

Konec komunismu Názory **Rozhovory** Za hranice vědy Zajímavosti Koktejl Perličky

Věda a technika Drahokamy Inzerce

ROZHOVORY

Odkud se vzala temná hmota a temná energie? O kritice standardního kosmologického modelu s profesorem Křížkem

Matůš Benko | 5. 6. 2018

ČLÁNKY Z RUBRIKY



Alternativní proudy vzdělávání – Waldorfské školy

Rozhovor s mistrem kordu Jiřím Beranem: „Šermuji od svých devíti let“

Co je a odkud se vzala temná hmota a temná energie? Existují doopravdy nebo jsou jen pouhým přeludem, abychom nemuseli měnit stávající kosmologický model? Může zrychlené rozpínání vesmíru znamenat, že neplatí zákon zachování energie? A měl by vůbec tento zákon platit, když se gravitace šíří konečnou rychlostí?

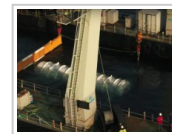
Dlouhá léta fyzikální vědy inspirovaly a formovaly matematiku. Na druhé straně i matematika může dát odpověď na mnoho fyzikálních problémů. O kritice standardního kosmologického modelu, a nejen o ní, budeme hovořit s profesorem Michalem Křížkem – matematikem, který nahlíží fyzikům pod prsty.

NEJNOVĚJŠÍ ČLÁNKY



SVĚT

Spojené státy vystoupily z Rady OSN pro lidská práva. Neslouží prý svému účelu



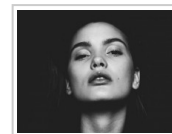
VEDA A TECHNIKA

Microsoft spouští revoluční datové centrum - pod vodou



EU

Trump vidí v migrační politice Evropy velkou chybu. Proč?



ZDRAVÍ

Přestaňte se litovat a získejte znovu kontrolu nad svým myšlením



Martina Ptáčková, mistryně světa v kickboxu: Když chci uspět, musím mít život v rovnováze



Čajovna v hornickém městě? Žádný žert!



Profesor Michal Křížek.

Pane profesore, budeme spolu rozmlouvat o současném standardním kosmologickém modelu. Moje první otázka tedy zní, co je standardní kosmologický model?

Jedná se o model rozpínání vesmíru. Podle Einsteinova kosmologického principu je vesmír pro každý pevný časový okamžik homogenní a izotropní na hodně velkých škálách, což je v dobrém souladu s pozorováním. Homogenita znamená, že vesmír má v každém bodě stejnou hustotu, teplotu, tlak apod., zatímco izotropie vyjadřuje, že v žádném bodě nejsou preferované směry a pozorovatel není schopen rozlišit jeden směr od druhého pomocí lokálních fyzikálních měření. Pro pevný čas se proto vesmír matematicky modeluje maximálně symetrickou trojrozměrnou varietou (varieta – to je taková množina, která má v každém bodě

Inscenace Skleněný st

Tatiana Vilhelmová a Jiří Langr
milostném dramatu, v němž ale
hory nepřenáší.

Letní scéna Ungelt

NEJČTENĚJŠÍ

Přestaňte se litovat a získejte znovu kontrolu nad svým myšlením

Spojené státy vystoupily z Rady OSN pro lidská práva. Neslouží prý svému účelu

Trump vidí v migrační politice Evropy velkou chybu. Proč?

10 aplikací pro moderního cestovatele

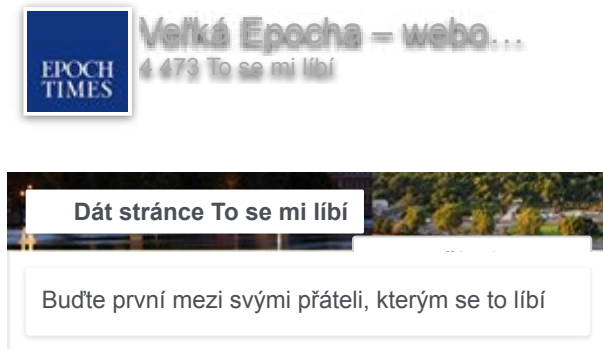
Microsoft spouští revoluční datové centrum - pod vodou

stejnou dimenzi, tj. stejný rozměr). Existují pouze tři takové modely. Jedním z nich je povrch čtyřrozměrné koule, kterému se říká trojrozměrná sféra. Tento model používal i Albert Einstein a před ním ještě Karl Schwarzschild. Druhým modelem je běžný trojrozměrný eukleidovský prostor [tj. prostor rovný, nezakřivený, pozn. redakce] a třetím modelem je takzvaná pseudosféra, která má křivost zápornou.

Vesmír se ale rozpíná v čase, což si lze představit kupříkladu u uvažované sféry tak, že se její poloměr zvětšuje s časem. Toto rozpínání je popsáno takzvanou expanzní funkcí, která má v různých modelech různé tvary. Například Einstein zprvu předpokládal, že je tato funkce konstantní, což znamená, že vesmír se nerozpíná. Expanzní funkce by se ale mohla chovat i jako exponenciála. Ve standardním kosmologickém modelu je expanzní funkce řešením Friedmannovy rovnice. Alexander Friedmann [také **Alexandr Fridman**] ji odvodil v roce 1922 z Einsteinových rovnic obecné teorie relativity. Jde o obyčejnou diferenciální rovnici, jejíž řešení popisuje, jak se mění poloměr zmíněné sféry.

Vraťme se ještě k onomu pojmu varieta, který jste zmínil. Je například kružnice nakreslená na tabuli, což je jednorozměrný objekt ve dvojrozměrném prostoru, příkladem variety?

Ano, je. A kdybychom se přesunuli do trojrozměrného prostoru, tak tam je povrch fotbalového míče sféra dvojrozměrná. Ve čtyřrozměrném prostoru je zcela analogicky takovým objektem trojrozměrná sféra, pomocí níž se popisuje vesmír, pokud je ohraničený.



The image shows a social media share button for Epoch Times. At the top left is the Epoch Times logo. To its right, the text reads "Velká Epocha = webo..." and "4 473 To se mi líbí". Below this is a white button with the text "Dát stránce To se mi líbí". Underneath the button is a white box containing the text "Bud'te první mezi svými přáteli, kterým se to líbí".



The image is an advertisement for ESO. At the top, a red box contains the word "NOVINKA". Below it, the text "Pokročilá internetová ochrana" is displayed in blue. To the right, there is a graphic of a blue folder with "ESO" and "INOVACE" written on it. Below the main text, there is a large "30" in a blue circle, followed by the text "30 LET NEPŘETRŽITÝCH INOVACÍ IT BEZPEČNOSTI". At the bottom, a green button contains the text "VYZKOUŠEJ ZDARMA".

Znamená to tedy, že taková sféra by mohla být modelem celého vesmíru?

Samozřejmě, je to jedna ze tří základních možností pro pevný čas. A teď si ještě musíme představit, že se ten „fotbalový míč“ do všech stran nafukuje, protože se vesmír rozpíná.

Vesmír se v čase mění, konkrétně zvětšuje. Nezní to jako troufalý počin tvrdit, že známe model celého vesmíru?

Samozřejmě. My třeba nevidíme to, co se momentálně odehrává na opačném pólu vyšetřované sféry. Díváme se totiž jenom do minulosti, což je ale popsáno úplně jinou varietou, které se říká světelný kužel. Observační data máme pouze z tohoto kužele, zatímco Friedmannova rovnice popisuje, jak se v čase vyvíjí poloměr uvažované trojrozměrné sféry.

Jestli tomu tedy správně rozumím, tak standardní kosmologický model popisuje, jak se mění velikost vesmíru v čase. Toto má pak další důsledky, které vypovídají o tom, jakou má vesmír hustotu, teplotu, z jaké hmoty a energie se skládá. Narážím na tu záhadnou temnou hmotu a ještě záhadnější temnou energii.

Tady jde o to, že Friedmann odvodil model svého dynamického vesmíru z Einsteinových rovnic, jejichž platnost se ověřuje na škálách Sluneční soustavy. Einstein ze svých rovnic například předpověděl, že se ohýbá světlo hvězd v blízkosti Slunce v důsledku zakřivení prostoru v jeho okolí, což bylo potvrzeno měřením při zatmění Slunce. Také odvodil, proč se stáčí perihelium dráhy Merkuru.



V USA s legendárním matematikem I. Babuškou. (©M.K.)

Pro upřesnění, tohle jsou příklady, které potvrzují platnost Einsteinovy obecné teorie relativity?

Nejsou to přímé matematické důsledky této teorie, protože byly odvozeny pomocí mnoha zjednodušení a aproximací. Tyto pozorované efekty ale naznačují, že Newtonova teorie neaproximuje realitu dostatečně přesně. Proto byla Einsteinem vytvořena dokonalejší teorie, kterou je třeba dále prověřovat.

Friedmann vycházel z Einsteinových rovnic, které použil na celý vesmír. Kupříkladu pozorovatelný

vesmír je zhruba o 15 řádů větší objekt než Sluneční soustava, a tím pádem se Friedmann dopustil značně nekorektní extrapolace. Všechny rovnice matematické fyziky totiž vždy platí pouze na určitých časových a prostorových škálách.

Například rovnici vedení tepla můžeme bez problémů používat na objekty o velikosti jednoho metru, ale její použití na objekty, které mají o 10 řádů větší rozměr, dává nesmyslné výsledky. Takový objekt by byl větší než Slunce a okamžitě by zkolaboval do černé díry. Zrovna tak nemá smysl používat rovnici vedení tepla na objekty, které budou mít o 10 řádů menší rozměr než metr. To bychom se dostali na atomární úroveň, kde už nemá ani smysl například definovat teplotu.

Takže Friedmann se v podstatě dopustil dosti odvážné extrapolace, když mlčky předpokládal, že Einsteinovy rovnice lze použít na jakkoli velký objekt. Tím pádem pak v normalizované Friedmannově rovnici vystupuje člen nazývaný hustota temné hmoty a též další člen – hustota temné energie. Tyto členy podle mého názoru vznikly právě díky oněm nekorektním extrapolacím, protože každá rovnice matematické fyziky má omezení na velikost vyšetřovaného objektu, kde dobře popisuje skutečnost a lze ji použít. V opačném případě už prostě nemá smysl se jí zabývat. Přesto se řada vědců tváří, že je vše v pořádku a vůbec nepřipouští, že by zde mohl být nějaký problém.



M. Křížek jmenovaný za profesora bývalým prezidentem V. Klausem. (©M.K.)

Takto omezená platnost různých fyzikálních principů a zákonů se mi zdá být velice důležitá. Jestli jsem to správně pochopil, tak pokud jde o Einsteinovy rovnice, tak je dokonce dobře známo, že když jdeme na úroveň atomů, tak tam obecná teorie relativity neplatí.

Samozřejmě, tam se pro popis jevů používá zcela odlišná teorie – kvantová mechanika. A podle mého názoru Einsteinovy rovnice nelze používat ani na super obrovské kosmologické škály, když je nemůžeme používat na malé škály. Obzvlášť kdyby byl vesmír nekonečný, protože pak bychom dělali extrapolace přes všechny škály.

Probrali jsme otázku eventuální existence temné hmoty a temné energie. Ve vesmíru je ještě další substance a tou je baryonová hmota. Mohl byste nám přiblížit, co si máme

pod tímto pojmem představit?

Baryonovou hmotou se rozumí především protony a neutrony. Astronomové do ní ale počítají i jiné částice, které baryony nejsou, jako fotony, neutrina, elektrony apod. V podstatě veškerá hmota, která je viditelná nebo se dá zviditelnit, se v astronomii a kosmologii považuje za baryonovou látku. Dokonce i černé díry se počítají do baryonové hmoty.

Podle standardního kosmologického modelu je zde však ještě ona temná hmota, o které se většina kosmologů domnívá, že existuje a projevuje se svými gravitačními účinky. Není ale viditelná, neboť je úplně průhledná. Já se domnívám, že se pojem temná hmota musel zavést v důsledku chyby modelu.

Baryonová hmota je tedy nám dobře známá, lze ji pozorovat a o její existenci dobře víme ...

Ano to je hmota, ze které je složena Země, Slunce, lidé, ...

... a co říká standardní kosmologický model o složení vesmíru – kolik procent by mohla tvořit baryonová hmota, kolik temná hmota a temná energie?

Podle standardního kosmologického modelu, který je založen na Friedmannově rovnici, je baryonové látky jen necelých 5 procent ...

To znamená, že všechno, co vidíme, tvoří jen 5 procent?

Vše, co vidíme, by dokonce mělo být mnohem méně než 5 procent, protože většina baryonové hmoty je ve formě neviditelného plynu a prachu. Na hypotetickou temnou hmotu pak připadá zhruba 25 procent a na temnou energii 70 procent.





(©M.K.)

Tedy temné energie je nejvíce?

Ano. Temná energie je ještě záhadnější entita než temná hmota a většina kosmologů se domnívá, že temná energie nevyhnutelně existovat musí, když se vesmír rozpíná, a to dokonce zrychleně.

Klíčové je ono zrychlení, k jehož vysvětlení je potřebná určitá energie.

Ano, na zmíněné zrychlené rozpínání vesmíru je jistě zapotřebí nepředstavitelně mnoho energie. Mohla by to být jmenovaná temná energie, ale i něco jiného.

To znamená, že standardní kosmologický model má

poněkud zvláštní důsledky. Tedy že to, co můžeme vidět, je jen zcela nepatrná část vesmíru, přičemž drtivou většinu by měly tvořit ony dvě záhadné entity. Shrňte prosím, jak to vidíte vy? Souhlasíte s tím, že existuje temná hmota a temná energie? A v čem je tedy vlastně problém tohoto modelu?

Já jsem podrobně studoval mnohé původní prameny, například Fritze Zwickyho, který již v roce 1933 prohlásil, že nějaká temná hmota musí existovat. Zwicky totiž vyšetřoval známou galaktickou kupu v souhvězdí Vlasy Bereniky a zjistil, že se tam některé galaxie pohybují mnohem rychleji, než by měly. Na základě toho pak usoudil, že by tam měla existovat nějaká neviditelná látka, aby se kupa nerozpadla.

Zwicky se ale zmýlil o dva řády při odhadu hmotností oněch galaxií, o jeden řád podcenil jejich vzdálenost a udělal spoustu dalších zjednodušujících předpokladů. Já jsem na základě nových dat, která jsou volně k dispozici na internetu, znovu přepočítal celý jeho postup a existenci nějakého většího množství temné hmoty mi výpočty nepotvrdily.

Také jsem analyzoval ploché rotační křivky Věry Rubinové, která

tvrdila, že spirální galaxie rotují takovým způsobem, že v nich musí být nějaká temná látka, aby rotovaly tak rychle. Rubinová byla překvapena, že galaxie nerotují podle Keplerových zákonů. Problém je ale v tom, že Keplerovy zákony lze používat jen v případě, kdy je téměř veškerá hmota koncentrována ve středu uvažované soustavy. Například Slunce má hodně přes 99 procent celkové hmotnosti Sluneční soustavy a jenom několik promile připadá na planety, které pak obíhají podle Keplerových zákonů. Ve spirálních galaxiích tomu tak ale není, protože v jejich centrální části je pouhých 10 procent veškeré hmoty a zbylých 90 procent je daleko od středu. Používat Keplerovy zákony na spirální galaxie proto nelze. Já se domnívám, že chyba vznikla hned v počáteční úvaze. Podrobně jsem si přečetl a propočítal články Věry Rubinové a opět mi žádná temná hmota z uváděných údajů nevyšla.

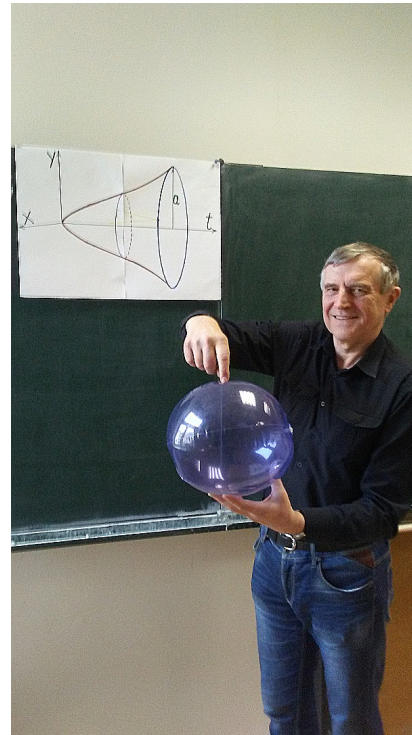
Ještě bych se rád vrátil ke Zwickymu. Jestli jsem to z vaší knihy^[1] pochopil správně, tak Zwicky pozoroval galaktickou kupu a z odhadovaného počtu hvězd vypočetl hmotnost toho, co je „viditelné“, a vyšlo mu řádově 10^{42} kg.

On předpokládal, že každá z 800 pozorovaných galaxií v kupě má miliardu hvězd. Jenomže dneska víme, že třeba naše galaxie má 400 miliard hvězd. Proto mu vyšly takové velké disproporce v určení celkové hmotnosti.

Takže on z celkové svítivosti galaxií odhadl hmotnost toho, co vidíme, a potom na základě tzv. věty o virálu, což je jistý fyzikální princip, vypočetl celkovou hmotnost uvažované kupy galaxií. Vyšlo mu, že hmotnost viditelné látky je o mnoho menší než hmotnost určená z viriálové věty, původně 400násobek a o 4 roky později to upravil na

150násobek. Z tohoto výrazného rozdílu pak usoudil, že uvnitř kupy musí být nějaká skrytá temná látka.

Přesně tak. Zwicky porovnával hmotnost kupy odhadnutou z její svítivosti s hmotností určenou z viriálové věty. Z předpokládané vzdálenosti kupy stanovil pomocí úhlových měření její poloměr. Pak změřil poněkud vysoké rychlosti jejích největších galaxií a prohlásil, že uvnitř kupy se musí nacházet nějaká neviditelná hmota, která svými gravitačními účinky drží celou kupu pohromadě.



Akademie věd ČR, 2018. (Foto: Matuš Benko)

Vy jste ve své knize poukázal na 15 bodů, kde se Zwicky dopustil dosti výrazných zjednodušení a zavedl množství umělých předpokladů.

Samozřejmě, kdyby nic nepředpokládal, tak by nic nespočítal. Například galaxie o průměru 100 000 světelných let nahradil hmotnými body. Také zcela ignoroval gravitační působení mezigalaktické hmoty, které je mnohem více než svítící látky. Dále neuvažoval zakřivení prostoru, použil klasickou Newtonovu mechaniku apod. Zwicky si byl ale dobře vědom, že tato zjednodušení dělá. Z podrobné analýzy soudobých dat ale existence nějakého většího relativního množství temné hmoty nevychází.

Obraťme se teď k domnělé temné energii. Co je tedy

temná energie a jak souvisí s rozpínáním vesmíru?

To, že se vesmír rozpíná zrychleně, je observační fakt. Hlavní příčinou tohoto jevu je podle standardního kosmologického modelu temná energie. Já se domnívám, že ve vesmíru je mírně narušen zákon zachování energie. Klasická Newtonova mechanika je formulována tak, aby zákon zachování energie platil naprosto přesně. Jenomže v ní se předpokládá nekonečná rychlost šíření gravitační interakce. Víme, že rychlost šíření světla je konečná a dnes jsme si téměř jisti, že rychlost šíření gravitace je stejná. Navíc Newtonova mechanika má ten nedostatek, že je ve sporu s principem kauzality, což znamená, že každá příčina předchází následek a nemůže to být naopak. Pokud by existovaly hypotetické částice tachyony, které se pohybují nadsvětelnou rychlostí, tak by princip kauzality byl porušen. V Newtonově mechanice je rychlost gravitace nekonečná, a proto je v rozporu s kauzalitou.

Kdybych si mohl vybrat, zda dávám přednost principu kauzality nebo zákonu zachování energie, tak bych volil kauzalitu. Podle mého názoru je to vyšší princip než zákon zachování energie. Ostatně skutečnost, že se vesmír rozpíná zrychleně, je právě důkazem neplatnosti zákona zachování energie.

Dokonce i na docela malých škálách lze na mnohých příkladech ukázat, že se například i Sluneční soustava nepatrně rozpíná. Rozpíná-li se, byť sebezpomaleji, je zřejmě porušen zákon zachování energie.

Abych to tedy shrnul: vesmír se rozpíná, a to dokonce zrychleně, což je observační fakt. Logicky z toho pak vyplývá, že kdyby se měla energie zachovávat, musí zde být nějaký skrytý zdroj energie, který to zrychlené rozpínání způsobuje. Odpovědí na to by mohla být temná energie, jež byla postulována právě proto, aby vysvětlila ono zrychlené rozpínání vesmíru za předpokladu platnosti zákona zachování energie. Vy ale tvrdíte, že to tak být nemusí, a ve své knize poukazujete hned na několik konkrétních příkladů porušení zákona zachování energie v naší Sluneční soustavě.

Ano. Těch příkladů jsem nasbíral tolik, že to vydalo na celou knihu. Například průměrná teplota na Marsu v současnosti činí -63 stupňů Celsia. Před 3 až 4 miliardami let ale na něm tekly řeky, i když Slunce mělo tehdy jen 75 procent současného výkonu. Přirozenou možností, jak tento paradox vysvětlit je, že Mars obíhal blíže Slunci, protože samotný skleníkový efekt nedokáže existenci řek vysvětlit.

Ve své knize dále poukazujete na některá úskalí při odvozování kosmologického modelu, jako třeba nejasnost samotného pojmu vesmír, na mnohá zjednodušení a také na podivné chování kosmologických parametrů a neobvyklé důsledky tohoto modelu. Jedním z jeho nejvýznamnějších nedostatků je ale to rozšiřování výsledků platných, resp. ověřených jen na určité omezené škále, na

celý vesmír. To jste už vysvětlil na příkladu rovnice vedení tepla. Dalším důležitým problémem, který zmiňujete, je rozdíl mezi modelem a realitou.

Ano, každý model bez výjimky má svou chybu.

Můžeme změřit, jak velká je chyba uvažovaného modelu tady na Zemi, ale samozřejmě nemůžeme stanovit chybu modelu někde v dalekém vesmíru.

Neexistuje zkrátka žádná rovnice matematické fyziky, která by popisovala realitu naprosto přesně. Vždy se dopouštíme nějaké chyby modelu a jde o to, jak je ta chyba velká.

Do rovnice vedení tepla můžeme dosadit libovolné rozměry vyšetřované oblasti a vždy dostaneme nějaký výsledek. Fyzikálně je však zřejmé, že půjdeme-li na příliš mikroskopické či makroskopické rozměry, výsledky budou nesmyslné.

Přesně tak. Čím větší škály budeme uvažovat, tím větší bude chyba modelu, a zrovna tak chyba modelu poroste, když budeme neúměrně zmenšovat rozměry vyšetřované oblasti.

Předpokládám, že standardní kosmologický model i se všemi svými důsledky se používá pro další teorie, které na

něm stavějí. Případná nesprávnost tohoto modelu má tedy nutně vážné důsledky.

Expanzní funkce, která popisuje rozpínání vesmíru ve standardním kosmologickém modelu, je řešením Friedmannovy rovnice. Z ní se odvozuje stáří vesmíru na čtyři platná místa, budoucnost vesmíru apod. Pokud je tento model chybný, tak v podstatě můžeme dostat hausnumera [vymyšlená, náhodná čísla, pozn. redakce]. Podle mého názoru Friedmannova rovnice představuje jen velice hrubou aproximaci rozpínání vesmíru, z níž bychom neměli dělat nějaké definitivní závěry o jeho stáří.



V Houstonu. (©M.K.)

Přece však se takové závěry dělají a byla za to udělena Nobelova cena za fyziku, nebo ne?

V tomto ohledu bych byl opatrný. Nobelova cena byla udělena zejména za objev zrychleného rozpínání vesmíru. To znamená, že příslušná expanzní funkce je v současnosti ryze konvexní. Do té doby se většina kosmologů domnívala, že je tato funkce ryze konkávní, protože gravitace by měla brzdit rozpínání vesmíru.

Ve kterém roce byla tato cena udělena?

Bylo to v roce 2011. Myslím si, že je ve správných rukou, protože to zrychlené rozpínání bylo velké překvapení. Zde je ale třeba si dát dobrý pozor na správnou interpretaci. Laureáti Nobelovy ceny došli k tomu, že kosmologická konstanta je kladná a že je zde nějaká temná energie, která způsobuje pozorované zrychlené rozpínání. Možná je to ale všechno úplně jinak.

Existuje řada článků, jejichž autoři se snaží ukázat, že temná hmota existuje. Já jsem podrobně analyzoval jejich výsledky a bohužel musím konstatovat, že se většinou opírají o Friedmannovu rovnici, která byla odvozena nekorektními extrapolacemi.

Standardní kosmologický model tedy pojednává o velikosti vesmíru v závislosti na čase a také o věku vesmíru, přičemž tato tvrzení jsou odvozena na základě

jistých teoretických úvah. Do jaké míry jsou tato tvrzení podložena nezávislým pozorováním? Například pokud jde o odhadovaný věk vesmíru, byly pozorovány objekty, jejichž věk se přibližuje proklamovanému stáří vesmíru?

Žádný z předkládaných argumentů se mi nejeví jako dostatečně průkazný.

Co se týká věku vesmíru, tak stáří některých kulových hvězdokup se odhaduje na alespoň 12 miliard let nezávisle na kosmologických modelech. To je tedy dolní odhad stáří vesmíru. Zatím nevím o žádném zaručeném horním odhadu. V budoucnosti na nás třeba čeká nějaké velké překvapení.

Netvrdím, že žádná temná hmota neexistuje, ale nasbíral jsem již 10 zcela nezávislých argumentů, které ukazují, že temné hmoty rozhodně není 5–6krát více než baryonové hmoty, jak hlásá standardní kosmologický model.

Nyní se pokusím přejít k tomu, jaká je vlastně vaše odpověď na tyto výzvy, o kterých jsme právě hovořili. Pochopil-li jsem to správně, tak klíčová otázka je, proč se vlastně vy jako matematik mícháte do řemesla fyzikům? Jak jste se vůbec dostal k problematice kosmologie?

Kosmologie je s matematikou úzce provázána. Modely vesmíru se popisují prostřednictvím diferenciální geometrie, symetrie těchto modelů se vyšetřuje pomocí teorie grup, rozpínání vesmíru se v současnosti charakterizuje pomocí Friedmannovy diferenciální rovnice a já jsem z oddělení, kde se diferenciální rovnice řeší numericky. Mám tedy k soudobým problémům kosmologie skutečně hodně blízko.

Vesmír mě přitahoval již od malička. Zajímalo mě, jak vznikl, proč se rozpíná, jakou má geometrii apod. Nyní se jen snažím uplatňovat v kosmologii své dlouholeté zkušenosti s diferenciálními rovnicemi a jejich numerickým řešením. Snažím se je používat na konkrétní matematické modely rozpínání vesmíru. Když totiž řešíme diferenciální rovnice numericky, tak obvykle děláme zaručené dolní a horní odhady numerické chyby, abychom věděli, o kolik jsme se odchýlili od přesného řešení, které obvykle není známo. V kosmologii se bohužel žádné takové odhady chyby nedělají.

Ve vaší knize jsem se dočetl, že vaše cesta začala jistým jednoduchým programem, který jste sestavil. Na poněkud nestandardním příkladu, kdy se uvažuje konečná rychlost šíření gravitační interakce, vám vyšlo, že tam selhává zákon zachování energie.

Ano, je to tak. Ve známé knize Karla Rektoryse *Přehled užití matematiky* jsem si kdysi povšiml soustavy diferenciálních rovnic, jež popisuje pohyb několika volných těles (např. Slunce s planetami), která na sebe vzájemně gravitačně působí. Když jsem pak programoval její řešení, tak jsem do něj zavedl konečnou rychlost šíření gravitace. Přitom jsem ale zjistil, že se ten systém pozvolna rozpíná. Bylo to zapříčiněno jevem, kterému se říká gravitační aberace, jenž je způsoben konečnou rychlostí šíření

gravitace. Takže to byl takový první impuls, proč jsem se tím začal zabývat. Poté jsem zjistil, že se Měsíc od Země vzdaluje skoro přesně takovou rychlostí, jakou se rozpíná vesmír. Takže tu mohla být jakási souvislost. Později jsem našel tři nezávislé argumenty, že i Země se od Slunce vzdaluje přibližně takovou rychlostí, jakou se rozpíná vesmír.

Takže vesmír se rozpíná určitou rychlostí (danou Hubbleovou konstantou) a vy jste pozoroval ten samý jev i lokálně.

Ano, lokálně, ale je třeba dodat, že se musí uvažovat jen průměrné hodnoty. Měsíc například obíhá po eliptické dráze, a proto se k Zemi někdy přibližuje a jindy se zase od ní vzdaluje. Pokud však příslušné vzdálenosti zprůměrujeme za dlouhé časové období, tak zjistíme, že se Měsíc vzdaluje od Země o 3,8 cm za rok, zatímco podle Newtonovy teorie by se měl vzdalovat jenom 2,1 cm za rok v důsledku slapových sil. Takže je zde určitý nesoulad. O něm samozřejmě geofyzikové dobře vědí, ale neumí jej vysvětlit. Jednou z možností je, že prostě neplatí zákon zachování energie.

Ukažme si to na ještě jednodušším příkladu, kdy máme dvě tělesa o stejné hmotnosti, která obíhají kolem sebe. Tak co tvrdí Newtonovská mechanika a co jste napočítal vy, když se uvažuje konečná rychlost šíření gravitace?

V klasické Newtonově mechanice se předpokládá, jak jsem již zmínil, nekonečná rychlost šíření gravitační interakce. Pokud obě stejně hmotná tělesa budou mít takové počáteční podmínky, že se budou pohybovat po kruhové dráze, pak přitažlivé síly obou těles budou ležet v přímce a budou stejně velké, ale opačně orientované.

Zatímco když budeme předpokládat jen konečnou rychlost šíření gravitace, tak přitažlivé síly nebudou ležet v přímce. Vznikne dvojice sil, která není v rovnováze, a tak narůstá orbitální moment uvažované soustavy a zároveň se zvětšuje i její celková energie. Rád bych ale zdůraznil, že výsledný nárůst je velice nepatrný! Tak třeba u Měsíce činí pouze centimetry za rok. V dnešní době to ale lze změřit, protože na Měsíci máme umístěné laserové odražeče, které tam dovezly mise Apollo 11, 14, 15 a také Luna 21 a 24. Proto lze změřit změny v momentální vzdálenosti Měsíce od Země s přesností na milimetry.

Bavíme se o gravitační interakci a o tom, že se šíří konečnou rychlostí. Vaše kniha se ale jmenuje Antigravitace. Co je tedy antigravitace a jak souvisí s tím, o čem jsme právě hovořili?

Antigravitace je jenom vedlejší projev gravitace způsobený konečnou rychlostí šíření gravitace. Je to něco podobného, jako když uvažujete silnou interakci. To je síla, která drží pohromadě kvarky, a jako vedlejší efekt této interakce je, že drží pohromadě jádro atomu. V jádře atomu jsou kladně nabitě protony, jež by se měly vzájemně odpuzovat. Atomové jádro ale drží pohromadě právě díky vedlejšímu efektu silné interakce. Podobně je to s gravitací. Antigravitace tedy není žádná nová pátá síla, je to jenom vedlejší efekt gravitační síly způsobený konečnou rychlostí šíření gravitace.

Zmínil jste, že jedním z důležitých důsledků antigravitace je mírné porušení zákona zachování energie. Dále také tvrdíte, že soudobý kosmologický model je dosti nepřesný a že temná hmota a temná energie možná ani ve skutečnosti neexistují. Jak reagují zastánci standardního kosmologického modelu na vaše názory?

Zastánců temné hmoty je skutečně mnoho. Naštěstí v dnešní době narůstá počet vědců, kteří soudobému kosmologickému modelu příliš nevěří, protože vykazují řadu paradoxů. Například světoznámí astrofyzici Pavel Kroupa a Marcel Pawłowski uvádějí zcela jiné observační argumenty proti existenci temné hmoty, než jsem našel já. Zjistili například, že kolem naší galaxie i její sousedky M31 obíhá většina trpasličích galaxií v jedné rovině, což odporuje předpokladu kulového rozložení temné hmoty v galaxiích.

Pane profesore, hovořil jste o řadě nesrovnalostí provázejících existenci temné hmoty. Jak tedy tuto problematiku co nejlépe vyřešit?

Otázkou platnosti standardního kosmologického modelu se zabývám již dlouho. Na toho téma jsem publikoval desítky článků. Myslím si ale, že jenom teoretické práce nestačí. Je třeba, aby se vědci s podobnými názory spojili a začali spolupracovat, protože jen tak můžeme dohlédnout dál. Toto přesvědčení mě před dvěma roky vedlo ke svolání mezinárodní konference Cosmology on Small Scales. Její výsledky vysoce předčily všechna moje očekávání a zájem světových astrofyziků o tuto problematiku mě vedl k zorganizování již druhého pokračování této konference, která letos v září proběhne opět v Matematickém ústavu AV ČR. Svoje nejnovější poznatky zde představí takové světové kapacity jako je např. I. Goldman, I. Karačentsev, P. Kroupa, A. Maeder či A. Starobinskij.

Zmínil jste konferenci, která se bude konat letos v Praze. Ta bude i pro veřejnost?

Ano, může přijít každý, ale je třeba se elektronicky zaregistrovat,

neboť kapacita posluchárny je omezená. Žádný konferenční poplatek se však nehradí.

Na závěr bych se rád pokusil shrnout dvě podle mě důležitá ponaučení vyplývající z vaší práce:

První ponaučení je o pokoře. Bez ohledu na to, jakými génii byli Newton, Einstein a mnozí další, je důležité mít odvahu pokusit se překročit jejich stín, podívat se na věci ještě jiným způsobem, než se dívali oni, a naopak je dost troufalé myslet si, že tito géniové už všechno vyřešili, že jejich odpovědi jsou konečné.

Naprosto s vámi souhlasím. Otázkou existence temné hmoty a temné energie se zabývá mnoho vědců z celého světa. Bohužel musím konstatovat, že v současné době dochází k soupeření o to, kdo z koho, až to někdy připomíná středověké hony na čarodějnice. Pro mě osobně je však prioritou odhalit pravdu, tedy zda temná hmota existuje či nikoliv.

Druhé ponaučení, které jsem si odnesl, je o fyzikálních zákonech. Zmínil jste Keplerovy zákony a také zákon zachování energie, což jsou dosti fundamentální a hodně používané zákony. Viděli jsme ale, že nemusí být vždy platné. Svoji knihu otevíráte citátem Johna Archibalda Wheelera, který prohlásil: „Jediný zákon je, že neplatí žádný zákon.“

V duchu 1. ponaučení o pokoře si dovolím trochu polemizovat s tímto výrokem. Nejde o to, že by Keplerovy zákony a také zákon zachování energie neplatily. Spíš jde o to, že mají omezenou platnost. Mně se zdá, že je

přesnější říci, že existují mnohé fyzikální zákony, ale žádný z nich není absolutní.

Máte pravdu. Keplerovy zákony samozřejmě nemohou platit naprosto přesně v žádné reálné situaci, protože se nám třeba stáčí perihelium Merkuru, a tak nelze tvrdit, že obíhá po elipsách. Jednotlivé planety se vzájemně přitahují, takže ty také neobíhají po elipsách. Těžiště Sluneční soustavy se každým dnem posouvá o tisíce kilometrů. Proto Keplerovy zákony neplatí absolutně, ale lze konstatovat, že velice dobře aproximují realitu.

Děkujeme za rozhovor.

Prof. RNDr. Michal Křížek, DrSc., se narodil 8. března 1952 v Praze. V letech 1970–1975 vystudoval numerickou matematiku na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy. V roce 1980 získal vědeckou hodnost kandidáta věd a v roce 2003 byl jmenován profesorem. V současnosti působí v Matematickém ústavu Akademie věd ČR jako vedoucí oddělení konstruktivních metod matematické analýzy.

[1] Kniha *Antigravitace* je volně dostupná na adrese <http://users.math.cas.cz/~krizek/pdf/a20.pdf>

[2] Více informací o konferenci *Cosmology on Small Scales 2018* je na <http://css2018.math.cas.cz>

Líbil se vám tento článek? Podpořte nás prosím jeho sdílením na sociálních sítích.

Like 56

Share 56

Tweet

NOVINKA

Pokročilá **interní** ochrana

30 30 LET
NEPŘETRŽITÝCH
INOVACÍ
IT BEZPEČNOSTI

VYZKOUŠEJ ZDARMA

Komentáře

Komunita

1 Přihlásit se ▾

♥ Doporučit

↗ Sdílet

Seřadit od nejlepšího ▾

Začněte diskuzi...

PŘIHLÁSIT SE PŘES

NEBO SI VYTVOŘTE ÚČET DISQUS [?](#)

Jméno

Buďte první, kdo přidá komentář.

TAKÉ NA VELKA EPOCHA

Flu chce, aby lidé víc pili vodu **Nová vakcína dokáže zničit**

... z kohoutku. Má se zvýšit

2 komentářů • před 4 měsíci

skzade — CHLOR JE NEBEZPEČNÁ LÁTKA, voda po něm doslova občas

Sovjet story: Pár okamžiků dokonalé anarchie na území

1 komentář • před 6 měsíci

Lucie Tomcsanyi — Krásně napsané, děkuji

... všechny druhy rakoviny

17 komentářů • před 5 měsíci


Staňková Bedřiška — Asi se začíná něco hýbat, jak vidět, tak nádory si nevybírají,

Další dny kožešin: Česko kožešiny nenosí | Zajímavosti

1 komentář • před rokem

Lukáš Novosad — Na úvodní fotografii není "demonstrace života v kleci" od Svobody

 [Přihlásit se k odběru](#)

 [Přidat Disqus na Vaši stránku](#)[Přidat Disqus](#)[Přidat](#)