

Co víme a nevíme o vesmíru

Jan Novotný, Přírodovědecká fakulta MU, Brno

Století, k jehož konci se schyluje, podstatně přispělo k rozšíření našich znalostí o vesmíru. Díky rozvoji fyzikálních teorií a pozorovací techniky jsme si uvědomili skutečné rozměry světa, který je v zásadě přístupný našemu pozorování, a dospěli jsme k pevnému přesvědčení, že i v těchto rozměrech se svět vyvíjí a že jeho dnešnímu stavu předcházely stavy odlišné. Tím více si ovšem uvědomujeme nejen neúplnost našich dat a teorií, ale i hluboké souvislosti mezi dávnými otázkami vědy a jejich nově poznaným kosmologickým pozadím. Článek podává stručný přehled našich poznatků o povaze a dějinách vesmíru a všímá si otázek, do nichž tyto poznatky ústí.

Co je vesmír?

Nejprostší odpověď na tuto otázku si nevyžaduje ani jedno slovo – stačí ukázat na úchvatné noční nebe. (Mimochodem řečeno, je tento pohled v našem hvězdném městě – Galaxii, vzácným privilegiem. Astronomové se domnívají, že asi před 340 tisíci let kolem nás prolétla rázová vlna způsobená výbuchem supernovy Geminga, která “vymetla” zaprášený kosmický prostor v našem okolí a umožnila tak průhled do dálek, z něhož se dnes těšíme.) Co nám však dává právo prohlásit za vesmír – doslova: všechen svět – oblast, kam dohlédnou naše oči, popřípadě co pro nás zviditelní soudobé technické pomůcky?

Zdá se, že pro to máme dva dobré důvody. Náš pohled je omezen principiálně. Hledíce do dálek, díváme se vlastně do minulosti, z níž k nám přichází světlo. Nebudeme proto moci nikdy vidět hlouběji než k okamžikům, kdy se hustý rodící se vesmír stává pro jakoukoliv informaci neprůhledným. A i kdyby nebylo této překážky, nemůžeme spatřit objekty, jejichž světlo nemělo od počátku vesmíru čas k nám doletět. Rozpínající se vesmír je pro pozorovatele ohraničen horizontem. Právě během psaní tohoto textu se dovídám, že Hubblov kosmický teleskop objevil zatím nejvzdálenější galaxii, kterou námi zachycené záření opustilo v době, kdy stáří vesmíru činilo pouhých sedm procent jeho dnešního věku. To znamená, že přehlédneme již značnou část toho, co vůbec přehlédnout můžeme. Je to tedy vesmír přinejmenším pro každého jeho pozorovatele, byť by nás svými schopnostmi nesmírně předčil. Dále se zdá být rozumný předpoklad, že ve vskutku vesmírném měřítku jsou zahlazeny místní nepravidelnosti a vesmír je zhruba všude stejný. Pozorování nasvědčují tomu, že úrovní galaxií výrazné strukturování náplně světa končí. Galaxie ještě vytvářejí kupy a nadkupy, ale to jsou už jen volná sdružení, jakási vesmírná souměstí. V měřítku přiměřeném rozlohám, které jsme již přehlédli, se svět stává stejnorodým a to naznačuje, že jsou to měřítko vskutku vesmírná.

Trochu nejistoty ovšem zůstává. Nenazýváme vesmírem jen námi pozorovatelnou bublinku v něčem, co ji nekonečně přesahuje jak velikostí, tak mnohotvárností?

Jak je velký?

První obdivovatelé a zkoumatelé vesmíru zdaleka netušili jeho skutečné dimenze. Řečtí přírodní filozofové směřovali astronomické jevy s jevy meteorologickými a když Anaxagorás

tvrdil, že Slunce je hořící kámen velký jako Peloponnés, pokládali to jeho současníci za plané přehánění. Na sklonku řeckého období antiky však Eratosthenés určil rozměry zeměkoule a to posloužilo mužům, jakými byli Aristarchos, Archimédés či Ptolemaios k nalezení správné metodiky pro zjištění vzdálenosti a velikosti Měsíce a Slunce. I když jejich měření nebyla a nemohla být dostatečně přesná, dospěli tak k základní představě o velikosti sluneční soustavy a poprvé povznesli lidskou mysl nad pozemská měřítka. Moderní věda zrozená v době renezanace pokračovala v jejich úsilí, které ovšem zjištěním zákonů pohybu a gravitace a pokrokem v pozorovací a měřicí technice postavila na mnohem vyšší úroveň.

Ani velikáni tohoto období, Koperník, Galilei, Kepler či Newton, však ještě netušili, jak daleko jsou hvězdy. Ani tak velká základna, jakou je poloměr oběhu Země kolem Slunce, nedovolovala dosáhnout na hvězdy trigonometricky. Bylo třeba úsilí několika staletí, aby se měření zpřesnila natolik, že roku 1838 mohli být astronomové ohromeni prvními daty o skutečné vzdálenosti hvězd. Namísto čísel, která stejně přesahují naši představivost, uveďme, že kdyby se Slunce zmenšilo na velikost špendlíkové hlavičky (průměr 1 mm), takže celý jeho planetární systém by se pohodlně vešel do sálu brněnského planetária na Kraví Hoře, našli bychom další podobnou zářící hlavičku až v blízkosti rakouských hranic.

Poznání přírodních zákonů postupně dovolovalo určit množství energie, kterou hvězdy vyzařují do prostoru, a z intenzity jejich pozorovaného svitu usuzovat na jejich vzdálenost od nás. Byly tak proměřeny dimenze nejen našeho hvězdného města, ale i měst okolních. Pozměňme poněkud předchozí přirovnání: kdybychom zmenšili hvězdy na mikroskopické rozměry tak, abychom vzdálenost mezi nejbližšími z nich překlenuli rozepjatýma rukama (délka 2 m), rozkládaly by se desítky miliard hvězd naší Galaxie od Brna až k rakouským hranicím a další srovnatelný hvězdný ostrov, slavná "mlhovina Andromédy" M31, by se nacházel v okolí Paříže.

V dvacátých letech našeho století tak dozrál čas k tomu, aby lidská mysl vykročila do skutečného vesmíru. Největším kosmologickým objevem se stal Hubblův objev rudého posuvu spekter vzdálených galaxií, svědčící o rozpínání vesmíru. Rozpínáním vzrůstá vlnová délka světla vyslaného galaxiemi a vidíme je proto tím červenější, čím větší dráhu muselo od nich k nám světlo urazit, zatímco se vesmír rozpínal. Přijmeme-li tento výklad rudého posuvu (a jak se zdá, žádná rozumná alternativa neexistuje), stává se zjišťování tohoto posuvu metodou pro změření největších vzdáleností ve vesmíru. Pokračujeme-li v našem přirovnání, můžeme říci, že nejzazší pozorované vesmírné objekty se při něm nacházejí ve vzdálenosti asi sedmnáctkrát převyšující poloměr dráhy Měsíce.

Tento výrok je však poněkud ošidný. Tak daleko jsou uvažované objekty dnes, my je však vidíme v čase, kdy byly nám, či přesněji řečeno místu, kde se dnes ve vesmíru nalézáme, mnohem blíže. Na rozdíl od běžného kruhového horizontu se kosmologický horizont sbíhá v jediném bodě – místě zrodu celého pozorovaného vesmíru. Dvě propasti, mezi nimiž podle Pascala stojí člověk, propast nekonečně malého a nesmírně velkého, tak mají společný úběžník. To je jeden z důvodů, proč mikrofyzika vrhá světlo na kosmologii a kosmologie naopak na mikrofyziku.

Jakými zákony se řídí?

Silou, která rozhoduje o chování vesmíru, je nepochybně gravitace. To je pro jeho poznání velkou výhodou: gravitace je univerzální a její působení nezáleží na druhu hmoty, kterou je vesmír vyplněn, ale jen na jejich základních charakteristikách, jakými jsou energie, hustota či tlak. V současné době, kdy je tato hmota nesmírně rozředěna, záleží jen na hustotě energie, která je podle slavného Einsteinova vztahu úměrná hustotě hmotnosti. Nepatrnost této veličiny přiblížíme opět přirovnáním: kdyby byla vesmírná hmota rozptýlena zcela rovnoměrně, bylo by jí v kouli o poloměru rovném vzdálenosti Měsíce od Země nanejvýš asi 100 gramů. Základní rys dnešního chování vesmíru lze pochopit i bez vzorců: je to boj mezi setrvačností, s níž vesmír pokračuje ve svém rozpínání, a gravitací, která se snaží toto rozpínání zastavit. Gravitace zpomaluje rozpínání a rozpínání oslabuje gravitaci. Kdo zvítězí? To zatím nevíme, protože neznáme hustotu hmoty ve vesmíru ani jiné jeho parametry s dostatečnou přesností.

Je zajímavé, že základní rys chování vesmíru lze takto postihnout již newtonovskou fyzikou. Před vznikem obecné teorie relativity se však toho nikdo neodvážil: zdálo se totiž, že na každou hmotu ve vesmíru by musela působit nekonečná síla od hmot dalších. Ve skutečnosti smíme předpokládat, že se vzdálené galaxie pohybují pouze pod vlivem hmot uvnitř koule se středem v našem místě, na jejímž obvodu se nacházejí – neznamena to však, že vesmír má střed a že jsme v něm právě my, což se zdá být dvojnásobně absurdní? Nikoliv, protože stejným právem můžeme považovat za střed kterékoliv místo ve vesmíru. Musíme se pouze rozloučit s představou, že se lze na vesmír dívat z hlediska pevného, tuhého vztažného systému. Kosmologický vztažný systém se rozpíná spolu s celým vesmírem.

Chování vesmíru, který je podle předpokladu potvrzeného pozorováním všude a ve všech směrech stejný (učeneji řečeno homogenní a izotropní), předpověděl počátkem dvacátých let ruský fyzik Fridman, když vyřešil pro tento případ rovnice Einsteinovy obecné teorie relativity. Již zmíněné Hubblovo pozorování rudého posuvu bylo vlastně, jak fyzikové brzy rozpoznali, potvrzením Fridmanova objevu. Fridmanovy modely vesmíru jsou dosud základem moderní kosmologie.

Stojí za upozornění, jak je kosmologie v tomto základním přiblížení jednoduchá ve srovnání s mnohými pozemskými a praktickými fyzikálními problémy. Určení vývoje vesmíru si žádá vyřešení jediné diferenciální rovnice druhého řádu. Jednotlivá řešení se odlišují hodnotou dvou číselných parametrů, z nichž jeden souvisí s libovolností volby počátku odečítání času. Fridmanovy modely se proto rozlišují hodnotou jediného parametru. Dělí se na uzavřené, prostorově konečné (ale bez hranice, podobně jako nemá žádnou hranici povrch koule) vesmíry, v nichž bude rozpínání vystřídáno smršťováním, a na otevřené, prostorově nekonečné vesmíry, které se rozpínají trvale. Obyvatele vesmíru ovšem zajímá nejen to, ve kterém vesmíru žije, ale i jaká doba uplynula od jeho vzniku. Potřebuje proto určit pozorováním hodnotu dvou parametrů. V principu to může učinit ze zjištěné závislosti rudého posuvu na svítivosti galaxií. Tato pozorování naznačují, že vesmír se nachází blízko hranice mezi uzavřenými a otevřenými modely.

Dodejme ještě, že jako první přikročil k řešení kosmologického problému Einstein. Předpokládal však, že vesmír se nemění v čase, a aby toho dosáhl, byl nucen přidat do svých rovnic tzv. kosmologický člen. Ze spojení Hubbleova pozorování s Fridmanovými výpočty však vyplývá, že nejen lidstvo a Země, ale i vesmír má své dějiny. Neznamená to, že kosmologický člen v Einsteinových rovnicích je nutno zavrhnout. S jeho případnou nenulovostí počítal i Fridman. Určení a zdůvodnění skutečné hodnoty tohoto členu patří k nevyřešeným problémům kosmologie.

Neporovnatelně složitější se stává kosmologie v raných vývojových etapách, kdy je nutno uvažovat o konkrétních vlastnostech hmoty vyplňující vesmír. Dále je třeba uvažovat o odchylkách vesmíru od ideální symetrie (fluktuacích). Právě tyto fluktuace se mohly stát "semeny", z nichž se zrodily dnešní galaxie a hvězdy.

Z čeho je?

V učebnicích astronomie bývá někdy s jistou škodolibostí připomínán výrok významného filozofa minulého století Comta, že člověk se nikdy nedozví, z čeho jsou hvězdy. Mylnost výroku se stala zřejmou již brzy po jeho pronesení. Spektrální rozbor světla hvězd ukázal, že se v nich vyskytují, byť ve velmi odlišných podmínkách, tytéž prvky, které známe na Zemi. Hmotu, z níž jsou složeny hvězdy i Země, nazýváme baryonovou, protože její co do hmotnosti nejvýznamnější složkou jsou baryony – protony a neutrony. Naprostou většinu této hmoty tvoří nejjednodušší prvky – vodík a helium. Současné kosmologické teorie vesměs předpokládají, že tyto prvky vznikly syntézou elementárních částic v raných fázích vesmírného vývoje. Rozepnutí vesmíru a s tím spojený pokles teploty syntézu těžších prvků již nedovolil a bylo třeba čekat na první generaci hvězd, aby tyto prvky ve svých nitrech "upekla" a svými výbuchy rozptýlila v kosmickém prostoru. Jak řekl velký astrofyzik Jeans, i naše těla jsou vytvořena z popela vyhaslých hvězd. Jadernými reakcemi ve hvězdách se poněkud proměnil i podíl vodíku a helia ve vesmíru. Známe-li však dostatečně historii kosmických objektů, můžeme z různých pozorování zjišťovat i původní, tzv. primordiální podíl. Z něho pak lze dělat závěry o věrohodnosti různých kosmologických teorií.

O baryonové hmotě ve hvězdách víme a její množství můžeme odhadnout díky světlu, které k nám vysílá. Položme si na první pohled podivnou otázku: Čeho je ve vesmíru víc, této hmoty nebo světla? Odpověď závisí na tom, je-li mírou množství hmoty její hmotnost-energie či počet částic. Co do energie (převážně klidové) bezpečně vítězí baryonová hmota, co do počtu částic je však situace opačná. Jeden baryon připadá ve vesmíru na miliardy světelných kvant – fotonů. Rozpínáním vesmíru ztrácejí fotony svou energii rychleji než baryonová hmota a dnes již většinou odpovídají velkým vlnovým délkám radiového záření. Toto záření se nazývá reliktní, protože je památkou na rané fáze vesmírného vývoje, kdy bylo i co do své energie nejvýznamnější složkou vesmíru, takže ostatní částice se vlastně koupaly ve světelném moři. Penziasův a Wilsonův objev izotropního radiového šumu z vesmíru, v němž nedávno zemřelý vynikající teoretik Dicke rozpoznal reliktní záření, je po Hubbleově objevu rudého posuvu patrně nejvýznamnějším kosmologickým objevem. Pozorovací zařízení vynášená dnes do kosmického prostoru umožní detailněji rozpoznat vlastnosti reliktního záření a obohatit tak naše znalosti o počátcích vývoje vesmíru.

Je ovšem nepochybné, že přímo pozorovaná svítící hmota tvoří jen malý zlomek celkové hmoty ve vesmíru. Nesvítící hmota se projevuje svým gravitačním působením: ovlivňuje rozpínání vesmíru i pohyby svítící hmoty v galaxiích. Kromě toho se staví do cesty svitu hvězd a galaxií a tak je “rozblíkává”. Kolik je ve vesmíru temné hmoty a o jaký druh hmoty jde, patří k největším kosmologickým problémům, na jehož řešení intenzivně pracují pozorovatelé i teoretici. Tento problém se těsně prolíná s problémem, jak probíhal raný kosmologický vývoj.

Proč má čas šíp?

Spor o to, zda dálnice vede z Prahy do Brna či z Brna do Prahy, by nevedl k žádnému rozumnému výsledku. Všichni fyzikové se však shodují v tom, že hvězdy vznikly později než lehké prvky. Proč není možné vykládat vesmírný vývoj “pozpátku” a tvrdit, že vesmír se smršťuje a otepluje? V takto opačně vykládaném vesmíru by nepatrné příčiny měly často velké následky, jeho vývoj by byl obtížně předvídatelný, nestabilní. Zdá se, jako by takový výklad odporoval našim představám o příčinnosti. Možnost plné a jednoznačné orientace času, rozlišení, co je pro danou událost minulé a co budoucí, bývá vyjadřována slovy, že čas má šíp.

Statistická fyzika vysvětluje místní směr času jako směr od uspořádanosti k neuspořádanosti, který je při velkém počtu částic účastnících se děje nesrovnatelně pravděpodobnější než děj opačný. Je to směr růstu entropie, o němž hovoří druhý zákon termodynamiky. Jak víme z termodynamiky, systémy, jejichž interakci s okolím lze zanedbat, dospějí po čase do stavu termodynamické rovnováhy s maximální entropií. Proč se v takovémto stavu nenachází celý vesmír? Jinými slovy, proč je současný vesmír v nepravděpodobném stavu umožňujícím růst entropie, jemuž předcházely stavy ještě méně pravděpodobné? Jak vidíme, uvedené vysvětlení šípu času neřeší otázku jeho prvotní příčiny a odkazuje nás tak na kosmologii. Lze se například ptát, jak souvisí šíp času daný růstem entropie s šípem daným rozpínáním vesmíru. Je vůbec možné, aby se vesmír smršťoval? Nepovažovaly by bytosti v něm žijící za šíp času takový šíp, který je orientován proti smršťování, a nenazvaly by proto smršťování rozpínáním? Jestliže se vesmír rozepne do maximálních rozměrů a začne se zase smršťovat, zachová si šíp času směr anebo se obrátí?

Na tyto otázky nezná žádný fyzik odpověď tak přesvědčivou, aby uspokojila všechny jeho kolegy.

Je vesmír věčný?

Už v dávných kulturách panovaly na tuto otázku rozdílné názory. Některé (snad v analogii s během individuálního života) předpokládaly, že čas vesmíru má svůj počátek, popřípadě i konec. Jiné, inspirovány střídáním ročních dob a astronomických úkazů, přisuzovaly vesmíru věčný koloběh. Moderním vědcům byl většinou blízký názor, že jsou-li neměnné elementární přírodní zákony, pak se ani ve vesmíru, pojmáme-li jej v dostatečně velkém měřítku, nic podstatného nemění. Z tohoto názoru vycházel Einstein při prvním pokusu exaktně řešit

kosmologický problém. Tento názor bylo ovšem těžko možné sloučit jak s druhým zákonem termodynamiky, tak s postupným poznáváním geologického a biologického vývoje na Zemi.

Ve Fridmanových modelech vychází vesmír ze singulárního stavu s nekonečnou hustotou hmotnosti a nekonečnou křivostí prostoročasu. Bylo ovšem možno se domnívat, že tento výsledek je způsoben přílišnou idealizací a změnil jej uvážení skutečných vlastností hmoty při velkých hustotách a teplotách a odchylek od ideální symetrie jejího rozložení, k nimž nutně vede už sama diskrétní povaha hmoty, jak ji odhalila mikrofyziika. V případě uzavřeného vesmíru by se pak dalo uvažovat o cyklech mezi minimálním a maximálním rozepnutím. Tím by ovšem vyvstal problém konfliktu s nevrátností fyzikálních dějů. Konec cyklu by se nemusel podobat jeho počátku a každý další cyklus by byl odlišný, takže otázka po hranicích vývoje by se jen posunula do vyšší roviny.

Matematický rozbor rovnic obecné teorie relativity, dovršený Raychardhurim, Penroseem a Hawkingem, však odhalil, že takovýmto způsobem se singulárním situacím vyhnout nelze, resp. že alternativy k singularitám působí ještě nepříjemněji než singularity. (Stojí za zmínku, že jedním z iniciátorů tohoto objevu byl brněnský rodák Kurt Gödel, proslulý svými pracemi v oblasti matematické logiky.) O počátku vesmírného vývoje, který různé varianty teorie kladou do doby mezi 10 až 20 miliardami let, můžeme proto říci jen tolik, že se vymyká našim schopnostem fyzikálního popisu. Nemůžeme ani předpokládat, že se v jeho blízkosti lze ještě spolehnout na obecnou teorii relativity a na naše současné znalosti o chování hmoty. Očekávaná syntéza fyzikálních teorií, založená na myšlenkách kvantové mechaniky, může snad vrhnout na problém počátku nové světlo.

Budoucí vesmír by se měl podle dosavadních našich znalostí zcela rozptýlit a jeho rozptylování by trvalo věčně. Není ovšem vyloučeno, že objev dostatečného množství skryté hmoty by mohl tento názor změnit a že čas mezi "velkým třeskem" a "velkým krachem" by činil jen desítky miliard let.

Při úvahách o čase trvání vesmíru se objevuje několik zajímavých okolností. Předně ve srovnání s prostorovými rozměry vesmíru se nám čas 10 miliard let nezdá tak nepředstavitelný. Souvisí to s tím, že měříme-li čas například v sekundách, pak přirozenou jednotkou vzdálenosti je světelná sekunda, to jest dráha, kterou za sekundu urazí světlo a která je blízká vzdálenosti od Země k Měsíci. Z tohoto fyzikálního hlediska je doba trvání lidského života nesrovnatelně větší a proto přiměřenější vesmíru než prostorové rozměry lidského těla. Kdyby měl vesmír trvat věčně, dospěli bychom ovšem k nepředstavitelným časovým rozlohám, v nichž by se mohly odehrát i takové fyzikální procesy, jejichž realizace je v běžných časových intervalech naprosto vyloučena pro svou nepravděpodobnost.

Filozofové někdy upozorňují na rozdíl mezi minulostí a budoucností z hlediska jejich lidského pojmání, který se v kosmologii může stát podstatným. Nekonečná budoucnost je potenciální a znamená pouze možnost trvalého pokračování. Každý okamžik, který jednou nastane, bude od nás oddělen konečným časovým intervalem. Naproti tomu nekonečná minulost by byla aktuální, nekonečný čas by musel vsutku uplynout, aby dospěl až k nám, a to se zdá být nemyslitelné.

Proč jsme v něm my?

Na první pohled se zdá, že tato otázka je zcela mimo kompetenci fyziky. Ve fyzice si spíše klademe otázku “jak” než otázku “proč”. Chceme objevit soustavu matematických zákonů, jimiž se běh světa řídí; zda je za těmito zákony nějaká moc, která nutí přírodu je plnit, nelze vědeckými metodami postihnout. Vědecké “proč” znamená v tomto smyslu “jak” na hlubší úrovni. Takto nazíráno by v nadpisu položená otázka mohla znamenat, že je mezi naší existencí a vesmírem nějaká významná souvislost. Vzhledem k nesmírným rozměrům vesmíru a jeho trvání, jak jsme o nich již mluvili, zní takové tvrzení skoro rouhavě. A přece již pouhá naše existence o vesmíru mnohé vypovídá.

Zmínili jsme se o tom, že skutečný vesmír je blízko hranice mezi uzavřenými a otevřenými modely. Dostatečně důvtipný teoretik by na to mohl přijít a předpovědět tak výsledky budoucích pozorování, i kdyby neměl dosud k dispozici žádná data o rudém posuvu a důvěřoval by pouze Fridmanovým modelům a svým znalostem fyzikálních zákonů. Kdyby byl vesmír výrazně uzavřený, nemohl by se dostatečně rozeprout, aby se v něm hmota rozdrobila do hvězd, popřípadě by neposkytl dost času na proběhnutí biologické evoluce. Kdyby byl naopak výrazně otevřený, rozplynul by se tak rychle, že by se hmota nestačila do hvězd seskupit. Vesmír proto musí být dostatečně blízko modelu meznímu a je-li v tomto stavu ještě po více než deseti miliardách let svého vývoje, jeví se to na první pohled jako zcela nepravděpodobná šťastná náhoda, asi jako kdyby se míč, vržený dítětem na ostrý hřeben střechy, po něm kutálel bez jakékoliv odchylky až na druhý konec.

Úvahy tohoto druhu můžeme rozšířit a dojdeme k závěru, že naše existence ve vesmíru je podmíněna řadou jeho dalších vlastností a dokonce i vlastnostmi fyzikálních zákonů, jimiž se jeho běh řídí. Mluvíme proto o antropickém principu, který ve své slabé, ale nejméně spekulativní formě říká, že naše existence si vyžaduje splnění jistých nutných podmínek ze strany vesmíru a jsme-li tu my, znamená to, že tyto podmínky byly splněny. Takovým způsobem se již dospělo k řadě vědecky hodnotných předpovědí, které byly později ověřeny jinou cestou.

Antropický princip otvírá cestu i dalším zobecňujícím úvahám o tom, jak souvisí vesmír se svými pozorovateli. Nepochybně tito pozorovatelé (a nevíme, zda právě my jsme jejich zvláště reprezentativním příkladem) patří také ke kosmickým extrémům, nikoliv svými rozměry, ale svou složitostí, jíž je potřeba k tomu, aby mohli vesmír vnímat a přemýšlet o něm. Vracíme se tak k pohledu na noční nebe, kterým jsme začali a napadá nás ve vztahu k vesmíru Kiplingova věta z Knihy džunglí: “Jsme jedné krve, ty i já”.

Doporučená literatura k dalšímu studiu

Jeans, J.: Prostorem a časem, Dělnické nakladatelství, Praha 1934.

Grygar, J., Horský, Z., Mayer, P.: Vesmír, MF, Praha 1983.

Weinberg, S.: První tři minuty, MF, Praha 1982.

Novikov I. D.: Černé díry a vesmír, MF, Praha 1986.

Grygar, J.: Stavba a vývoj vesmíru, Hvězdárna Úpice, 1991.

Davies, P.: Poslední tři minuty, Archa, Bratislava 1994.

Hawking S.: Stručná historie času, MF, Praha 1994.

Hawking S.: Černé díry a budoucnost vesmíru, MF, Praha 1995.
Barrow, J.: Teorie všeho, MF, Praha 1996.
Davies, P.: Jsme sami?, Archa, Bratislava 1996.
Fraser, G., Lillestol, E., Sellevag, I.: Hledání nekonečna, Columbus, Praha 1996.
Malina, J., Novotný, J. (editoři): Kurt Gödel, Nadace Universitas Masarykiana, Brno 1996.
Mikulášek, Z., Pokorný, Z.: 220 záludných otázek z astronomie, Rovnost, Brno 1996.
Weinberg, S.: Snění o finální teorii, Hynek, Praha 1996.
Grygar, J.: Vesmír, jaký je, MF, Praha 1997

V době provádění korektury tohoto článku se zrodila skuteční fyzikální senzace. Skupina japonských a amerických fyziků ohlásila, že rozbor měření podzemního detektoru SuperKamiokande dokazuje nenulovou klidovou hmotnost mionových neutrin. Z toho vyplývá, že tato neutrina tvoří významnou část skryté hmoty vesmíru, a zvyšuje se tak očekávání, že vesmír, v němž žijeme, odpovídá meznímu Fridmanovu modelu. Objev bude mít pravděpodobně velký vliv i na vytváření jednotné fyzikální teorie a na teorii procesů probíhajících ve hvězdách, kde by mohl pomoci vysvětlit nesoulad mezi teorií a pozorováním, tzv. neutrinový skandál. Zájemci o podrobnější informace je mohou najít na internetových adresách

http://www.phys.hawaii.edu/~jgl/neutrino_news.html

http://www.phys.hawaii.edu/~jgl/nuosc_story.html