází však z Íránu, procházejícího po desetiletí politickými otřesy. Na jedné straně by si přál vrátit se nakonec do svého rodného Íránu, snad až se tamější sociální chaos uklidní. Na druhé straně jej jeho výzkum odvedl daleko od této neklidné

oblasti světa až do zákoutí šestirozměrného prostoru v dobách mnohem dřívějších, než se chaos v raném vesmíru měl čas stabilizovat.

„Představme si jednoduchou počítačovou hru,“ říká. Raketová loď cestuje po obrazovce, dokud se nedostane příliš daleko doprava. Každý hráč videohry ví, že se pak loď objeví na levém konci obrazovky v přesně stejné výšce. Podobně když se vesmírná loď dostane příliš daleko a spadne pod dolní okraj obrazovky, zjeví se zase na horním okraji. Tak je, jak vysvětluje Vafa, na obrazovce zcela do sebe uzavřený vesmír. Tento vesmír vytvořený na obrazovce nemůžete nijak opustit. Většina mladých lidí si patrně nikdy nepoložila otázku, jak je tento vesmír vlastně utvářen. Vafa upozorňuje na to, že topologií obrazovky je překvapivě topologie duše z pneumatiky!

Představme si obrazovku jako list papíru. Body na horním okraji obrazovky jsou shodné s body na jejím dolním okraji, můžeme tedy vršek a spodek spolu slepit lepidlem. Stočili jsme tak list papíru do trubice. Ale také body na levé straně trubice jsou shodné s body na pravé straně. Jedním ze způsobů, jak oba okraje spojit, je opatrně stočit trubici do kruhu a otevřené konce spolu slepit (Obr. 9.2).



Obr. 9.2. Když při videohře odletí raketa pravým okrajem obrazovky, objeví se znovu zleva. Jestliže zmizí přes horní okraj, vrátí se zespodu. Stočme nyní obrazovku tak, aby totožné body splynuly. Nejdříve ztotožníme horní a dolní okraj tak, že z obrazovky uděláme válcovou plochu. Pak ztotožníme body z levého a pravého okraje tak, že obrazovku stočíme okraji k sobě. Tak vidíme, že videohra má topologii pneumatiky.

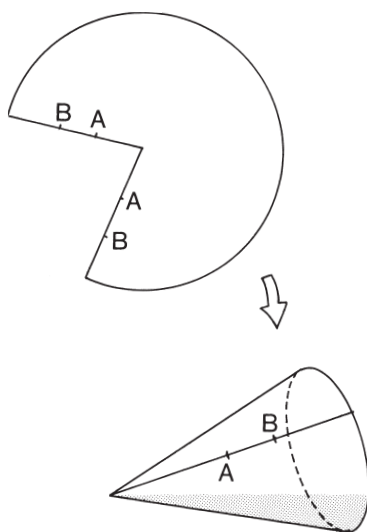
PŘED STVOŘENÍM

Udělalí jsme to, že jsme změnilí list papíru na pneumatiku neboli anuloid. Raketoplán pohybující se po obrazovce lze popsat tak, že se pohybuje po povrchu pneumatiky. Vždy když uletí z obrazovky a znovu se objeví na její druhé straně, odpovídá to tomu, že překročí slepený šev na oné duši.

Vafa vychází z předpokladu, že naše vesmírné dvojčce má tvar jakéhosi pokrouceného šesti-rozměrného anuloidu. On a jeho kolegové prosazují představu, že naše vesmírné dvojčce lze matematicky popsat jako orbifold. Jeho předpoklad, že vesmírné dvojčce má topologii orbifoldu, zdá se velice dobře souhlasit s pozorovanými hodnotami.³

Abychom si představili orbifold, předpokládejme, že obejdeme 360° v kruhu. Každý ví, že přijdeme zpět do téhož bodu. Jinými slovy, jestliže obtančím 360° kolem stožáru, vím, že se vrátím na totéž místo. Jestliže však na orbifoldu obejdeme stožár o méně než 360° , vrátíme se i tak do téhož místa. Zní to absurdně, avšak není těžké orbifold sestrojít. Představme si Plochozemce žijící na kuželu. Jestliže obejdou vrchol kužele o méně než 360° , dojdou do stejného místa. Orbifold je tedy zobecněním kužele ve vyšším rozměru (Obr. 9.3).

Pozoruhodné na Vafových orbifoldech je, že z několika málo předpokladů lze odvodit mnoho vlastností kvarků a jiných elementárních částic. (To proto, že jak jsme si všimli dříve, geometrie prostoru v Kaluza-Kleinově teorii nutí kvarky převzít symetrie prostoru.) To nám dodává důvěru, že jsme na správné stopě. Kdyby nám tyto orbifoldy poskytovaly zcela nesmyslné výsledky, napověděla by nám naše intuice, že s touto konstrukcí je něco zásadně v nepořádku.



Obr. 9.3. Jestliže ztotožníme bod A s bodem A a bod B s bodem B, vytvoříme kuželovou plochu, což je nejjednodušší příklad orbifoldu. Ve strunové teorii by náš čtyřrozměrný vesmír mohl mít šesti-rozměrné dvojčce s topologií orbifoldu. Šesti-rozměrný vesmír je však tak malý, že není pozorovatelný.

Jestliže žádné z řešení teorie strun neobsahuje standardní model, musíme superstrunovou teorii zavrhnout jako další slibnou, ale nakonec nesprávnou teorii. Fyzikové jsou však vzrušeni skutečností, že lze získat řešení slibně blízká standardnímu modelu.

Během posledních 80 let vypracovali matematici vlastnosti těchto podivných ploch ve vyšších rozměrech poté, co francouzský matematik Henri Poincaré prosadil začátkem 20. století topologii jako součást matematiky. Deseti-rozměrná teorie je tudíž schopna vstřebat velkou část moderní matematiky, která se předtím jevila jako zcela neužitečná.

PROČ EXISTUJÍ TŘI GENERACE?

Bohatou zásobárnu matematických vět shromážděných matematiky během minulého století je nyní možno použít k vysvětlení, proč existují tři skupiny částic. Jak jsme viděli dříve, jedním z katastrofálních rysů velkých sjednocení je, že existují tři identické rodiny kvarků a leptonů. Orbifolds by však mohly tento znepokojující rys GUT vysvětlit.⁴

Vafa a jeho spolupracovníci objevili mnoho slibných řešení strunových rovnic, které, jak se zdá, připomínají fyzikální svět. S pozoruhodně malou sadou předpokladů dokáží znovu odvodit standardní model, což znamená pro teorii důležitý krok. Je to vlastně současně síla i slabina teorie superstrun. Vafa a jeho spolupracovníci jsou v jistém smyslu příliš úspěšní: našli milióny jiných možných řešení strunových rovnic.

Základní problém stojící před teorií superstrun je tento: *Který z miliónů možných vesmírů, jež lze matematicky odvodit z teorie superstrun, je ten správný?* Jak jednou řekl David Gross,

Existují milióny a milióny řešení se třemi prostorovými rozměry. Existuje obrovská hojnost klasických řešení ... Tato hojnost byla zpočátku velmi potěšující, protože podávala důkaz, že teorie jako heterotická struna se může velmi podobat reálnému světu. Tato řešení navíc k tomu, že mají čtyři prostoročasové rozměry, vykazují mnoho dalších vlastností připomínajících náš svět - správné druhy částic jako kvarky a leptony a správné druhy interakcí ... To bylo zdrojem vzrušení před dvěma lety.⁵

Gross varuje, že i když jsou některá tato řešení velmi blízká standardnímu modelu, jiná vykazují nežádoucí fyzikální vlastnosti: „Poněkud uvádí do roz-

PŘED STVOŘENÍM

paků, že máme tolik řešení, avšak žádný způsob, jak si mezi nimi vybrat. Ještě větší rozpaky působí, že tato řešení mají navíc k mnoha žádoucím vlastnostem i některé vlastnosti potenciálně katastrofální.“⁶ Když to poprvé uslyší laik, je zaražený a mohl by se zeptat: Proč prostě nespočítáte, kterým řešením dává struna přednost? Teorie strun je přece dobře definovaná teorie, a proto je udivující, že fyzikové nejsou schopni vypočítat odpověď.

Problémem je, že poruchová teorie (která sčítá stále se zmenšující kvantové korekce), jeden z hlavních nástrojů fyziky, zde není k ničemu. Nedokáže rozložit desetirozměrnou teorii na čtyři a šest rozměrů. Musíme proto použít jiné metody než poruchovou teorii a o těch je známo, že se obtížně používají. To je tedy důvod, proč nejsme schopni teorii strun řešit. Jak bylo řečeno již dříve, strunovou teorii pole, vyvinutou Kikkawou a mnou a dále zdokonalenou Wittenem, nelze v současnosti řešit bez teorie poruch. Nikdo na to nestačí.

Kdysi jsem měl spolubydličiho, který studoval historii. Jednou mě varoval, že počítačová revoluce dřív nebo později připraví fyziky o práci. Říkal: „Konečně, počítače přece mohou spočítat všechno, že?“ Pro něj to byla jen otázka času, než matematici vloží všechny fyzikální problémy do počítače a fyzikové skončí na úřadu práce jako nezaměstnaní.

Tento názor mě překvapil, protože pro fyzika není počítač nic jiného než důmyslná kalkulačka, neomylný idiot. Rychlostí dohání, na co nestačí inteligencí. Dříve než zahájíte výpočet, musíte do něj vložit teorii. Počítač není schopen vytvářet sám od sebe nové teorie.

Navíc, i když je teorie známá, může řešení problému počítači trvat nekonečně dlouho. Spočítat všechny skutečně zajímavé otázky ve fyzice by vyžadovalo nekonečně mnoho počítačového času. To je problém teorie strun. Vafa a jeho kolegové sice vytvořili milióny možných řešení, vyžádalo by si však nekonečně mnoho času rozhodnout, která z možností je ta správná, nebo spočítat řešení ke kvantovým problémům kolem bizarního procesu tunelování, jednoho z kvantových jevů, který se řeší nesmírně obtížně.

TUNELOVÁNÍ PROSTOREM A ČASEM

Koneckonců klademe stejnou otázku, kterou položil Kaluza v roce 1919 – kam se poděl pátý rozměr? – jenže na mnohem vyšší úrovni. Jak upozorňoval v roce 1926 Klein, odpověď na tuto otázku souvisí s kvantovou teorií. Snad nejpřekvapivějším (a nejsložitějším) jevem v kvantové teorii je tunelování.

Sedím například nyní v křesle. Myšlenka, že mé tělo náhle prosvíští mezi molekulami zdi v pokoji a znovu se nezvané uvelebí v cizím pokoji, je nepříjemná. Je také nepravděpodobná. Kvantová mechanika však postuluje, že existuje konečná (byť malá) pravděpodobnost, že i nejnepravděpodobnější, bizarní událost – jako že se jednoho rána probudíme a naše postel bude stát uprostřed amazonského pralesa – se může skutečně přihodit. Všechny události, ať jakkoli podivné, se v kvantové teorii stávají pravděpodobnostmi.

Tento proces tunelování zní více jako science fiction než jako skutečná věda. Tunelování však lze změřit v laboratoři a vlastně také řeší záhadu radioaktivního rozpadu. Normálně je jádro atomu stabilní. Protony a neutrony v jádru jsou spolu svázány jadernou silou. Existuje ale malá pravděpodobnost, že se jádro rozpadne a protony a neutrony uniknou tím, že protunelují velkou energetickou bariéru jaderné síly, která drží jádro pohromadě. Normálně bychom čekali, že musí být všechna jádra stabilní. Je však nepopíratelným faktem, že jádra uranu se skutečně rozpadají, ačkoli by neměla; zákon o zachování energie je skutečně na okamžik porušen, když neutrony z jádra protunelují bariérou.

Kouzlo je ovšem v tom, že pro velké objekty, jako třeba lidi, jsou tyto pravděpodobnosti mizivě malé. Pravděpodobnost, že protunelujeme zdi během doby existence známého vesmíru je naprosto nepatrná. Mohu se tedy spolehnout, že nebudu bezohledně protunelován zdi, aspoň za svého života. Obdobně náš vesmír, který byl původně desetiřozměrný, nebyl stabilní; protuneloval a vybuchl na jeden vesmír čtyřrozměrný a jeden šestiřozměrný.

Abychom porozuměli této formě tunelování, představme si film s Charlie Chaplinem, kde Chaplin se snaží natáhnout prostěradlo na velkou postelovou matraci. Prostěradlo má v rozích pružnou gumou. Je poněkud malé, takže se musí snažit pracně přetáhnout pružné rohy přes rohy matrace jeden po druhém. Spokojeně se šklebí, když je prostěradlo konečně hladce natažené přes všechny čtyři rohy. Napětí je však příliš velké; jeden z pružných rohů prostěradla sklouzne ze svého rohu matrace a prostěradlo se zkrabatí. Zklamaně pružný roh znovu přetáhne, avšak vtom seskočí prostěradlo z jiného rohu. Pokaždé, když natáhne pružný roh prostěradla přes roh matrace, jiný pružný roh sklouzne.

Tento proces se nazývá *narušení symetrie*. Hladce natažené prostěradlo má vysoký stupeň souměrnosti. Při otočení postele o 180° zůstává prostěradlo stejné. Tento vysoce symetrický stav se nazývá *falešné vakuum*. Falešné vakuum sice vypadá zcela symetricky, není však stabilní. Prostěradlu se nechce setrvat v tomto nataženém stavu. Existuje tu příliš velké napětí. Energie je příliš

PŘED STVOŘENÍM

velká. Proto jeden z pružných rohů sklouzne a prostěradlo se zkrabatí. Symetrie je narušena a prostěradlo přešlo do stavu nižší energie s méně souměrností. Otočíme-li zkrabacené prostěradlo o 180° , nebude již vypadat stejně.

Nahradme nyní prostěradlo desetirozměrným prostoročasem, prostoročasem dokonalé symetrie. Na začátku času byl vesmír dokonale symetrický. Kdyby tu někdo tehdy byl, pohyboval by se volně bez problému ve všech deseti rozměrech. V té době byly gravitace, slabá, silná a elektromagnetická síla sjednoceny v superstruně. Všechna hmota i všechny síly byly součástí téhož strunového multipletu. Tato souměrnost ale nemohla trvat věčně. Desetirozměrný vesmír byl sice perfektně souměrný, avšak nestabilní, přesně jako ono prostěradlo, a nalézal se ve falešném vakuu. Protunelování do stavu s nižší energií bylo nevyhnutelné. Když k němu nakonec došlo, nastal fázový přechod a symetrie se ztratila.

Protože se vesmír počal štěpit na jeden čtyřrozměrný a jeden šestirozměrný, nebyl již symetrický. Šest rozměrů se zkrabatilo, stejně jako se zkrabatí prostěradlo, když z matrace sklouzne jeden z pružných rohů. Všimněme si však, že jsou čtyři způsoby, jak se prostěradlo může zkrabatit, podle toho, který z rohů sklouzne první. Pro desetirozměrný vesmír ovšem existují patrně milióny způsobů, jak se zkrabatit. Máme-li spočítat, kterému stavu dává desetirozměrný vesmír přednost, musíme vyřešit strunovou teorii pole s použitím teorie fázových přechodů, což představuje nejobtížnější problém kvantové teorie.

NARUŠENÍ SYMETRIE

Fázové přechody nejsou nic nového. Pomysleme na náš vlastní život. Gail Sheehyová zdůrazňuje ve své knize *Přechody*, že život není plynulým proudem zkušeností, jak to často vypadá, nýbrž ve skutečnosti prochází několika stádii, charakterizovanými specifickými konflikty, které se musí vyřešit, a cíli, jichž je nutno dosáhnout.

Psycholog Erik Erikson dokonce předložil teorii psychologických stádií vývoje. Každou fázi charakterizuje fundamentální konflikt. Pokud je tento konflikt správně vyřešen, přejdeme do další fáze. Jestliže konflikt vyřešen není, může se zanítit a dokonce způsobit regresi do ranějšího období. Obdobně ukázal psycholog Jean Piaget, že mentální rozvoj v raném dětství také není plynulým procesem učení, nýbrž je naopak charakterizován náhlými skoky ve schopnosti dítěte vytvářet si pojmy. Jeden měsíc staré dítě přestává sledovat

míč, jakmile se mu odkutálí z dohledu, protože nechápe, že objekt dále existuje, i když jej už nevidí. Příští měsíc je to dítěti již jasné.

To je základ dialektiky. Podle této filozofie procházejí všechny objekty (lidé, plyny, sám vesmír) sérií stadií. Každé stadium je charakterizováno konfliktem mezi dvěma protichůdnými silami. Povaha tohoto konfliktu určuje povahu stadia. Když se konflikt vyřeší, přejde objekt do vyššího stadia zvaného syntéza, kde začíná nový antagonismus, a proces se opět rozbíhá na vyšší úrovni.

Filozofové to nazývají přechodem „kvantity“ v „kvalitu“. Malé kvantitativní změny se nakonec nahromadí, až dojde ke kvalitativnímu zlomu oproti minulosti. Tato teorie se týká též společností. Napětí ve společnosti může dramaticky narůstat, jako tomu bylo ve Francii koncem 18. století. Sedláky ohrožoval hladomor, docházelo k samovolným hladovým bouřím, aristokracie se stáhla do svých pevností. Když napětí dosáhlo bodu zlomu, došlo k fázovému přechodu od kvantity ke kvalitě: sedláci se chopili zbraní, zmocnili se Paříže a dobyli Bastilu.

Fázové přechody mohou být i docela výbušné. Představme si například řeku přehrazenou hrází. Nádrž za hrází se rychle plní vodou pod obrovským tlakem. Nádrž je nestabilní a nachází se ve falešném vakuu. Voda by dala přednost tomu být ve svém pravém vakuu, tedy nejraději by protrhla hráz a valila se dolů, do stavu s nižší energií. Fázový přechod by tedy vedl k protržení přehrad, což by mohlo mít katastrofální následky.

Ještě explozivnějším příkladem je atomová puma. Falešné vakuum odpovídá stabilnímu uranovému jádru. Uranové jádro se sice jeví jako stabilní, jsou v něm však uvězněny obrovské explozivní energie, miliónkrát silnější než ve stejném množství chemické trhaviny. Jednou za čas tuneluje jádro na nižší hladinu, což znamená, že se jádro samo od sebe samovolně rozštěpí. Tomu se říká radioaktivní rozpad. Všechnu tuto zadržovanou energii lze však uvolnit najednou tím, že jádra bombardujeme neutrony. Pak ovšem nastane jaderný výbuch.

Vědci objevili u fázových přechodů nový jev, a to že je obyčejně provází narušení symetrie. Nositel Nobelovy ceny Abdus Salam má rád následující příklad: Představme si kruhový hodovní stůl, kde hosté sedí se sklenicí šampaňského na každé straně. Existuje tu symetrie. Podíváme-li se na stůl s hosty v zrcadle, vidíme totéž: hosté sedí u stolu se sklenicí šampaňského na každé straně. Stejně můžeme stůl s hosty otočit a obraz zůstane týž.

Nyní symetrii narušíme. Předpokládejme, že první z hostů sáhne po sklenici po své pravici. Podle zvyklostí také všichni ostatní hosté zdvihnou sklenici

se šampaňským po své pravé straně. Všimněme si, že v zrcadle vidíme nyní hostinu v opačné situaci: Všichni hosté zdvihli sklenici po své levici. Byla narušena levo-pravá symetrie.

Jiný příklad narušení symetrie pochází ze staré pohádky o princezně uvězněné na vrcholku lesklé skleněné koule. Ačkoli není držena za žádnými železnými mřížemi, nemůže odtud pryč, protože jakmile udělá sebemenší pohyb, sklouzne z koule a zabije se. Mnozí princové se pokusili princeznu zachránit, nepodařilo se jim však vyšplhat na kouli, která je příliš hladká a kluzká. Jde o příklad narušení symetrie. Dokud stojí princezna na vrcholku koule, je v perfektně souměrném stavu. Na kouli není žádný upřednostněný směr. Můžeme pootočit kouli o libovolný úhel, a situace zůstává stejná. Jakýkoli neopatrný pohyb směrem od středu ale způsobí, že princezna spadne, a tím se symetrie naruší. Jestliže například spadne na západ, naruší se rotační symetrie. Západní směr se nyní odlišuje.

Stav s maximální symetrií je tudíž často také nestabilní, a proto odpovídá falešnému vakuu. Stav skutečného vakua odpovídá pádu princezny z koule. Takto odpovídá fázový přechod (pád z koule) narušení symetrie (volbě západního směru).

U superstrunové teorie předpokládají fyzikové (neumějí to ovšem ještě dokázat), že původní deseti-rozměrný vesmír byl nestabilní a protuneloval se do vesmíru čtyř-rozměrného a šesti-rozměrného. Původní vesmír byl tudíž ve stavu falešného vakua, dokonalé symetrie, zatímco dnes se nalézáme v narušeném stavu pravého vakua.

To vede ke znepokojivé otázce: Co by se stalo, kdyby náš vesmír vlastně nebyl pravým vakuem? Co by se stalo, kdyby superstruna zvolila náš vesmír jen dočasně, pravé vakuum by se však nalézalo mezi milióny možných vesmírů? Mělo by to katastrofické důsledky. V mnoha jiných řešeních zjišťujeme, že se tam nevyskytuje standardní model. Jestliže tedy by pravým vakuem byl ve skutečnosti stav, kde není standardní model obsažen, pak by se zhroutily všechny chemické a fyzikální zákony, jak je známe.

Až by se to stalo, v našem vesmíru by se náhle objevila malá bublinka. Uvnitř bublinky by již standardní model nevládl a platily by zde jiné chemické a fyzikální zákony. Hmota uvnitř bublinky by se rozpadla a možná znovu zformovala jinými způsoby. Bublina by se pak rychlostí světla rozpínala a polykala celé hvězdné soustavy, galaxie a galaktické shluky, až by spolkla celý vesmír.

Naprosto by nás to zaskočilo. Šířilo by se to rychlostí světla, a tak by to nebylo možné předem upozorovat. Nikdy bychom se nedověděli, co se nám to stalo.

OD KOSTEK LEDU K SUPERSTRUNÁM

Představme si v naší kuchyni obyčejnou kostku ledu uvnitř tlakového hrnce. Všichni víme, co se stane, zapneme-li vařič. Co se však stane kostce ledu, když ji zahřejeme na bilión biliónů stupňů?

Když na vařiči ohříváme kostku ledu, nejdříve roztaje a změní se ve vodu; tedy prodělá fázový přechod. Zahříváme vodu až k varu. Projde dalším fázovým přechodem a změní se v páru. Zahříváme nyní páru dále na obrovské teploty. Nakonec se molekuly vody rozpadnou. Energie molekul přesáhne vazební energii molekul, takže se rozpadnou na elementární vodík a kyslík.

Nyní zahříváme dále nad 3000 °K, až se atomy vodíku i kyslíku rozštěpí. Elektrony se oddělí od jader a my nyní máme plazmu (ionizovaný plyn), často nazývanou čtvrtým skupenstvím hmoty (po pevných látkách, kapalinách a plynech). I když plazma není součástí naší každodenní zkušenosti, vidíme ji, kdykoli se podíváme do slunce. Plazma je ve skutečnosti nejobvyklejším skupenstvím hmoty ve vesmíru.

Nyní zahříváme plazmu na plotně na 1 miliardu °K, až se jádra vodíku a kyslíku rozpadnou a my dostáváme „plyn“ z jednotlivých neutronů a protonů, jaký je uvnitř neutronových hvězd.

Jestliže zahříváme „plyn“ z nukleonů ještě dále na 10 biliónů °K, změní se tyto jaderné částice na jednotlivé kvarky. Máme nyní plyn z kvarků a leptonů (elektronů a neutrin).

Když zahřejeme tento plyn na 1000 biliónů °K, dojde ke sjednocení elektromagnetické a slabé síly. Při této teplotě se objeví symetrie $SU(2) \times U(1)$. Při 10^{28} °K se sjednotí elektroslabá a silná síla a objeví se GUT symetrie ($SU(5)$, $O(10)$ nebo $E(6)$).

Konečně při neuvěřitelných 10^{32} °K se sjednotí gravitace s GUT silou a vynoří se všechny symetrie desetiřozměrné superstruny. Máme nyní plyn ze superstrun. V tuto chvíli obsahuje tlakový hrnec tolik energie, že se začne křivit geometrie prostoročasu, a rozměrnost prostoročasu by se mohla změnit. Prostor kolem by se mohl stát nestabilním, jeho struktura se naruší a v kuchyni by se mohla vytvořit červí díra. V tuto chvíli by patrně bylo radno kuchyň opustit.

OCHLAZOVÁNÍ VELKÉHO TŘESKU

Ohříváním obyčejné kostky ledu na fantastické teploty se můžeme dobrat superstruny. Poučili jsme se, že hmota prochází při zahřívání určitými stádii vývoje. Jak zvyšujeme energii, vzniká nakonec znovu jedna symetrie za druhou.

PŘED STVOŘENÍM

Obrátíme-li tento postup, můžeme pochopit, jak došlo k velkému třesku jako posloupnosti různých stádií. Místo abychom zahřívali kostku ledu, ochlazujeme nyní superhorkou hmotu ve vesmíru a procházíme různými stádií. Začneme-li okamžikem Stvoření, máme následující stádia ve vývoji vesmíru.

10^{-43} sekundy. Desetirozměrný vesmír se rozpadá na čtyř- a šestirozměrný. Šestirozměrný vesmír se zkrabatí na velikost 10^{-32} cm. Čtyřrozměrný vesmír se rychle rozpíná. Teplota je 10^{32} °K.

10^{-35} sekundy. Síla GUT se rozpadá; silná síla již není sjednocena s elektroslabými interakcemi. Od symetrie GUT se odděluje SU(3). Malé místočko ve větším z obou vesmírů se zvětší na 10^{50} -násobek a stává se nakonec našim viditelným vesmírem.

10^{-9} sekundy. Teplota je nyní 10^{15} °K a elektroslabá symetrie se rozpadá na SU(2) a U(1).

10^{-3} sekundy. Kvarky se začínají slučovat na neutrony a protony. Teplota je přibližně 10^{14} °K.

3 minuty. Protony a neutrony se nyní slučují na stabilní jádra. Energie náhodných srážek již nestačí na rozrušení vznikajících jader. Prostor je ještě stále neprůhledný, protože ionty nepropouštějí dobře světlo.

300 000 let. Elektronů se začínají usazovat kolem jader. Začínají se tvořit atomy. Protože se světlo již tolik nerozptyluje a nepohlcuje, stává se vesmír průhledným. Prostor je nyní černý.

3 miliardy let. Objevují se první kvazary.

5 miliard let. Objevují se první galaxie.

10 až 15 miliard let. Rodí se sluneční soustava. O několik miliard let později se na Zemi objevují první formy života.

Vypadá téměř nepochopitelně, že my jako inteligentní opice na třetí planetě nevýznamné hvězdy v nevýznamné galaxii jsme schopni rekonstruovat historii našeho vesmíru zpětně až téměř k okamžiku jeho zrození, kdy teploty a tlaky přesahují všechno, co se kdy v naší sluneční soustavě objevilo. Avšak kvantová teorie slabé, elektromagnetické a silné interakce nám tento obraz podává.

Jakkoli překvapující je tento příběh Stvoření, snad ještě podivnější je možnost, že červí díry mohou sloužit jako průchody do jiného vesmíru a snad i jako stroje času do minulosti a budoucnosti. Až budou fyzikové vyzbrojeni kvantovou gravitační teorií, budou schopni odpovědět na zajímavé otázky: Existují paralelní světy? Je možno změnit minulost?