

Pavel Houser

NEŽ PŘIJDE VAKOVLK

Dialogy o současné vědě

L. Motl, V. Cílek, M. Nývltová-Fišáková, J. Zrzavý, L. Nejman,
H. Vymazalová, M. Štorek, J. Petr, A. Markoš, P. Strossa,
J. Peregrin, P. Cejnar, R. Mikuláš, M. Petrů, D. Šrámek

DOKOŘÁN 2005

© Pavel Houser, 2005

Cover illustration © Jan Sovák, 2000

ISBN 80-7363-024-9

Obsah

Úvod. Čtrnáct příběhů	7
1. Superstruny, kvantová gravitace a dvanáctistěn	9
2. O největší době ledové	20
3. Svět dávných obrů: mamuti a dinosauři	34
4. Klikaté cesty lidské evoluce: Čad a hobiti z Flores	47
5. Poslední neandrtálci a první Australané	61
6. Počítání v zemi pyramid	73
7. Vrtkává přízeň kapitálu, sekvenování DNA a medicína šitá na míru	82
8. Genetické modifikace: pavučiny z mléka, modré růže i výkonní sportovci	92
9. Digitální svět DNA, biosémiotika a hermeneutika	108
10. Jak nám počítače rozumějí	123
11. Cesty k umělé inteligenci: stroje, testy a zombie	136
12. Paradoxy kvantových počítačů	148
13. Tanec desek a dějiny oceánů	160
14. Lidský mozek: počítače, hemisféry a pátrání po duši	171
Epilog. Singularita, tentokrát technologická	182
Závěr	192
Literatura	194

Úvod

Čtrnáct příběhů

Staroegyptská matematika, ožívování vyhynulých druhů z DNA, kvantové počítače, teorie superstrun, největší doby ledové a vývoj klimatu, mamuti, dinosauři, neandrtálci a evoluce člověka, genetik a biotechnologie, počítačové porozumění přirozenému jazyku, perspektivy umělé inteligence, neuroimplantáty, hemisféry lidského mozku a hledání sídla vědomí... Výběr témat, která najdete v této publikaci, je značně pestrý – a samozřejmě doufám, že je i na první pohled atraktivní a že vzbuzuje chuť pustit se obrace do čtení. Přesto snad ale ještě pár slov na vysvětlenou, jak vlastně tato kniha vznikla.

Namísto vlastní interpretace jsem dal slovo těm, kteří se příslušnými obory přímo zabývají – výsledkem je pak forma rozhovoru, která je společná celé knize. Doufám, že následující text však i přes lehce žurnalistickou formu nebude působit „novinovým“ dojmem, rozhodně to alespoň nebylo mým záměrem. Tato kniha nevznikla z povinnosti splnit určité zadání („bude výročí XY, napište o něm“, „do Prahy míří celebrita Z, běžte se ho zeptat na...“), ale prostě proto, že mi řada problémů přijde hodně zajímavá a současně i zábavná. Snad se tento dojem neukáže být výhradně subjektivním a radost z rozebírání vybraných témat se mi podaří nějak přenést i na čtenáře.

Dialogy jsem se vždy snažil směřovat tak, aby se v nich neopakovaly věci známé a neproblematické, ale aby spíše došlo k objasnění některých záhad, kontroverzí či zachycení aktuálních trendů. Vždycky mě deptala snaha popularizátorů vědy odborníky všemožně „zlidštovat“ a přibližovat čtenářům, ptát se matematiků ne na matematiku, ale na to, zda převádějí stařenky přes ulici či zda mají rádi zvířátka. Snad se mi alespoň nejděsivějším z klišé, která se v této souvislosti v médiích objevují, podařilo vyhnout („Co vaše rodina říká na to, že se věnujete genetice?“). Tato kniha má být každopádně primárně o vědě, ne o vědcích a jejich životě.

Co se týče věnování a poděkování – oboje si samozřejmě zaslouží především lidé, s nimiž se setkáte na následujících stránkách. Kniha je rámcově uspořádána do podoby „příběhu“, tedy de facto chronologicky. Začneme proto událostmi z dávné minulosti (vznik vesmíru, první doby ledové, dinosauři, počátky lidské evoluce, neandrtálci, pravěké migrace...) a postupně se přeneseme ke spíše futuristickým technologiím (genetické inženýrství, umělá inteligence, kvantové počítače, budoucnost medicíny...). Je přitom jasné, že mnohá témata se v knize objeví vícekrát – o lidském mozku budeme třeba uvažovat z hlediska evoluce, z pohledu neuroimplantátů i v rámci pátrání po podstatě vědomí. Osobně se domnívám, že právě tyto „návraty“ určitých myšlenek v trochu odlišných kontextech by mohly být tím nejzajímavějším.

V Praze v lednu roku 2005
Pavel Houser
pavel.houser@centrum.cz

1.

Superstruny, kvantová gravitace a dvanáctistěn

Rozhovor s Lubošem Motlem



Naši sbírku začneme pohledem rozostřeným od počátků až po konec času. Na jednu stranu se podíváme na události provázející před miliardami let vznik vesmíru, na straně druhé se pak pokusíme nahlédnout stejně daleko do budoucnosti.

Kosmologie je v naší zemi tradičně populární i mimo úzký okruh odborníků. V následujícím textu se zaměříme na nejnovější objevy a trendy v této oblasti, speciálně na svět superstrun, inflační teorii, topologii vesmíru a otázky spojené s jeho dalším rozpínáním a tepelnou smrtí. Naším průvodcem bude Luboš Motl, doktor teoretické fyziky a ve svých 30 letech již assistant professor na Harvardu. Motl patří k příkladům těch našich vědců, kteří se ve světě určitě neztratili. Českému čtenáři je znám také jako překladatel vydařené knihy Elegantní vesmír.

Býváte označován za odborníka někdy na superstruny, jindy na kvantovou gravitaci. Jaký mezi těmito teoriemi dnes existuje vztah?

Naše současné chápání základních sil v přírodě je postaveno na dvou hlavních pilířích: na Einsteinově obecné teorii relativity, která vysvětluje gravitaci jako zakřivení prostoru, a na kvantové mechanice, která vyniká v popisu atomů a ještě menších částic. Ukázalo se však, že je velmi obtížné tyto dva pilíře sloučit.

Každý problém, který zahrnuje jak otázky gravitace, tak otázky kvantové mechaniky, spadá do kvantové gravitace. Teorií kvantové gravitace známe ovšem několik. Teorie superstrun je jednou z nich, zaujímá ale poměrně privilegované postavení – de facto pouze ji vážně studuje větší skupina teoretických fyziků.

Poměrně záhadný charakter gravitace mezi ostatními základními čtyřmi silami spočívá v tom, že dosud nemáme příliš jasno, co se týče vlastností částic, které gravitaci zprostředkují. Jak to dnes vypadá s pátráním po gravitonech?

Nedávno došlo k prvnímu pokusu změřit rychlost šíření gravitačních vln. V blízké budoucnosti očekáváme první údaje z experimentů LIGO (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory*) a VIRGO, které se snaží zachytit gravitační vlny přicházející z hlubin vesmíru, a potvrdit tak další předpověď Einsteinovy teorie gravitace.

Tady vaší odpovědi úplně nerozumím. Jaký vztah mají gravitační vlny ke gravitonům, jde o dvě označení pro totéž?

Podobně jako je elektromagnetická vlna „hromadou“ jednotlivých fotonů, tak gravitační vlna je hromadou jednotlivých gravitonů. Graviton je kvantum energie, kterou nese gravitační vlna (opět analogie – foton je kvantum energie, kterou nese elektromagnetická vlna).

Nejprve musíme pozorovat gravitační vlny, teprve později můžeme uvažovat o tom, že gravitony zaregistrujeme i samostatně. Zatím nebyly detekovány ani gravitační vlny, ale to by se právě díky experimentům LIGO a VIRGO mohlo brzy změnit.

Jaká je dnes základní představa o vzniku a vývoji vesmíru? Jde mi především o různé modely velkého třesku, inflaci a otázky dalšího vývoje (stále se zrychlující rozpínání versus cyklický vesmír).

Velký třesk je dnes celkem spolehlivě ověřená věc – se vším rozpínáním, kosmickým zářením, s měřením zastoupení hélia, deuteria a lithia, které podporuje teorii nukleosyntézy (tedy teorii o tom, jak se kdysi v raných stádiích vesmíru po velkém třesku vytvořila jádra atomů v poměru, který lze spočítat z termodynamiky spojené s dalšími zákony).

Už asi 20 let je ale jasné, že bychom měli jít dále, za teorii velkého třesku. Myšlenka inflace, navržená na začátku 80. let, je dosud hlavním teoretickým směrem, na který mainstreamová kosmologové sázejí; dodnes je ovšem do jisté míry otevřenou otázkou.

V posledních letech se objevují měření, která dávají první nepřímá potvrzení předpokladu inflační teorie – zvláště detailní analýza reliktního záření. Zatím nejpersvědčivější údaje o reliktním záření nám přinesla sonda WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*, Wilkinsonova sonda do nehomogenity reliktního záření) v roce 2003.

O pět let dříve se jednou z největších událostí v kosmologii na přelomu tisíciletí stalo zjištění, že rozpínání vesmíru se neustále zrychluje. Od té doby se stává čím dál tím jasnější, že ve vesmíru existuje nenulová pozitivní kosmologická konstanta, díky které náš vesmír svoje rozpínání nezpomaluje, ale zrychluje – a nakonec by měl skončit jako prázdný, exponenciálně se rozpínající prostor.

Jaké další děje budou v tomto stále rychleji se rozpínajícím vesmíru probíhat?

Osudem neustále expandujícího vesmíru je zřejmě stav tzv. tepelné smrti, důsledek neustálého nárůstu entropie (neuspořádanosti). Nejprve vyhasnou všechny hvězdy, a civilizace tak ztratí přirozený zdroj energie. Hmotu vesmíru pak postupně „požrou“ černé díry a ty se za ještě delší dobu vypaří. (Jak vysvětlil Stephen Hawking ve svém objevu, černé díry nejsou tak docela černé, neboť ve

INFLAČNÍ TEORIE

Fyzici Alan Guth, Andrej Linde, Paul Steinhardt a Andy Albrecht navrhli na počátku 80. let obohacení dějepisu raného vesmíru o tzv. inflační éru. Jejich teorie předpokládá, že krátce po velkém třesku došlo k inflaci, tedy k velmi rychlému rozpínání celého vesmíru – rychlejšímu, než s jakým počítal standardní model velkého třesku.

Proč vůbec potřebujeme novou teorii? Inlace totiž dokáže vysvětlit jednu speciální vlastnost našeho světa – fakt, že je pozorovaný vesmír na všech místech a ve všech směrech prakticky stejný (homogenní a izotropní). Vesmír je například vyplněn reliktním zářením, které nám přináší svědectví o událostech 300 000 let po velkém třesku. Pokud změříte teplotu reliktního záření, zjistíte, že i ta je ve všech směrech stejná, a že tedy všechny části vesmíru byly i v minulosti stejně teplé. Pravděpodobnou odpovědí je právě inflace. Pozorovaný vesmír se na počátku rychle „rozprskl“ z velmi malého objemu; homogenita je důsledkem právě tohoto společného původu.

skutečnosti vyzářují energii.) Chaotické záření v prázdnostech rozpínajícího se vesmíru poté bude už jen řídnout a chladnout, a pokud by se snad někdo této doby dožil, čeká ho už jen frustrující epocha globálního ochlazování.

Jakým směrem se dnes ubírá superstrunová teorie?

V posledních asi tak čtyřech letech tvoří zkoumání kosmologických aspektů teorie strun; zkoumání de Sitterova prostoru podle teorie strun a jeho kauzálních aspektů; vyrušování kosmologické konstanty; začleňování inflační teorie do teorie strun; studium časově závislých pozadí v teorii strun; zkoumání, který druh singularit (a také uzavřených časových smyček) je podle teorie strun fyzikálně povolen; role tachyonu (hypotetické částice pohybující se nadsvětelnou rychlostí) a jeho fluktuací pro popis inflace a nakonec a zejména analýza „typických“ vesmírů předpovězených teorií strun...

Všechno tohle tvoří řekněme až 30 % výzkumu ve strunách a zaměstnává z velké části i její nejslavnější osobnosti, které o tom píší stovky článků. Bohužel bych ale neřekl, že to vede k výsledkům, které se dají přímo aplikovat na náš vesmír.

Zkusme se na ty naznačené problémy podívat podrobněji. Začneme třeba od kosmologické konstanty. Uvedl jste, že se podařilo zjistit, že má zřejmě kladnou hodnotu a zrychluje rozpínání vesmíru. Kde je problém?

Kosmologická konstanta se projevuje jako hustota energie, jež existuje i ve vakuu a zakřivuje vesmír. Podle současných měření tvoří 70 % celkové hustoty energie ve vesmíru.

Pořádný problém pro nás, strunové teoretiky, spočívá v tom, že nyní musíme vysvětlit, proč se všechny obří příspěvky ke kosmologické konstantě (asi 10^{100} krát větší než správná hodnota), které bychom očekávali, vyruší, a kromě nich ještě zůstane malinkatý kousíček, který může odpovídat reálné kosmologické konstantě.

Někteří chtějí tento problém řešit pomocí tzv. kvintesence – to je také dítko posledních asi 15 let. Podle kvintesence není kosmologická konstanta opravdu konstantou, ale velmi pomalu klesá směrem k nule.

Co začleňování inflace do teorie superstrun? Nebo jinak řečeno – existují v rámci teorie superstrun nějaké rozumné alternativy k inflaci?

V posledních 5 letech se skutečně objevila řada modelů, které se tváří, že jsou alternativami k inflační teorii – ale většinou je za ně považují jen jejich autoři samotní. Mnohé z nich jsou inspirovány tzv. bránovými světy – představami o vesmíru, podle kterých žijeme na vícerozměrné membráně, vznášející se ve vesmíru, který má ještě více rozměrů. Co jsou to bránové světy? V roce 1999 přišla Lisa Randallová a Raman Sundrum s populárními modely „warped“ (pokroucené) geometrie, podle nichž žijeme na jedné z bran ve světě, kde jsou dvě brány odděleny velmi zakřiveným prostorem.

Tady bych vás znovu přerušil otázkou ohledně terminologie. Jak se v příslušných teoriích liší brána a membrána?

Membrána je název pro dvourozměrný objekt – ve smyslu prostorových dimenzí. Brána je pak jejím zobecněním, které může mít libovolný počet rozměrů. Bránové světy jsou modely našeho vesmíru, ve kterých se alespoň třírozměrná brána vznáší ve vesmíru, který má větší počet rozměrů než tři prostorové a jeden časový.

Zpět ale k předešlé otázce, tedy k alternativám k inflaci: například v tzv. ekpyrotickém modelu (*ekpyrosis* je řecky „zrození z ohně“) začíná vesmír ve stavu dvou rovnoběžných chladných (alespoň) třírozměrných bran (velký kontrast ve srovnání s horkým začátkem velkého třesku, jak si ho obvykle představujeme), které se začnou přitahovat, srazí se a z této šokující srážky se vytvoří hmota.

Paul Steinhardt vedle ekpyrotického modelu propaguje své variace na cyklický vesmír (naš vesmír se chvíli rozpíná, pak zkolabuje, odráží se, a znovu rozpíná apod. – o tom se samozřejmě spekulovalo už dávno). Neustále se odvolává na teorii strun, z které by podle něho měly plynout rozmanité exotické členy v potenciální energii, které jsou pro jeho model nepostradatelné. Autor ale nepředložil žádný výpočet, který by naznačoval, že z teorie strun opravdu takové členy plynou.

Kromě toho je zde Gabriele Veneziano – jeden ze zakladatelů teorie strun – s italskou školou strunových kosmologů. Dlouhá léta mluvili o kosmologii před velkým třeskem (*pre big bang cosmology*), ale pokud vím, k ničemu novému za posledních 10 let nedošli.

VESMÍR JAKO DVANÁCTISTĚN

Představa vesmíru jako do sebe uzavřeného pravidelného dvanáctistěnu proběhla médiu koncem roku 2003. Dvanáctistěn zde byl nadto často označován jako kopací míč. Kde se taková na první pohled zcela z prstu vycucaná idea vzala?

Na začátku byla celkem jednoduchá idea – náš vesmír nemusí být nekonečný, ale může být do sebe uzavřený, podobně jako třeba povrch koule. Tato představa elegantně odpovídá na otázku, co je „za hranicemi“ kosmu – vesmír pak totiž žádné hranice nemá.

Normální dvanáctistěn samozřejmě není do sebe uzavřený a od okolí je oddělen hranami a stěnami. Náš „kopací míč“ však nemá být obyčejným dvanáctistěnem, ale útvarem do sebe propadlým, jehož každá stěna by byla totožná se stěnou protilehlou. Analogie o dimenzi níž: list papíru také můžete přehnout tak, že jeho protilehlé stěny budou totožné. Následně můžete dokonce ztotožnit i dvě protilehlé stěny zbývající, čímž vznikne do sebe uzavřený prstenec (tzv. toroid) podobný pneumatice automobilů.

Pokud by byl vesmír takto do sebe zacyklen, světlo by zde putovalo v cyklech kolem dokola – a my bychom tedy měli vidět opakování určitých vzorů (samozřejmě s výhradou, že každý takový obraz najdeme v jiné fázi svého vývoje; vesmír by také musel být dostatečně malý, aby od velkého třesku stačilo vůbec dojít k více oběhům paprsku).

Testování hypotézy je založeno na studiu reliktního záření, které pochází z doby krátce po velkém třesku. Jak se vesmír rozpínal, prodlužovala se vlnová délka tohoto záření a ono postupně chladlo. Lokální nepravidelnosti v raném vesmíru se měly odrazit v drobných odchylkách teploty reliktního záření, tzv. skvrnách.

Do sebe uzavřený vesmír by měl mít skvrny rozmístěné nějak pravidelně, přičemž způsob pravidelnosti samozřejmě závisí na tom, jaký útvar je vlastně „do sebe zkroucen“.

Vesmír ovšem nemůže mít úplně libovolný tvar, zdaleka ne každé těleso lze totiž sbalit samo do sebe. Dvanáctistěn (dodekahedron), jehož stěny tvoří pravidelné pětiúhelníky, je možná zvláště přitažlivý i proto, že jde o jedno z „dokonalých“ platónských těles, jimž se už od antiky přisuzovaly určité božské vlastnosti. V knize Janny Levinové *Jak vesmír přišel ke svým skvrnám* se autorce zase obzvláště líbilo jiné platónské těleso, pravidelný dvacetistěn, jehož stěny tvoří rovnostranné trojúhelníky...

Trochu obecněji: před několika lety skutečně začala éra vysoce přesné kosmologie. Kosmologie do té doby byla plná přibližného mávání rukama (tak třeba původní Hubbleův odhad jeho konstanty v 20. letech se lišil o koeficient 10); nyní můžeme řadu parametrů – nejen Hubbleovu konstantu – měřit s přesností na procenta nebo i přesněji. Tyto nové možnosti v kosmologii začaly řekněme rokem 1998. Takže zatímco kosmologie ve starověku začínala spíše ve formě filozofických úvah, nyní se definitivně přesunula mezi exaktní vědy. Údaje ze sondy WMAP nám například umožňují říct, že věk vesmíru je 13,7 miliard let s odchylkou pouze 0,2 miliardy let.

Pro potvrzování inflace a konkurenčních modelů je důležitý detailní rozbor nehomogenit reliktního záření, který nám umožnila právě sonda WMAP. Zásadou jejích přesných údajů dnes můžeme vyloučit nejen jeden konkrétní model inflace.

Mezi teoretiky superstrun a nejen mezi nimi se navíc v posledních dvou letech začala oživovat myšlenka antropického principu. Mnozí z nás ostatních by dodali slůvko „bohužel“. Podle tohoto principu existuje ohromná paleta různých vesmírů s různými vlastnostmi elementárních částic. Náš vesmír se od většiny ostatních tím, že v něm mohl vzniknout život. Obhájcí antropického principu staví své argumenty na velkém množství řešení teorie strun – to jsou ony různé vesmíry. Množině možných vesmírů v teorii strun se začalo přezdívat „krajina“ (anglicky *landscape*). Mnozí z advokátů krajiny tvrdí, že parametry našeho vesmíru nikdy nebudeme schopni spočítat přesně, jelikož to nejsou základní vlastnosti přírody, ale spíše historické nahodilosti. Jejich názor nelze logicky vyvrátit, přesto si ale mnozí jejich kolegové myslí, že tento názor zavádí vědu do slepé uličky.

Co si dnes myslíme o podstatě tzv. skryté hmoty?

Stále věříme tomu, že ve vesmíru je hodně skryté hmoty (podle měření sondy WMAP je asi za 70 % energie ve vesmíru odpovědná kosmologická konstanta, 5 % připadá na viditelnou hmotu složenou převážně z protonů a neutronů a zbylých 25 % tedy musí být skrytá hmota).

Dnes se zdá celkem jasné, že část skryté hmoty musí pocházet z velkého množství určité nové, dosud neobjevené elementární částice. Konkrétní modely v teorii superstrun i v jiných náhledech předkládají řadu různých kandidátů na tuto částici. Kandidátů je dostatek, nástrojů, jak vybrat toho správného, však zatím máme bohužel pramálo.

Nějaké nové poznatky o černých dírách?

Pro kosmologii je důležité zjištění, že masivní černé díry se nalézají ve středu galaxií. Nashromáždily se téměř jasné důkazy toho, že třeba ve středu naší Mléčné dráhy – který je opticky v souhvězdí Střelce – sídlí obří černá díra Sgr A* o hmotnosti 2,5 miliónů Sluncí. To je sice stále „pouze“ zlomek promile hmotnosti celé galaxie, ale taková černá díra ve skutečnosti nese většinu entropie naší galaxie.

Díky objevu, že takové velké černé díry jsou skoro všude, vzrostla o několik řádů také naše představa o velikosti entropie pozorovatelného vesmíru. Dříve předpokládaná entropie asi 10^{95} , jejíž většinu tvořilo reliktní záření, se najednou zvětšila na 10^{100} (v jednotkách Boltzmannovy konstanty). Rozhodující podíl na ní mají masivní černé díry.

Když už přišla řeč na entropii ... jak je to s termodynamickou interpretací velkého třesku? Pokud entropie stále narůstá, pak by velký třesk měl být stavem velmi uspořádaným. To mi ale nejde příliš dohromady s jakýmsi plazmatem o de facto nekonečně vysoké teplotě. Alespoň pokud zůstaneme u standardního modelu a pomíne různé alternativní pohledy na velký třesk, o nichž jste se tady zmiňoval.

Proč by vesmír v době velkého třesku měl být extrémně uspořádaný? Šlo opravdu o totální chaos. Entropie nebyla nulová (ačkoliv v podstatě nulovou entropii předpokládají různé modely ekpyrotických vesmírů, v nichž velkému třesku předchází éra studených rovnoběžných bran, které se pomalu přitahují a směřují k velké počáteční explozi).

Takže jak mohla být entropie vesmíru ve chvíli velkého třesku nižší než dnes?

Zjednodušeně řečeno – hustota entropie mohla být v době velkého třesku obrovská, ale vesmír byl šíleně malý, a jeho celková entropie vyjde proto nižší.

Přesnější odpověď by musela vzít do úvahy gravitační entropii. Brian Greene vysvětluje poměrně přesně tyto otázky ve své druhé knize *Struktura vesmíru (The Fabric of the Cosmos)*, jejíž český překlad se už připravuje.

V rozhovorech o kosmologii bývá jakousi povinností zeptat se na cestování časem. Podrobně se mu věnují například knihy *Cestování časem v Einsteinově vesmíru* Richarda Gotta a *Černé díry, červí díry a stroje času* Jima Al-Khaliliho...

Ony knihy jsou sice tak či onak rozumné, ale nicméně bych netvrdil, že odpovídají nějakým horkým tématům. Řešení Einsteinových rovnic, ve kterých se spontánně vytvoří časové smyčky, je známo už dávno. To, že taková řešení rovnic existují, ale ještě neznamená, že se mohou také fyzikálně realizovat. Cestování časem není v současné kosmologii nijak zvláště klíčovým tématem, a to bez ohledu na popularitu tohoto jevu ve filmu či sci-fi literatuře.

Napadá vás ještě nějaký významný objev učiněný v poslední době?

Nejspíše bych vybral pozorování páru galaxií CSL-1A a CSL-1B, které jsou s největší pravděpodobností ve skutečnosti identické.

Jde zde tedy o efekt gravitační čočky. Zůstává ale několik nerosovnalostí: obyčejné gravitační čočky způsobené kulovitými objekty vytvoří lichý počet obrazů, které jsou pokřivené, rozmazané a mají různou intenzitu. CSL-1A a CSL-1B jsou naprosto nepokřivené, jsou dva, což je sudé číslo, a navíc mají úplně stejnou intenzitu a spektrum. Známe jen dvě vysvětlení: buď před sebou máme dvě různé galaxie, které jsou shodou mnoha náhod úplně stejné, nebo jde o efekt gravitační čočky způsobený kosmickou strunou nebo v pesimistickém případě něčím, co má podobný tvar.

Tady by snad stálo za to předejít zmatkům a dodat, že kosmická struna ovšem není totožná se superstrunami ze stejnojmenné teorie...

Máte i nemáte pravdu. Kosmická struna je supertenký vibrující provaz napjatý napříč vesmírem a dlouhý nejméně stovky astronomických jednotek, který má ohromné napětí a jehož kilometr váží přibližně jako naše zeměkoule.

Konkrétní čísla ovšem ukazují, že může jít i o „fundamentální“ strunu z teorie superstrun, nafouknutou do astronomických rozměrů. Existuje ještě několik dalších pozorování, které existenci kosmických strun naznačují. Potvrzení takového objevu by bylo naprostou senzací. O existenci kosmických strun teoretici totiž spekulovali již nejméně dvacet let, a pokud se pozorování potvrdí, půjde asi o vůbec nejexotičtější kosmické objekty, které dosud známe.

Médii proběhla v roce 2003 informace o novém modelu vesmíru, který by měl být uzavřený a mít tvar dvanáctistěnu. Představa těchto do sebe uzavřených vesmírů se odvolává především na už zmíněný rozbor nehomogenit teploty reliktního záření. Nakolik je tento objev všeobecně přijímán?

Myšlenka, že vesmír má neobvyklou topologii, byla kontroverzní od samého počátku. Přitažlivost této představy spočívala ovšem v tom, že vysvětlovala jisté drobné nesrovnalosti ve struktuře reliktního záření: korelace mezi jeho teplotou ve dvou velmi různých směrech se zdá být trochu menší, než by měla být podle našich teorií.

Model postavený na vesmíru ve tvaru jistého „dvanáctistěnu“, jehož různé stěny jsou ztotožněny, dokáže tato pozorování vysvětlit, ovšem současně vyžaduje, aby tento dvanáctistěn byl přibližně stejně velký jako pozorovatelný vesmír – což se zdá být velmi nepravděpodobné.

Navíc tento model předpovídá, že určité kousky oblohy uvidíme na mapě WMAP několikrát, žádné takové „zkopírované kousky tapety“ však dosud nebyly v datech WMAP nalezeny, a teorie dvanáctistěnového vesmíru se tudíž zdá být méně pravděpodobná než na začátku.

Co je co?

ANTROPICKÝ PRINCIP – snaha vidět souvislost mezi vyladěním „základních konstant“ našeho vesmíru a existencí inteligentních pozorovatelů. V jedné ze svých strážlivějších verzí říká antropický princip zhruba tolik, že ve vesmíru jiného typu by nemohl vůbec vzniknout život (nebo alespoň inteligence), proč bychom se neměli divit, že kolem sebe pozorujeme právě to, co pozorujeme. V silnějších verzích pak získává antropický princip charakter až náboženský (vesmír „chce“ být obýván a zkoumán).

ENTROPIE – míra neuspořádanosti systému. Podle druhého termodynamického zákona entropie neustále roste a její změny tedy souvisejí s „šipkou času“. Slovo se používá ve fyzice, informatice i dalších vědních oborech či běžné konverzaci, často ovšem v poměrně volně chápaném smyslu.

INFLACE – dnes převládající teorie, podle které následovalo po velkém třesu období velmi rychlého rozpínání vesmíru. Inflační teorie má vysvětlovat některé vlastnosti pozorovaného vesmíru, především jeho stejnorodost.

KOSMOLOGICKÁ KONSTANTA – s celým konceptem původně přišel už Albert Einstein, později však myšlenku opustil a dokonce ji označil za největší omyl svého života.

Nyní se fyzika k tomuto „největšímu omylu“ vrací. Výsledky současných měření, v nichž důležitou roli sehrávají exploze supernov, přitom ukazují, že kosmologická konstanta má kladnou hodnotu. Můžeme si ji představit jako zevnitř působící tlak, který od sebe odstrkuje prázdny prostor; jde vlastně o jakýsi opak gravitace. Zatímco však gravitaci chápeme jako sílu působící mezi dvěma objekty, „kosmologická síla“ vyvěrá přímo z vakua.

SUPERSTRUNY – matematická abstrakce, která umožňuje vyhnout se určitým problémům v „klasické“ teorii částic. Teorie superstrun tvrdí, že základním stavebním kamenem vesmíru nejsou částice chápané jako bezrozměrné hmotné body nebo maličké kuličky, ale jednorozměrné útvary – struny, jejichž velikost se pohybuje v řádu 10–35 metru. Pozorovaný svět je pak výsledkem různého navíjení a motání těchto entit. Pokračovatelem teorie superstrun je pak tzv. M-teorie.

TOPOLOGIE – jedna z disciplín moderní matematiky. V kosmologii se pod tímto pojmem míní především studium „tvaru“ našeho vesmíru. Úvahy o tom, že vesmír by mohl mít tvar pravidelného mnohostěnu, se někdy označují také jako „kosmická krystalografie“.

Pohled na obrovské úseky časové osy se nám naskytne i v následující kapitole. Tentokrát se však zaměříme nikoliv na dějiny vesmíru, ale na pozemské klima. Budeme zkoumat, jak vývoj klimatu souvisí s evolucí života, jak klima ovlivňovalo život starých civilizací a co od podnebí můžeme čekat v budoucnu.

K otázkám spadajícím do oblasti fyziky se v této knize ještě vrátíme v kapitole 12, tentokrát především v souvislosti s kvantovými počítači.

2.

O největší době ledové

Rozhovor s Václavem Cílkem



Jak vypadalo klima v dávné minulosti? Je pravda, že Země už jednou celá zamrzla? Mají velká vymírání klimatickou příčinu? Je na obzoru globální oteplování nebo spíše nová doba ledová? Na naše otázky odpovídá klimatolog RNDr. Václav Cílek, CSc., pracovník Geologického ústavu AV ČR. Zabývá se zde především změnami klimatu a prostředí v nejmladší geologické minulosti. V rozhovoru se zaměříme i na historii klimatu území České republiky v historických dobách.

Slunce podle všeho vydávalo v minulosti méně tepla. Jak se pravěká biosféra vypořádala s touto skutečností? Hrála zde nějakou roli „předkyslíková“ atmosféra s významným obsahem oxidu uhličitého, který by coby skleníkový plyn Zemi zahříval?

Pozemské klima funguje na třech hlavních úrovních. Tou první úrovní je množství slunečního záření, které dopadá na povrch Země. Druhá úroveň obnáší skleníkové plyny, které na Zemi zadržují tu více, tu méně sluneční energie. Třetí úroveň představuje oceánské proudění; to tvoří jakési ústřední topení planety, které rozvádí teplo z tropů daleko na sever a jih.