

## Několik slov úvodem

*Nesmírný úspěch knihy každého udivil. Její autor, tichý a ještě k tomu stydlivý profesor fyziky jménem Alex Vilenkin, se ze dne na den stal celebritou. Jeho talk show se musela připravovat s půlročním předstihem, najal si čtyři osobní strážce a přestěhoval se na blíže neurčené místo, to aby unikl dychtivým paparazziům. Jeho úžasný best-seller; Mnoho světů v jednom, popisuje novou kosmologickou teorii, podle které se každý možný řetězec událostí, ať už je jakkoli bizarní či nepravděpodobný, vlastně už někde ve vesmíru odehrál – a to nejen jednou, nýbrž hned nespočetněkrát!*

*Nová teorie přináší přímo šokující důsledky. Jestliže váš oblíbený fotbalový tým letos nevyhrál ligu, nezoufejte: vyhrál ji na nekonečném počtu jiných Zemí. Když se to vezme kolem a kolem, vlastně existuje nekonečně mnoho Zemí, kde váš tým ligu vyhrává pravidelně rok co rok! Jestliže je vám celkem jedno, co se děje ve fotbale, a jste zcela otráveni tím, jak to na světě vypadá, i tehdy má Vilenkinova knížka co nabídnout. Podle nové teorie je většina míst ve vesmíru úplně jiná než naše Země, a dokonce tam vládnou odlišné fyzikální zákony.*

*Nejkontroverznějším aspektem knihy je tvrzení, že každý z nás má nekonečný počet identických klonů, jež žijí na bezpočtu Zemí rozestých vesmírem. Taková možnost nedala spát řadě lidí, protože začali pocíťovat, že tím přišli o svou jedinečnou identitu. A v důsledku toho se zdvojnásobila návštěvnost ordinací psychiatrů a prodejnost knížky závratně stoupala. V rámci nové teorie Vilenkin rovněž předpověděl, že na některých Zemích jeho dílo zaznamenalo přímo fenomenální úspěch. V zájmu objektivity však musí připustit, že existuje nekonečně mnoho ostatních Zemí, kde kniha byla výstavním propadákem...*

Žijeme v pozůstatcích po obrovské explozi. K této události, původně trošku s posměškem nazvané „velký třesk“, došlo před nějakými 14 miliardami let. Celý vesmír měl podobu jakési žhavé, rychle se rozpinající polévky hmoty a záření. Při rozpinání se ochlazoval, jeho

žár neustále klesal, a celý vesmír se pozvolna nořil do temnoty. Nakonec uplynula miliarda let. Postupně se díky gravitaci vytvořily galaxie a kosmos zalilo světlo myriád hvězd. Planety obíhající některé z těchto hvězd se staly domovem inteligentních stvoření. A z některých bytostí se stali kosmologové a ti zjistili, že vesmír má svůj původ ve velkém třesku.

Na rozdíl od historiků a detektivů mají kosmologové obrovskou výhodu v tom, že vlastně mohou minulost vidět. Světlu ze vzdálených galaxií trvá miliardy let, než dopadne do dalekohledů na Zemi, takže galaxie vlastně pozorujeme tak, jak vypadaly v dobách svého mládí, když se jejich světlo na pouť k nám vydalo. Mikrovlnné detektory zachycují slabý dosvit prvotního výbuchu, ukazují nám obraz vesmíru z ještě ranější éry, z časů, kdy galaxie neexistovaly. Jinými slovy – jsme svědky, jimž se přímo před zraky odvíjí celá historie vesmíru.

Tento pohled má však své hranice. Třebaže jsme s to zmapovat historii kosmu do doby ani ne jedné sekundy po velkém třesku, třesk samotný je obestřen tajemstvím. Co tuto záhadnou událost nastartovalo? Byl to opravdu ten pravý počátek vesmíru? Jestliže ne, co bylo předtím? A navíc nás zásadně omezuje to, jak daleko můžeme dohlédnout. Náš horizont je definován jako maximální vzdálenost, jakou světlo mohlo urazit od velkého třesku. Zdroje vzdálenější než horizont nemůžeme pozorovat jednoduše proto, že jejich světlo ještě nemělo dost času dospět k Zemi. A kvůli tomu se můžeme pouze dohadovat, jak vypadá zbytek vesmíru. Je spíše stejný, nebo se třeba odlehlé části vesmíru od našeho kosmického sousedství výrazně liší? Rozkládá se vesmír do nekonečna, nebo se uzavírá sám do sebe jako povrch Země?

Tohle jsou ty nejzákladnější otázky o vesmíru. Smíme však vůbec doufat, že se někdy dopídíme odpovědí? Kdybych tvrdil, že za horizontem vesmír náhle končí nebo že je vyplněn vodou a obydlen inteligentními zlatými rybkami, jak by mohl někdo dokázat, že se mýlím? Kosmologové se proto soustřeďují zejména na pozorovatelnou část vesmíru a otázky, co leží za ní, přenechávají filozofům a teologům.

Jestliže by opravdu náš výzkum měl skončit na horizontu, nebylo by to tuze velké zklamání? Můžeme objevit spousty nových galaxií a zmapovat celý viditelný vesmír, ale co z toho? Mapování naší vlastní galaxie by mohlo posloužit k praktickým účelům – třeba ji někdy

v budoucnosti budeme chtít kolonizovat. Ale galaxie miliardy světelných let vzdálené zrovna nevypadají jako nadějná místa pro kolonizaci. Aspoň v příštích několika miliardách let ne. Samozřejmě že přitažlivost kosmologie netkví v jejím praktickém využití. Vesmír nás nefascinuje o nic méně, než fascinoval lidi ve starověku, kteří v něm nacházeli inspiraci pro své mýty o stvoření. Tato fascinace je zakořeněna v touze pochopit původ a osud vesmíru, jeho celkový vzhled a to, jak my lidé s tím vším souvisíme.

Kosmologové, kteří se postavili výzvě základních kosmických otázek, ztrácejí svou výhodu nad detektivy. Mohou se totiž opírat pouze o nepřímé, náhodné důkazy získané z pozorování viditelné části vesmíru. A na jejich základě pak mohou dělat závěry o časech a místech, kam nedohlédneme. Kvůli tomuto omezení je pak ale obtížné cokoli dokazovat, aniž bychom neměli důvodné pochybnosti. Avšak díky nedávným pozoruhodným pokrokům na poli kosmologie známe odpovědi na základní otázky o kosmu, odpovědi, jimž z určitých důvodů věříme.

Nový pohled na vesmír, jenž se vynořil z nových výzkumů, je více méně udivující. Když budeme parafrázovat Nielse Bohra, je možná dostatečně šílený na to, aby byl pravdivý. Překvapivým způsobem v sobě spojuje jisté zdánlivě rozporuplné rysy: vesmír je jak konečný, tak i nekonečný, vyvíjí se, ale je i neměnný, věčný, a přece s počátkem. Z teorie rovněž vyplývá, že někde v odlehlých místech leží planety podobné Zemi, s kontinenty stejných obrysů i terénu, planety obývané identickými tvory, mezi nimiž žijí naše klony – a některé z nich právě v rukou třímají tuto knížku. Knižku o novém pohledu na vesmír, jeho původu a fascinujících i bizarních a místy znepokojivých důsledcích.



## Část první

# Genesis

### Kapitola první

## Co třesklo, jak to třesklo a co za třeskem stálo

*V kontextu inflační kosmologie se sluší říct, že vesmír k životu přišel jako slepý k houslím.*

Alan Guth

Jednoho střeďečního odpoledne v zimě roku 1980 jsem seděl ve zcela zaplněné posluchárně Harvardovy univerzity a naslouchal té nejúchvatnější přednášce za mnoho posledních let. To Alan Guth, mladý fyzik ze Stanfordu, hovořil o nové teorii počátku vesmíru. Gutha jsem nikdy předtím nepotkal, ale o jeho velkolepém vzestupu, kdy se z neznámého fyzika rázem stala hvězda první třídy, jsem slyšel. Jen pouhý měsíc před svým vystoupením patřil ke kočujícímu kmeni postdoktorandů – mladých vědců, kteří putují od jedné dočasné smlouvy ke druhé v naději, že v něčem vyniknou a konečně se natrvalo usadí na nějaké univerzitě. S Guthem to po této stránce vypadalo bledě: bylo mu už dvaatřicet, mezi ostatními mladými uchazeči byl pomalu stařešinou, a nabídek smluv dostával jako šafránu. Naštěstí dostal nápad, který vše změnil.

Vyklubal se z něj křehký energický kolega překypující chlapeckým nadšením, jež zjevně nevyprchalo ani tím dlouhým vandrováním, jehož si jako postdoktorand užil dosyta. Už od počátku vysvětloval, že se nesnaží překonat teorii velkého třesku. To nebylo zapotřebí. Důkazy podporující teorii velkého třesku byly velice přesvědčivé a sama teorie se těšila dobrému zdraví.

Její nejzávažnějším důkazem je expanze vesmíru, objevená Edwinem Hubblem roku 1929. Tehdy Hubble zjistil, že vzdálené galaxie od nás vysokými rychlostmi uhánějí pryč. Sledujeme-li pohyb galaxií nazpět v čase, v určitém okamžiku v minulosti všechny splynou, což nás přivádí k závěru o explozivním počátku vesmíru.

Dalším silným argumentem hovořícím pro velký třesk je *reliktní záření*. Vesmír je vyplněn mikrovlnami o zhruba stejné frekvenci, jakou mají vlny v našich mikrovlnkách. Jak se vesmír rozpíná, intenzita tohoto záření klesá – to, co dnes pozorujeme jako reliktní záření, je slabým dosvitem prvotního žhavého výbuchu.

Pomocí teorie velkého třesku kosmologové studovali, jak se prvotní horký vesmír rozpínal, jak chladl, jak vznikala jádra prvků nebo jak z beztvarych plynových mračen povstaly mohutné spirály galaxií. Výsledky jejich bádání byly ve skvělém souladu s astronomickými pozorováními, takže o tom, že teorie míří správným směrem, bylo jen pramálo pochyb. Co teorie popisovala, bylo však jen pozůstatkem velkého třesku; teorie nic neříkala o třesku samotném. Guthovými vlastními slovy, teorie neříkala, co „třesklo“, jak to „třesklo“ ani co za „třeskem“ stálo.<sup>1</sup>

Začneme hned s jedním závažnějším problémem. Když vědci začali velký třesk blíže zkoumat, zjistili, že šlo o velice prazvláštní explozi. Jen si představte špendlík balancující na hrotu. Mírně do něj v jakémkoli směru strčte – skácí se na desku stolu. Stejně je to i s třeskem. Obrovský vesmír posetý galaxiemi podobnými té, v níž žijeme, vznikne pouze tehdy, byla-li síla prvotního výbuchu neskuptečně jemně vyladěna. Malá odchylka od nutných podmínek s sebou nese kosmologickou katastrofu – vesmír by se například pod svou tíhou mohl zhroutit, nebo by byl naopak takřka prázdný.

V rámci kosmologie velkého třesku byly prostě vyřčeny postuláty o nutných podmínkách, které panovaly při velkém třesku. Fyzici jsou většinou toho názoru, že jejich věda sice může popsat, jak se vesmír vyvíjí z daného počátečního stavu, ale otázky, jak tento počáteční stav vznikl, už stojí mimo její dosah. Dumání nad otázkami o počátečním stavu bylo považováno za „filozofii“, která – alespoň z pohledu lecjakých fyziků – je jen ztrátou času. Tento postoj však na záhadnosti velkému třesku pranic neubral.

Guth nám na přednášce tvrdil, že roušku tajemství zahalující velký třesk lze podhalit. Jeho nová teorie odhalila podstatu třesku a vysvětlila, jak bylo dosaženo původních podmínek. Přednáškový sál zčistajasna ztichl. Všichni s úžasem naslouchali.

Objasnění velkého třesku, jež z nové teorie vyplývalo, bylo pozoruhodně jednoduché: vesmír rozfoukla odpudivá gravitace! Hlavní roli v této teorii hraje hypotetická superhustá hmota s velice neobvyklými vlastnostmi. Její nejdůležitější charakteristikou je, že produ-



Kousek gravitačně odpudivého materiálu.

kuje silnou odpudivou gravitační sílu. Guth předpokládal, že trocha tohoto materiálu existovala v raném kosmu. A nepotřeboval ji moc: stačila opravdu špetka.

Gravitační odpuzování uvnitř hrdky zapříčiní, že hrdka se začne velice prudce rozpínat. Pokud by ji tvořila obyčejná hmota, její hustota by v důsledku expanze postupně klesala. Ovšem tato anti-gravitační látka se chová zcela jinak: druhou klíčovou vlastností tohoto podivného materiálu totiž je, že jeho hustota zůstává stejná, takže celková hmotnost je úměrná objemu. Když hrdka roste, zároveň vzrůstá její hmota, takže její odpudivá gravitace sílí a hrdka se o to rychleji rozpíná. Kratičké období takovéto zrychlené expanze, již Guth nazval *inflací*, může zvětšit původní malý kousek hmoty do závratných rozměrů, mnohem větších, než je dnešní velikost pozorovatelného vesmíru.

Velký nárůst hmotnosti při inflaci se na první pohled může jevit v rozporu s jedním z nezákladnějších zákonů fyziky, se zákonem zachování energie. Energie je podle Einsteinovy proslulé rovnice  $E = mc^2$  úměrná hmotnosti. (Písmenkem  $E$  označujeme energii,  $m$  je hmotnost a  $c$  rychlost světla ve vakuu.) Tudiž obrovskou měrou musí růst i energie inflatujícího kusu, zatímco zákon zachování energie požaduje, aby energie zůstávala konstantní. Paradox pomine, když zahrneme i příspěvek k energii pocházející z gravitace. Ví se už velice dlouho, že energie gravitace je vždy záporná. Tato skutečnost se dlouhou dobu nezdála jako nijak důležitá, ale s příchodem Guthovy teorie nabyla důležitosti přímo kosmické. Rostoucí kladná ener-

gie hmoty je vyvažována zvyšující se negativní gravitační energií. Celková energie zůstává konstantní, jak vyžaduje zákon zachování.

Aby období inflace vůbec kdy skončilo, měla by podle Gutha být gravitačně repulzivní hmota nestabilní. Při jejím rozpadu vzniká z uvolněné energie záplava horkých elementárních částic. Rozpínání pak setrvačností pokračuje, ale obsah vesmíru je už tvořen obyčejnou hmotou, jejíž gravitace je přitažlivá a postupně expanzi zpomaluje. Rozpad antigravitačního materiálu je znamením konce inflace a v této teorii představuje okamžik velkého třesku.

Krása této myšlenky se ukrývá ve skutečnosti, že jediná dávka inflace vysvětluje, proč je vesmír tak velký, proč se rozpíná a proč byl na počátku tak horký. Obrovský expandující vesmír vznikl takřka z ničeho: jen z mikroskopické hrudky antigravitačního materiálu. Guth přiznal, že sám netuší, odkud se počáteční hrudka vzala, a tento detail zatím neřešil. „Často se říká, že z ničeho nemůže nic povstat,“ říkal, „ale vesmír by klidně mohl k životu přijít jako slepý k houslím.“

Tyto myšlenky se zakládají na předpokladu, že existuje gravitačně odpuzivá hmota. Ta často vystupuje v literatuře science fiction – pohání tam všechna ta létající udělátka, od bojových vozidel až k antigravitačním botám. Ale mohli by snad profesionální fyzici brát vážně možnost, že gravitace může být odpuzivá?

To by opravdu mohli. A první, kdo tak smýšlel, nebyl nikdo jiný než sám Albert Einstein.