

## Vstup nového Namyšlence na českou vědeckou scénu v r. 2000

Zdroj : <http://www.osel.cz/index.php?clanek=695>

### Temná hmota vesmíru

Autor P. Brož

Řeč je o tajemné temné hmotě, které má být podle posledních měření v našem vesmíru kolem 23%, zatímco nám známá hmota, z níž jsme složeni my, naše planeta, celá naše sluneční soustava, a většina objektů, které můžeme přímo či nepřímo vidět, tvoří v tom samém vesmíru jenom zanedbatelná 4%. To znamená, že...

#### Trnité hledání slona v kupce sena

Nepochybně znáte ono úsloví o jehle, kterou je velice těžké najít v kupce sena. Pokud by vám ale někdo tvrdil, že za jistých okolností by mohlo být mnohem horší najít v té kupce sena obrovského slona, asi byste si poklepali významně na čelo a autorovi takového tvrzení věnovali maximálně několik laskavých rad směřovaných k znovunalezení jeho ztracené duševní rovnováhy. A přesto může být úloha o nalezení slona v té kupce mnohem obtížnější, než nalezení té jehly - a to za předpokladu, že slon je neviditelný, neslyšitelný, nehmatatelný, dokonce ani nesmrdí, a vlastně se projevuje jenom svou velikou hmotností, na níž usoudíme například kvůli nepřehlédnutelnému natrásání kupky a udusávání hlíny pod ní.

Nebudu už vás déle napínat, a prozradím rovnou, že řeč je o tajemné temné hmotě, které má být podle posledních měření v našem vesmíru kolem 23%, zatímco nám známá hmota, z níž jsme složeni my, naše planeta, celá naše sluneční soustava, a většina objektů, které můžeme přímo či nepřímo vidět, tvoří v tom samém vesmíru jenom zanedbatelná 4%. To znamená, že hmota, kterou známe a jejímž studiem se dosavadní fyzika zabírala, tvoří podle současných teorií i měření jen nepatrnou část veškeré hmoty ve vesmíru - mnohem větší část hmoty v něm zatím neznáme. Jinými slovy, jsme vlastně v situaci, kdy my i s veškerou námi známou formou hmoty tvoříme onu lehkou kupku sena, a nyní jsme zjistili, že spolu s námi je v této kupce zahrabaný velikánský slon. Tento slon není vidět ani slyšet a nemůžeme ho nahmatat, přesto ale můžeme na jeho přítomnost usuzovat z toho, jak díky své veliké hmotnosti gravitačně působí na naši kupku.

#### Ignorovaný objev neviditelného slona

Zprávy o přítomnosti temné hmoty v našem vesmíru se v poslední letech dostaly občas i do běžných novin a časopisů, které se jinak o astrofyzikálními objevy nezajímají, a i díky tomu

tak vznikl dojem, že tento problém představuje docela horkou novinku na bohatě prostřeném švédském stole moderních kosmologických teorií. Opak je ale pravdou - observatorní data svědčící o existenci temné hmoty poprvé registroval už v roce 1933 švýcarsko-americký astronom Fritz Zwicky. Také je ale zároveň pravdou, že problém temné hmoty ve vesmíru byl dlouhá desetiletí astronomy ignorován, a začal být znovu brán v potaz až v sedmdesátých letech dvacátého století. O důvodu, proč tomu tak bylo, si dovolím rozvést následující vsuvku. Mezi širokou veřejností je rozšířena představa, že vědecká obec sestává prakticky výhradně ze samých dospělých Mirků Dušínů, férových chlapců, kteří jsou sice v reálném životě poněkud nepraktičtí, ale kteří jinak tvoří veliký tým navzájem si přejících specialistů. Skutečnost je však dosti vzdálena od této idylické představy, o čemž se s překvapením dříve či později musí přesvědčit každý, kdo se byť jen okrajově seznámí s životopisy slavných vědců. Neméně často než mezi zbytkem populace je možno mezi vědci nacházet projevy nepochopitelného sobectví, arogance, zneužívání svého postavení v neprospěch jejich oponentů, a v některých případech i intrik či otevřeného despotismu.

Tak např. Henri Poincaré se po uveřejnění Einsteinových článků o speciální teorii relativity nikdy nesmířil s tím, že mimo Francii není nikde uznáván jako její objevitel, protože dílčí část výsledků získal už dříve nezávisle na Einsteinovi, a tak se postaral o to, aby žádný badatel v oblasti teorie relativity nedostal od francouzské vlády podporu. Geniální sovětský fyzik L. D. Landau nejenže soustavně ponižoval svou ženu tím, že mu musela vytvářet zázemí pro jeho před ní nijak neskrývané milostné zálety, ale neváhal použít veškerý svůj odborný vliv k profesní likvidaci svých odpůrců (kolikrát se po jejich i jeho smrti nakonec ukázalo, že to nebyli oni, ale sám veliký Landau, kdo se mýlil). Matematický král Gauss odmítl pomoci hladovějícímu norskému matematiku Abelovi prostě proto, že se mu silně nelíbil Abelův velice důležitý výsledek o nemožnosti obecného řešení algebraických rovnic vyššího než čtvrtého stupně - zlomený Skandinávec poté, co u povýšeného Gausse narazil jen na jeho zavřené dveře, se musel vrátit z Paříže domů do vlasti, kde nedlouho nato v naprosté bídě ve svých 28 letech zemřel. Ernest Lawrence, jeden ze dvou vůdců amerického vývoje atomové bomby za druhé světové války, poté, co se výslovně ujistil, že jeho podřízený, italský utečenec židovského původu, se už nemůže vrátit do Itálie, protože by tam jeho i s manželkou a dětmi čekala jistá smrt, mu obratem snížil plat ze 300 dolarů měsíčně na 116 s logickým odůvodněním, že teď už mu přece nemusí dávat tolik. A např. problematika aktivní spolupráce mnoha vědců s nacistickým či jinými despotickými režimy by sama o sobě vydala na velice tlustou knihu.

Na druhé straně by bylo velkou chybou propadnout pocitu, že vědci jsou sebrankou těch nejhorších amorálních ničemů. Existovali a existují mezi nimi také morální protiváhy oněch výše jmenovaných. Např. P. L. Kapica neváhal riskovat v období zběsilých stalinských čistek nejen své postavení, ale možná i život, když se plnou svou vahou postavil za propuštění L. D. Landaua ze stalinského lágru. Kromě toho odmítl pracovat na vývoji sovětské atomové a vodíkové bomby, díky čemuž mu sovětská moc zpečetila jeho další profesionální kariéru. Andrej Sacharov se stal jedním z nejznámějších sovětských disidentů bojujících za lidská práva v bývalém Sovětském Svazu. Za druhé světové války existovala spousta vědců, kteří aktivně pomáhali v útěku před nacistickým režimem svým židovským kolegům nebo spolupracovali v odboji, a nemálo z nich za toto zaplatilo svým životem. Jinými slovy, vědci jakožto obec nejsou ani sborem morálních andělů, ani smečkou sobeckých sociopatů - pravděpodobně mezi nimi najdeme zhruba podobné zastoupení šlechtných i odpudivých povah, jako u zbytku společnosti.

Jak už asi tušíte, Fritz Zwicky nepatřil zrovna mezi ty zářné příklady s vysokým morálním kreditem, a ani se tím nijak netrápil. Právě naopak, slušnost považoval za pravidla vyhrazená pouze pro omezené a nesvobodné jedince. Kromě jiných urážek nazýval své kolegy s oblibou "sférickými bastardy". Neváhal využít své fyzické převahy k tomu, aby je hrubě šikanoval,

takže např. jeho kolega Baade s ním odmítal zůstat sám v místnosti (Baademu vděčíme mj. za to, že po dlouholetém odstraňování systematických chyb v určování vzdáleností galaxií dokázal zpřesnit hodnotu Hubbleovy konstanty a tím určit stáří vesmíru na rozmezí 10 - 20 miliard let - v důsledku nepřesností prvních měření totiž původně vycházela tato hodnota na něco kolem dvou miliard let, což bylo ve zjevném rozporu s geologickými daty). Není proto divu, že tohoto kontroverzního despotu jeho okolí potrestalo tím, že ignorovalo výsledky jeho pozorování.

Faktem ale zůstává, že při posuzování životního díla jakékoliv osobnosti, ať už se jedná o vědce, lékaře, politika, spisovatele či umělce, nelze jinak než posuzovat toto dílo nezávisle na morálních kvalitách jeho autora. Fritz Zwicky se nepochybně dříve či později dostane do učebnic fyziky jakožto objevitel mnohem větší části hmoty ve vesmíru, než o jaké jsme před ním věděli. Nebude to dobře ani špatně, bude to prostě tak, jak to jednoduše být musí, a pochybné stránky Zwickyho charakteru se nakonec dříve či později odsunou výhradně do paměti historiků vědy, tak, jako se tomu stalo i u mnoha jiných vědeckých velikánů.

### Neviditelné řetízky vesmírných kolotočů

Přiznám se teď, že se obdivem skláním před trpělivostí vás laskavých čtenářů, kteří jste dočetli až sem, ačkoliv jste se vlastně zatím nic podstatného nedozvěděli, a prozradím vám tedy konečně něco o tom, jak vlastně onen nesnesitelný frajer Zwicky na tu temnou hmotu přišel. Zwicky léta pozoroval pohyb galaxií v jedné blízké kupě, a zjistil, že jejich měřené rychlosti vůči sobě navzájem jsou v rozporu s teoretickými rychlostmi, jaké by tyto galaxie měly mít, pokud by jejich pohyb ovlivňovala pouze viditelná hmota v celé kupě, tj. pozorovatelná hmota zářících hvězd a mezihvězdného plynu. Rozdíl byl takový, že celková hmotnost kupy musela být asi desetkrát větší, než byla hmotnost viditelná. Současná měření dávají pro poměr neviděné (temné) a viděné hmoty v této kupě galaxií podobnou hodnotu. Zwickyho pozorování byla něčím podobným, jako byste udělali na dálku fotografii řetízkového kolotoče, pak byste z rozmazání sedaček na ní zjistili jejich rychlost, a s překvapením zjistili, že odpovídající odstředivá síla působící na sedačky je desetkrát větší, než je pevnost na fotce viditelných řetízků. Nejspíše byste došli k závěru, že buďto jste vyfotili kolotoč zrovna v okamžiku jeho náhlého zrychlení a tedy v okamžiku, kdy se řetízky akorát začínají trhat (další snímek pořízený později by pak ukázal sedačky rozházené daleko v okolí), nebo k závěru, že kromě viditelných řetízků musí být sedačky přivázány ještě nějakými řetízky neviditelnými, které mají zhruba desetkrát větší pevnost. Zcela analogicky Zwicky přišel na to, že galaxie by z pozorované kupy za doby její existence musely už dávno uletět, pokud by byly přitahovány pouze tou gravitační silou, která odpovídá pozorovatelné hmotě v kupě. Jako přirozené vysvětlení se proto nabízelo, že kromě pozorovatelné hmoty je v kupě přítomno desetkrát více hmoty, která není vidět.

Zwicky navíc předvídal, že problém skryté hmoty ve vesmíru může být více osvětlen studiem gravitačních čoček, které jsou vytvářeny hmotnými objekty, jako jsou třeba právě galaxie, pokud tyto leží v cestě paprsku z ještě vzdálenějšího zdroje. Mezilehlá hmotná galaxie totiž svou hmotností ohne paprsky ze vzdálenějšího zdroje tak, že se tento zdroj může zobrazit i jako vícero obrazů soustředěných kolem obrazu mezilehlé galaxie. Z naměřeného ohybu paprsků je možno vypočítat hmotnost mezilehlé galaxie, která slouží jako gigantická čočka, a porovnat ji s hmotností její pozorovatelné hmoty. Tímto lze objevit, kolik hmoty v takové mezilehlé galaxii a jejím bezprostředním okolí je nepozorováno, tj. kolik tvoří onu tzv. temnou hmotu.

Metoda gravitačních čoček ale není jedinou možností, jak temnou hmotu registrovat. Dalším ze způsobů je pozorování rotací galaxií. Pokud by neexistovala v galaxiích jiná, než pozorovatelná hmota, dá se spočítat, jakou rychlostí by v nich měly obíhat hvězdy v různých

vzdálenostech od centra. Zhruba řečeno se mají pohybovat obdobně, jako pozorujeme u naší sluneční soustavy - hvězdy blízké k centru galaxie mají obíhat podstatně rychleji než hvězdy vzdálené. Zákon určující závislost rychlosti planety na její vzdálenosti od centra našel díky svému pozorování už Johannes Kepler, a tento zákon s příslušnými korekcemi platí i pro obíhání hvězd kolem center galaxií (korekce jsou zde nutné proto, že zatímco pro pohyb planet kolem Slunce je rozhodující pouze hmotnost Slunce, protože to tvoří 99% hmotnosti celé soustavy, tak pro oběh hvězd v galaxiích musíme vzít v potaz i působení ostatních hvězd v galaxii). Pozorování hvězd v galaxiích dává ale jiný výsledek, než vyplývá z teorie - hvězdy vzdálenější obíhají mnohem rychleji, než by jim příslušelo podle (byť modifikovaného) Keplerova zákona, a jejich pohyb je takový, jako by v prostoru celé galaxie byla rozprostřena ještě jiná hmota, než je ta, kterou pozorujeme. Také zde se dostáváme zhruba k poměru jedna ku deseti, tzn. že viditelné hmoty je jen asi desetina té, na niž usuzujeme z gravitačních účinků.

Je vesmír na obloze pohyblivým filmem, nebo jen fotomomentkou?

Bylo by možná vhodné doplnit upřesnění k výše zmíněným pozorování vzájemných pohybů galaxií nebo pozorování jejich rotací. Toto pozorování si nemůžeme představit tak, že by astronom sledoval, jak se jednotlivé galaxie na obloze pomalu pohybují nebo jak rotují. Pokud by přesně toto dělal, tak bychom si mohli být jisti, že by do zajista dříve zcepeněl, než by mohl zaregistrovat byť ten sebemenší pohyb, ba dokonce je pravděpodobné, že ani za celou dobu teoreticky možné existence observatoře by takový pohyb nemohl být zpozorován. Důvod je v tom, že ačkoliv rychlosti těchto pohybů jsou v absolutních hodnotách úctyhodné (až kolem stovek kilometrů za vteřinu), tak gigantické rozměry prostoru, v němž se tyto pohyby odehrávají, se na naši oblohu promítají prakticky jako naprosto statický snímek. Tak například rychlost rotace Mléčné dráhy, což je malebný název pro galaxii, v níž se nacházíme (pro odlišení od jiných bývá ta naše psána také jako Galaxie s velkým G), je zhruba něco kolem jedné otočky za čtvrt miliardy let. To znamená, že od vzniku života na Zemi se ručičky tohoto našeho kosmického budíku stihly otočit všehovšudy zhruba šestnáctkrát kolem dokola. O jednu a čtvrt otočku nazpět se zde v mělkých mořích proháněli trilobiti, a zhruba čtvrt otočky nazpět právě vymírali dinosauři. Předci člověka začali váhavě slézat ze stromů tehdy, když by hodinová ručička na těchto hodinách ukazovala asi o hodinu méně než dnes, a během celého období čtvrtohor se náš budík pootočil jen o něco více než jeden úhlový stupeň. Trochu až jako lekce člověčí představě o vlastní důležitosti působí vědomí, že za sebedelší lidský život se toto majestátní monstrum ani trošičku viditelně nepohne. Z toho plyne, že astronom by musel disponovat geny pro svou téměř nesmrtelnost, aby vůbec mohl nějaký rotační pohyb zaregistrovat. Podobné je tomu se vzájemnými pohyby galaxií vůči sobě navzájem.

Jak se tedy ale mohou tyto rychlosti naměřit? Pomůže nám světlo, tento posel hvězdných dálav, kterého blahorečí bez výjimky všichni astronomové. Paprsek světla v sobě ukrývá mnohem více informací, než je na prvý pohled zřejmé. Pohyb zdroje světla se v jím vysílaném paprsku projeví tzv. Dopplerovým posuvem, který způsobí, že světlo ze zdroje pohybujícího se směrem k nám má vyšší, a světlo ze zdroje pohybujícího se od nás naopak nižší frekvenci, než světlo ze zdroje stojícího. Podle posunu těchto frekvencí můžeme naopak zpětně vypočítat původní rychlost zdroje světla. Světlo nám kromě toho umí prozradit i složení prvků zastoupených ve zdroji. Každý prvek zanechává ve spektru světla, které se dá získat třeba rozkladem světla na optickém hranolu, charakteristické čáry. Tyto čáry v pozorovaném spektru buďto chybějí, protože jsou jim odpovídající frekvence světla během putování světelného paprsku nějakým prvkem pohlcovány, nebo naopak nadbývají, protože jsou ve zdroji světla nějakým prvkem naopak vysílány - rozlišujeme tedy tzv. absorpční a emisní

spektrum.

Čáry ve spektru jsou velice podobné čárovým kódům, které známe ze spotřebního zboží. Každému prvku či sloučenině přísluší pro něj typický a s jiným prvkem nezaměnitelný čárový kód, který se dá ve spektru pozorovaného světla vyhledat. Podle intenzity toho kterého čárového kódu lze pak usoudit na množství odpovídajícího prvku ve zdroji tohoto světla (v případě emisního spektra), či naopak na množství odpovídajícího prvku v nějakém oblaku, kterým světlo ze vzdálenějšího zdroje na cestě k nám musí procházet (to je naopak případ spektra absorpčního). Z těchto informací pak můžeme usuzovat na chemické složení vzdálených hvězd, na jejich povrchovou teplotu, na jejich svítivost a odtud i na jejich velikost. V posledních letech se dokonce z informací, které nám prozradilo spektrum ze některých hvězd, podařilo také usoudit na jejich možnou deformaci, nebo na obří skvrnu na povrchu, nebo také na složení planetárního oblaku rozprostřeného kolem hvězdy - toto všechno a mnohem více věcí nám může o svém původci a o prostředí, kterým proletěl, povědět tentýž paprsek světla, který na noční obloze vidíme jen jako maličkou žlutou tečku. Pokud se tedy někde dočtete, že astronomové pozorovali hvězdu, která je taková a maková, složená z toho či onoho a je tak či tak velká, neznamená to, že by přímo dokázali pozorovat její povrch, sledovat jeho zbarvení, skvrny na něm, jeho deformaci, nebo přímo změřit průměr té hvězdy (pro současné teleskopy jsou na to hvězdy - až na vzácné výjimky - stále příliš malilinkaté, takže měřit přímo jejich velikost nelze). Znamená to, že astronomové vyždírali všechny tyto informace právě ze spektra přicházejícího ze sledované hvězdy.

Díky těmto nedocenitelným vlastnostem světla není náš astronom odsouzen ke statisíce let dlouhému koukání do teleskopu. Namísto toho může nechat na optickém hranolu rozložit světlo přicházející k nám z různých částí sledované galaxie, a tak v relativně krátkém čase (aspoň ve srovnání s pozorovanou rychlostí pohybu galaxie na obloze) usoudit např. na rychlost její rotace nebo jejího pohybu vůči jiným galaxiím. A bez ohledu na to, že zejména v posledních letech zaznamenala astronomická technika obrovský technický pokrok, mj. i díky úspěšnému masovému nasazení CCD prvků a jiných pokročilých technologií, díky kterým je toho možné ve vesmíru objevit mnohem více než dříve, než dříve, tak spektrum světelného paprsku zůstává nadále tím nejspolehlivějším rádcem, který nám přináší ty nejkličovější informace i o jevech probíhajících miliardy světelných let od nás.

Z čeho je vlastně slon stvořen?

Vraťme se ale k naší temné hmotě. Asi nejzákladnější otázkou, kterou si vlastně ohledně ní lze položit, je z čeho je vlastně tato hmota stvořena. Tady začíná druhá, neméně zajímavá část problému. Velice rychle se ukázalo, že temná hmota nemůže být tvořena pouze nám známou látkou, která akorát nesvítí anebo která svítí hodně málo. Každé uskupení námi známé hmoty se nakonec vždycky nějak musí prozradit - buďto vyzařuje v té části spektra, která je viditelná lidským okem, nebo vyzařuje v ultrafialové oblasti, nebo naopak v infračervené, může také vysílat rádiové vlny, anebo tvrdé rentgenové záření, a ani zdroje toho nejtvrdsího ze všech, gama záření, mezi pozorovanou hmotou ve vesmíru nechybí. Zkrátka a dobře, běžná hmota se vždycky prozradí tím, že dříve či později vysílá elektromagnetické záření - a detekci elektromagnetických vln zvládá současná astronomie opravdu velice precizně (dá se dokonce říci, že je to zatím její prakticky jediný informační kanál z vesmíru, protože gravitační vlny zatím spolehlivě detekovat neumíme, a neutrinová astronomie je přes své nepochybné úspěchy stále ještě v plenkách).

Nám známá hmota má naštěstí (nejen pro astronomy, ale i pro nás) tu vlastnost, že se světlem nebo obecněji elektromagnetickým zářením velice ochotně interaguje - to znamená, že elektromagnetické vlny (a jejich speciální případ, viditelné světlo) hmota velice ochotně pohlcuje a poté naopak vysílá. Můžeme si to představit jako déšť v lese - začne-li pršet, v lese

na nás nejprve padat kapky nebudou, protože je zachytávají listy či jehličí stromů. Jak ale přší delší dobu, mokneme v lese úplně stejně, jako mimo něj, protože listů na větvích je již zmáčené, a další voda z něj kape dolů na nás. Po skončení deště v lese ještě notnou dobu dokapává, jak poslední kapky kloužou z listů dolů. Stejně tak je tomu i se světlem, kterému stojí v cestě třeba mrak mezihvězdného plynu. Nejprve je světlo pohlceno - to znamená, že pozorovatel, jemuž stojí tento mrak ve výhledu, zdroj světla nevidí. Jak ale zdroj dále září, tak se mrak postupně rozehřívá, až začne sám vyzařovat - může sice vyzařovat na jiné vlnové délce, než původní zdroj, např. proto, že původní energeticky bohatá světelná kvanta z optické části spektra postupně rozmění na více energetických drobných, např. infračervených kvant, nicméně dříve nebo později se takto prozradí. A protože známe meze citlivosti našich detekčních přístrojů, tak můžeme určit horní hranici pro množství takového plynu přítomného např. v naší Galaxii.

Po pravdě řečeno je ale situace přece jen o něco komplikovanější. Výše zmíněné platí prakticky bez jakýchkoliv dalších výhrad pouze u mezihvězdném plynu. Jakmile je ale hmota kondenzována např. v prachových částicích, situace je složitější. Prachové částice mohou gravitačně kolabovat do systémů podobných naší pradávné sluneční soustavě ještě předtím, než teplota a tlak v jejím středu byly dostatečné na zapálení termojaderné reakce uvnitř takto se zrodí hvězdy. Protoplanetární soustavy ještě před tím, než se v jejich centru zrodí hvězda, září velice slabě (ve viditelném spektru prakticky vůbec, ale i v infračerveném oboru je to slabota). Proto je pro velkou část z nich velice snadné uniknout pozornosti i těch našich největších dalekohledů či radioteleskopů, s výjimkou těch protohvězd, které se nacházejí v našem relativně malém mezihvězdném okolí. Nicméně se má za to, že rychlost tvorby nových hvězd v naší Galaxii je dostatečně dobře známá - množství hvězd v Galaxii je dobře známo, a taktéž je dobře známa typická doba života toho kterého typu hvězd, a z těchto dvou údajů se už dá udělat velice slušný odhad množství ještě neviděných protohvězd. Ukazuje se, že rodičí se hvězdy uvnitř svých protoplanetárních soustav nemohou být tím pravým kandidátem na temnou hmotu, protože je jich na to příliš málo.

Proč nemůže být slon z masa a kostí, jako jiní sloni

Už výše jsem uvedl, že podle posledních měření tvoří nám známá hmota ve vesmíru jenom asi 4% celkové hmoty. Skutečnost je ale ještě mnohem tristnější - v těch 4% je zahrnuta nejen svítící hmota, ale i nám známá běžná nesvítící či málo svítící hmota, pro niž máme jakýs takýs odhad její přítomnosti. Samotná svítící hmota tvoří dokonce jenom necelé jedno procento. Zhruba další jedno procento připadá na mezihvězdný plyn, a zbytek do čtyř procent je odhad hmotnosti jiných forem nesvítící hmoty. Před chvílí jsme zmínili protohvězdy, ale také jsme je záhy z našich úvah vyloučili. Jako další kandidáty je možné uvažovat černé díry, neutronové hvězdy, osamělé planety nebo hnědé trpaslíky.

Černých děr v Mléčné dráze z hlediska možného objasnění temné hmoty nikterak mnoho není, tedy aspoň těch černých děr, které mohly vzniknout gravitačním kolapsem nějaké velice macaté hvězdy. Bez ohledu na to, že jsou samy úplně černé (protože mají tak silnou gravitaci, že ani světlo z nich nemůže uniknout), tak se docela rády prozrazují díky disku mezihvězdného prachu a plynu (tzv. akrečnímu disku). V tomto disku se ještě před svým definitivním pádem do černé díry částice padajícího plynu roztáčí v divokém víru na ohromné rychlosti a díky vzájemným srážkám se zahřívají na nebývale velké teploty. Díky těmto obrovským teplotám a vysokoenergetickým srážkám částic je ale takový disk pozorovatelný jak zdroj tvrdého rentgenového záření (jak vidíme, máme zde další z příkladů, co všechno může spektrum světla, či zde obecněji elektromagnetického záření, na svého původce vycinkat). Takovéto zdroje rentgenového záření s odpovídajícími charakteristikami se v naší Mléčné dráze opravdu našly, a vlastně především díky nim dnes považujeme černé díry ve

vesmíru jako relativně dobře prokázané objekty. Jenže přesto všechno se ukazuje, že černých děr hvězdných a vyšších velikostí není ani zlomek toho, kolik by bylo zapotřebí, aby mohly představovat hledanou temnou hmotu.

Jako další v pořadí přicházejí opět černé díry, ale tentokrát mnohem menší, než ty, které si mohou dovolit pořídit dostatečně mohutný a zářící akreční disk. Tak malé černé díry nemohou vzniknout gravitačním kolapsem hvězdy, protože ta by neměla dost hmotnosti, aby při svém hroucení překonala odpudivou sílu ionizované jaderné plazmy v ní obsažené. Tyto podhvězdné černé díry musely tedy být v našem vesmíru přítomny už od dob Velkého třesku. Proto se také nazývají jako primordiální. S primordiálníma černýma děrami je pravda poněkud problém, protože nikdo dnes nedokáže spolehlivě říct, kolik by jich v naší Galaxii mohlo tak asi být. Nicméně podle mnoha modelů vývoje naší Galaxie to spíše vypadá, že ani případných primordiálních černých děr moc nebude.

Další na řadě jsou neutronové hvězdy. Ty vznikly podobně jako černé díry gravitačním kolapsem dostatečně hmotné hvězdy, přesněji řečeno toho jejího zbytku, který nebyl v okázalé explozi v samém závěru života hmotné hvězdy odmrštěn do jejího okolí (tyto exploze pozorujeme jako tzv. supernovy). Přitom ale hmotnost kolabujícího zbytku nestačila k překonání tlaku neutronů a následnému vzniku černé díry. Vzniklý objekt je tvořen látkou sestávající pouze z neutronů o a hustotě, která panuje v atomových jádrech - také není divu, když stejně jako v nich jsou neutrony napasovány pěkně jeden vedle druhého. Neutronové hvězdy mají typický rozměr řádově kolem deseti kilometrů, a proto by se dalo předpokládat, že prakticky vůbec nepůjdou pozorovat. Opak je ale pravdou. Jednak i ony se v některých případech mohou prozradit zářením akrečního disku, pokud nějaký mají, a jednak neutronové hvězdy na rozdíl od černých děr mají pevný povrch (černé díry místo něj mají jen pomyslný horizont, přes který už žádná hmota včetně světla nemůže uniknout nazpět). Při kolapsu zbytku po výbuchu supernovy se neutronová hvězda stihne roztočit na obrovské rychlosti, přičemž horká látka na ní díky silnému magnetickému poli vytvoří ve směru její osy jakýsi majáček rádiového záření, které na Zemi můžeme detekovat jako neuvěřitelně pravidelné pulsy (díky nim získali tyto typy neutronových hvězd název pulsary).

Pulsarů je dnes známo velice mnoho, a je i docela věrohodně propracována teorie jejich vzniku (i když ani zde vývoj neusnul na vavřínech, v poslední době se uvažuje také o možné existenci nového typu neutronových hvězd s relativně krátkou dobou, během které mohou vyzařovat pozorovatelné záření - takový druh neutronové hvězdy se nazývá magnetar, protože disponuje mnohem silnějším magnetickým polem, než jakým disponují pulsary). Protože směry os pulsarů jsou ve vesmíru orientovány náhodně, dá se udělat rozumná extrapolace na počet těch, které nevidíme z toho důvodu, že emitují svůj zářivý kužel v jiném směru, než jsme my. Díky této extrapolaci spočteme jejich celkový počet. Jenže přitom současně zjistíme, že ani pulsary problém temné hmoty nevytrhnou.

Teoreticky můžeme uvažovat i o neutronových hvězdách, které pulsary z jakýchkoliv příčin prostě nejsou, a u těch pak samozřejmě nemůžeme až tak moc dobře vědět, kolik jich třeba v naší Galaxii je. Každopádně ale i pro ně platí hmotnostní omezení zdola - neutronové hvězdy musí být minimálně tak hmotné, jako Slunce, jinak by jejich hvězdný rodič skončil svou pout' ne jako supernova, ale jako např. bílý trpaslík, což je poslední vývojová etapa nepříliš hmotných hvězd, asi takových, jako je třeba naše Sluníčko. Bílí trpaslíci sice mohou dělat problém s pozorováním, pokud jsou velice vzdálení. Jenže i počet bílých trpaslíků jde docela věrohodně extrapolovat z počtu pozorovaných bílých trpaslíků, kteří jsou v dosahu našich teleskopů - a opět, ani tito nemohou být onou hledanou temnou hmotou.

Nepulsující neutronové hvězdy jakožto objekty o nadsluneční hmotnosti by mohly být pozorovány pomocí efektu gravitační mikročochky. Gravitační mikročochka je totéž, co gravitační čočka, ale v malém - hmotou, která ohýbá paprsky pozadí zde není velká galaxie, ale třeba právě onen málo hmotný objekt, jako je neutronová hvězda. Tento objekt kvůli své

ne až tak velké gravitaci neumí ohnout světlo ze zdroje za ním až tak moc, aby se vzdálený zdroj zobrazil jako několik obrazů, jako je tomu u obyčejné gravitační čočky. Místo toho paprsky ze vzdáleného zdroje stačí jen malinko přiohnout - to ale stačí na to, aby se mírně zvětšila jasnost toho zdroje. V době před nasazením CCD prvků by byl takovýto jev prakticky nepozorovatelný, a to kvůli tomu, že astronom může pozorovat každým okamžikem jenom jeden objekt na zorném poli, a efekty gravitační mikročočky jsou velice řídké. Díky CCD prvkům (podobným, jaké jsou např. ve skenerech, ale také třeba v digitálních fotoaparátech či digitálních kamerách) ovšem nastala změna - CCD prvek dokáže současně registrovat obrovské pole hvězd na pozadí, a u všech zároveň registrovat, zda u některé nedošlo k přechodnému zjasnění.

Pozorování s vyhledáváním gravitačních mikročoček opravdu vedla k novým zásadním astronomickým objevům (např. byly objeveny úplně nové typy proměnných hvězd) - mezi mnoha jinými, původně zcela neplánovanými, bylo ale také poznání, že kompaktních nesvítících objektů o hmotnosti aspoň poloviny sluneční hmoty je v naší Galaxii velice málo, a tedy opět nemohou vysvětlit pozorovaný deficit v hmotě.

Konečně se dostáváme k posledním dnes uvažovaným typům relativně malých, ale přitom kompaktních objektů, kterými jsou osamělé planety a hnědí trpaslíci. Osamělých planet nemůže být o mnoho více, než planet kroužících kolem svých mateřských hvězd, a to z toho důvodu, že nejčastěji vznikají tak, že uniknou z mateřské soustavy např. díky blízkému průchodu jiné hvězdy, která je svou gravitací vytrhne do mezihvězdného prostoru. Navíc hmotnost planet v planetárních soustavách je zanedbatelná proti hmotnosti jejich mateřských hvězd - tak například v naší sluneční soustavě činí úhrnná hmotnost všech planet jenom asi jedno procento hmotnosti Slunce. Proto osamělé planety, ač je zcela bez diskuze dnes ještě neumíme spolehlivě detekovat, můžeme z úvah o temné hmotě rovnou vyloučit. Hnědí trpaslíci jsou pro změnu nedovyvinuté hvězdy, které prostě nenasbíraly z okolí dostatečně mnoho materiálu, aby jim pak jejich hmotnost stačila k zažehnutí termojaderné reakce, kterýžto krok je jakýmsi iniciačním rituálem každé správné hvězdy (tím se tedy liší od protohvězd, u kterých je zažehnutí termojaderné reakce v centru protoplanetární soustavy pouze otázkou času). Hnědí trpaslíci proto nikdy během svého prakticky nekonečného života nezáří v optické části světla - místo něj vyzařují jen velice slabé tepelné záření, které vzniká díky zahřívání stlačovaného plynu uvnitř této nedospělé hvězdy (podobné tepelné záření je pozorovatelné u obřích planet naší sluneční soustavy, Jupitera, Saturna, Neptuna a Uranu). Někteří z hnědých trpaslíků se také dají pozorovat pomocí efektu gravitačních mikročoček, ale pouze ti větší. Typická hmotnost hnědého trpaslíka se totiž pohybuje v desítkách hmotností Jupitera, a dnešní technikou můžeme pozorovat jenom ty hmotnější z nich (anebo jinak, než pomocí efektu mikročočky, ty nejbližší z nich - tímto způsobem byl nedávno překvapivě odhalen jeden hnědý trpaslík v těsné mezihvězdném okolí naší sluneční soustavy). Hnědí trpaslíci, kteří jsou pod naší současnou pozorovací schopností, vnášejí do odhadu neviděné hmoty určitou nejistotu, přes to však je na základě současných modelů velice málo pravděpodobné, že by jich bylo tolik, aby problém původu temné hmoty dokázaly vyřešit (pravděpodobnost či nepravděpodobnost samozřejmě nehraje určující roli; jak tomu nakonec bude musí definitivně určit až pozorování).

Podle všeho to tedy vypadá, že náš neviditelný slon v kupce sena nebude jen tak obyčejný slon z masa a kostí - hledaná temná hmota zřejmě nebude sestavena z částic tvořících běžnou látku, jakou známe, tedy z molekul, atomů, nebo atomových jader. Běžná látka buď velice dobře interaguje s elektromagnetickým zářením (a pak je např. prozraditelná, pokud se nachází ve formě plynu), nebo ráda vytváří kondenzované systémy, jako je prach (mimořádně, i ta tvorba prachu je způsobována nejčastěji chemickými a van der Waalsovými silami, a ty jsou opět důsledkem elektromagnetické interakce) a z prachu pak vytváří systémy větší - hvězdy, protohvězdy, neutronové hvězdy, černé díry nebo hnědé



trpaslíky. Každý z takovýchto systémů ale umíme více či méně úspěšně detekovat, nebo aspoň stanovit věrohodnou horní mez pro jejich četnost. Výsledek příslušných odhadů je zatím vždy ten, že s největší pravděpodobností temná hmota není tvořena běžnou látkou.

Slon, který umí procházet zdí (aniž by ji zbořil!)

Vznikla tudíž poptávka po nějaké částici, která by měla tu vlastnost, že na rozdíl od běžné hmoty s elektromagnetickým zářením téměř neinteraguje. Taková částice musí být neutrální (jinak by interagovala s elektromagnetickým polem podobně jako s ním interagují elektrony nebo protony), dále musí mít nenulovou klidovou hmotnost (protože jen takové částice mohou působit gravitační efekty, které požadujeme), a také musí být stabilní (aby se velice rychle nerozpadala). Poslední požadavek např. vylučuje volné neutrony, které se samy o sobě rozpadají s poločasem rozpadu 16 minut (on by ale stejně vznikl u neutronů problém s tím, že pro změnu velice rádi interagují s existujícími atomovými jádry obyčejné hmoty, která by se jejich vlivem postupně destabilizovala podobně, jako se tokem neutronů destabilizují jádra těžkých prvků v štěpných reakcích). Seznam vhodných kandidátů se tedy zúžil na neutrální hmotné částice, které neinteragují dokonce ani silnou jadernou interakcí, ale mohou interagovat maximálně tzv. slabou jadernou silou. Pro takovou hledanou částici se ujala zkratka WIMP, z anglického Weakly Interacting Massive Particles.

Zná současná fyzika nějaké částice, které by mohly být těmi hledanými WIMP? Ano, takovými částicemi jsou neutrina. Neutrino je ve vesmíru docela dost, pohybují se prakticky rychlostí světla, a v každém krychlovém milimetru ve vesmíru, včetně vašich těl, je průměrně zhruba jedno. Neutrino se sice dají detekovat, ale mimořádně špatně. Z každého kvadriliónu neutrin se jich daří zachytit jenom pár. Díky jejich neobyčejné schopnosti procházet látkou, která je způsobena právě tou jejich neobyčejnou neochotou s látkou interagovat (dalo by se dokonce říct, že v našem vesmíru se bude těžko hledat k naší látce lhostejnější entita, než jsou neutrina), je zapotřebí stavět obří detektory, ve kterých jsou přítomny statisíce tun média, které jsou na neutrina nalíčeny. Přes tato enormní množství látky jsou ale detekovatelné interakce neutrin mnohem méně časté, než bychom pro jejich využití jakožto alternativního posla dějů probíhajících v mezihvězdných dálavách potřebovali. Srovnání světelné a neutrinové astronomie je tedy následující - fotonů i neutrin je ve vesmíru řádově stejně, jenže u fotonů umíme vyrábět čidla o tak velké citlivosti, že ta umí polapit skoro každý jednotlivý foton, kdežto u neutrin podobně citlivá čidla dost možná nikdy nepůjde vyrobit - z kvadriliónů neutrin jich umíme spolehlivě chytat v lepším případě jenom tisíce. Přesto všechno už stávající neutrinové detektory nemálo důležitých informací získaly.

Otázka zda neutrina mohou či nemohou úspěšně řešit problém temné hmoty ve vesmíru závisela na tom, jakou budou mít klidovou hmotnost. Dlouhou dobu se mělo za to, že neutrina mají klidovou hmotnost nulovou. Dynamická hmotnost pohybujícího se neutrina je sice na rozdíl od jeho klidové hmotnosti v každém případě nenulová - proč je tedy požadavek nulové klidové hmotnosti tak důležitý? Například z toho důvodu, že v případě nulové klidové hmoty by se neutrina podobně jako elektromagnetické vlny šířila vždy rychlostí světla, a to by zabránilo jejich shlukování v galaxiích a jejich blízkém okolí, tak, jak se podle současných pozorování má shlukovat ona temná hmota. Jinými slovy, neutrina by bez ohledu na jejich enormní výskyt ve vesmíru musela mít nenulovou klidovou hmotnost, aby pomohla astronomům vytrhnout trn z paty. Dokonce ani to nestačí, aby jejich klidová hmotnost byla pouze nenulová, ale musí být větší, než nějaká minimální hodnota, protože jinak by neutrina nedisponovala potřebnou gravitační silou, kterou přisuzujeme temné hmotě.

Nenulová klidová hmotnost neutrin by kromě toho mohla mít závažné důsledky pro otázku budoucnosti celého našeho vesmíru, protože pokud by jejich klidová hmotnost byla dostatečně velká, expanze našeho dnes rozpínajícího se vesmíru by se po nějaké době

zastavila a vesmír by se začal smršťovat (zhroucení našeho milovaného rodného vesmíru se ale nemusíme obávat, protože i kdyby mělo nastat, nestalo by se tak podle všeho dříve než za řádově sto miliard let).

Obří neutrinový detektor SuperKamioke v japonské Kamioce je předním světovým pracovištěm pro výzkum neutrin. Systematické pozorování, které na něm probíhalo v několika posledních letech, výrazně pomohlo v určení klidové hmotnosti neutrin. Výsledek měření hmotnosti neutrin vyšel vpravdě šalamounský - neutrina sice mají prokazatelně nenulovou klidovou hmotnost, ale tak malou, že nestačí ani na budoucí zastavení expanze vesmíru, ani na vysvětlení původu temné hmoty.

Protože neutrina byla jediným možným kandidátem na vysvětlení původu temné hmoty z těch částic, které současná fyzika už objevila, nezbyvá nic jiného, než začít vytahovat z klobouku kandidáty, které dodnes neumíme detekovat ani tak málo, jako ta k nám tak lhostejná neutrina - jinými slovy, musíme začít spekulovat a přejít od praxe a ověřených teorií k teoriím, které dnes ještě nejsou potvrzeny experimentem. Je samozřejmé, že se tím automaticky dostáváme na dost tenký led, protože hmotu, kterou neumíme zatím nijak jinak detekovat, než pomocí jejího gravitačního působení na svítící hmotu, se takto snažíme vysvětlit za pomoci hypotetických částic, jejichž skutečné vlastnosti dnes samozřejmě vůbec neznáme.

Z experimentálně zatím neověřených teorií se nejvíce uvažuje o tzv. supersymetriích. Podle nich každá nám dnes známá částice má svého tzv. superpartnera, přičemž se respektuje pravidlo, že částice s polocelým spinem (nazývané souhrnně jako fermiony) mají za superpartnera částice s celočíselným spinem (ty zase souhrnně nazýváme jako bosony), a naopak. Supersymetrické teorie by měly být průkazné až v oblasti dostatečně obrovských energií, kdy by srážkami známých částic mohly vznikat ony částice hledané. Jako teoretický nejvhodnější kandidát připadá hypotetická částice nazývaná neutralino, což má být supersymetrický partner výše diskutovaného neutrina. Je to zároveň nejlehčí z hypotetických superpartnerů dnes známých částic - proto se pro ni používá také zkratka LSP z anglického Lightest Supersymmetric Particle. Nejlehčí supersymetrická částice ale není žádný částicový otloukánek. Neutralino je ve srovnání s dnes známými částicemi velice dobře živeným tlouštíkem - klidová hmotnost neutrina je dnes odhadována jako řádově stamilardkrát menší, než je hmotnost protonu, kdežto neutralino má mít naopak hmotnost asi stokrát větší než proton, a možná dokonce ještě více. Na druhou stranu by neutralin mělo být nesrovnatelně méně než neutrin. Při jejich vhodném počtu by možná šlo pomocí nich problém temné hmoty objasnit.

Na vyřešení otázky existence nebo neexistence vhodných LSP si ale budeme muset počkat až do zprovoznění nového částicového urychlovače, který se jmenuje LHC (od Large Hadron Collider, tedy něco jako velký srážecí hadronů - jako hadrony nazýváme těžké částice, jako jsou např. proton a neutron). LHC je v současné době dokončován, jeho spuštění se odhaduje na rok 2007. Pokud by se předpověď neutralin potvrdila (a s nimi pravděpodobně pak celé plejády jiných částic, na jejichž detekování je zapotřebí vytvořit srážky o tak vysokých energiích, jaké současné urychlovače ještě neumí), pak by to byl zajisté veliký úspěch. Na druhou stranu by to nebylo poprvé, a už určitě ne naposled, co se astrofyzika a kosmologie provádí kromě obřích teleskopů a satelitů taky v desítky kilometrů dlouhých tunelech částicových urychlovačů.

Stejně jako neutrina, tak i ostatní možné WIMP, včetně LSP, mají s nimi tu společnou vlastnost, že s běžnou hmotou interagují velice slabě. Pokud tedy existují, není pro ně stejně jako pro neutrina žádným problémem procházet nepozorovaně také naší Zemí a dokonce i našimi těly. Vypadá to tedy tak, že náš slon v kupce sena má podobu jakéhosi ducha, který umí procházet zdí. Seno v kupce, které vidíme, slon ovlivňuje jenom svou gravitací, přitom ale toto seno jím umí procházet a naopak každá malá část slona umí bez problémů procházet oním senem. Prostě ideální partner pro vystoupení kouzelníků a iluzionistů.

A je to vůbec slon, není to třeba nosorožec?

Na definitivní potvrzení či vyvrácení teorií o možném původu temné hmoty si tedy budeme muset minimálně ještě pár let počkat. Dají se přesto ohledně ní dělat nějaké předpovědi, když ani nevíme, z čeho je složena? Dají. Astronomové např. z deformací pohybů hvězd v galaxiích a pohybů galaxií v kupách galaxií mohou usuzovat na pravděpodobné rozložení temné hmoty ve vesmíru, tzn. že se mohou pokoušet vytvářet jakési trojrozměrné mapy určující, v kterých oblastech se temná hmota nachází, a kde nikoliv. Ukazuje se, že temná hmota se aspoň zhruba seskupuje v místech, kde hmota viditelná - není tomu ale úplně vždycky, existují i náznaky toho, že v některých případech je temná hmota rozložena poněkud jinak. Tak např. u velkých galaxií se podle všeho oblak (halo) temné hmoty rozprostírá nejen v prostoru celé galaxie, ale dokonce až daleko za její hranice. Mělo se za to, že toto je obecným pravidlem, jenže velice nedávno se ukázalo, že naopak v trpasličích galaxiích halo temné hmoty zdaleka nesahá ani k jejich okraji - to plyne z toho, že od určité vzdálenosti od centra takové trpasličí galaxie klesá oběžná rychlost hvězd již podle klasického Keplerova vzorce.

Každopádně v této otázce není nouze o všemožné pracovní hypotézy, které nemusí mít dlouhou životnost. Jedna z těch nedávných uvažuje o tom, že částice temné hmoty, mají-li dostatečně malou hmotnost, mohou při svých byť řídkých interakcích produkovat elektrony a pozitrony. Vzájemná anihilace elektronů a pozitronů pak vede k vzniku gama záření o energii, která je podle vztahu  $E=mc^2$  rovna právě klidové energii elektronu, a ta činí 511 keV. Pro pozorování jevu je nejvhodnější sledování jádra naší Galaxie, protože podle současných výsledků má právě tam být temné hmoty přítomno nejvíce.

V lednu tohoto roku tým vědců, kteří zpracovávají data z družice Integral, oznámil, že právě takové záření o energii 511 keV z oblasti jádra Mléčné dráhy naměřili. Jenže kritici této hypotézy oprávněně poukazují na to, že v naší Galaxii existuje velice hodně standardních mechanismů, které mohou i bez zapojení temné hmoty uspokojivě vysvětlit vznik oněch elektron-pozitronových párů. Jinak řečeno není spor o tom, že se s největší pravděpodobností pozoruje záření, které vzniká díky řídké anihilaci elektronů a pozitronů, spor je o tom, jestli jsou tyto elektrony a pozitrony generovány částicemi temné hmoty, nebo dnes už známými mechanismy pomocí hmoty běžné. Ať už je tomu tak nebo tak, představuje objev tohoto záření další drobný kámen do obří mozaiky, která nám dává obraz o dějích v našem hvězdném domově.

Další komplikací ohledně určování možných prostorových map temné hmoty v naší Galaxii se ukazuje to, že Mléčná dráha není nějakým extra pravidelným útvarem, protože se v její těsné blízkosti stále motají zbytky trpasličích galaxií, které byly Mléčnou dráhou gravitačně roztrhány. Někteří z těchto galaktických kostlivců byli opět nalezeni teprve před pár měsíci. V jednom návrhu astronomů starém jen několik dní se poukazuje na to, že jeden dlouhatánský cár zlikvidované trpasličí galaxie prochází jako na potvoru právě oblastí, ve které se nachází naše sluneční soustava. Protože se předpokládá, že kromě cárů viditelné hmoty vznikly během tohoto galaktického kanibalismu také souběžné cáry hmoty temné, poukazuje se na to, že např. mapování temné hmoty pomocí gama záření, které možná může (ale nemusí, jak jsme seznali výše), vznikat při jejích interakcích s běžnou hmotou, může být velice ztíženo tím, že oblast, v níž se s celou naší sluneční soustavou nacházíme, leží v jakémsi lokálním "smogu" temné hmoty. Pokud by tedy temná hmota opravdu takové záření produkovala, měli bychom do pozorovaných dat započítat vliv těch lokálních cárů temné hmoty, v nichž se s největší pravděpodobností i s celou naší sluneční soustavou motáme.

Jak vidíme, bez ohledu na podstatu temné hmoty lze usuzovat na tvar, jaký v našem okolí zaujímá. Můžeme tedy aspoň zhruba usuzovat, jestli náš slon má podobu opravdu slona, nebo

jiného velkého zvířete. Toto mapování je ale pronásledováno velikými obtížemi, takže dodnes nejsou k dispozici ani nějaké stoprocentně jisté, ani stoprocentně přesné trojrozměrné mapy temné hmoty - nějaké ale už přesto existují. Jakž takž bychom pomocí nich možná dokázali rozpoznat slona od nosorožce, ale v žádném případě bychom už nerozlišili třeba slona afrického od indického. Topografie temné hmoty je stále ve svých úplných počátcích.

Kde je ale těch zbývajících 73%?

Pozornému čtenáři neušlo, že jsem na začátku uváděl procenta zastoupení běžné a temné hmoty ve vesmíru. Podle asi rok starých měření vychází, že se v něm nachází 4% běžné hmoty (z toho je asi pouhé 1% hmoty svítící, a 3% pak nesvítící nebo slabě svítící běžná hmota, jejíž možné varianty jsme si probrali výše). Celých 23% má tvořit temná hmota, pravděpodobně tvořená WIMP. A zbylých 73% ... No jo, co vlastně tvoří oněch 73% hmoty vesmíru, která jsme zatím cudně opomenuli?

Oněch 73% má podle současných teorií tvořit tzv. temná energie. No toto, říkáte si teď určitě, jako by nestačilo, že tady musíme baštit historiky o hmotě, která se jako běžná hmota vůbec nechová, a teď navíc ještě nějaká temná energie navrch. Jaký je vlastně pro něco takového důvod, nestačí, že už teď máme přenechávat rozhodující vliv ve vesmíru jiné hmotě, než je ta nám známá, a teď se nám tu cpe navíc nějaký další temný nesmysl?

Abychom lépe pochopili, proč je dobrý důvod pro takovéto zavedení další entity ve vesmíru, popišme si hned zkraje, čím se vlastně má temná energie od dříve popisované temné hmoty lišit. Zásadní rozdíl je jednak ve "složení" temné energie, a jednak v mechanismu jejího pozorování. Nejprve k tomu složení. Temná energie se na rozdíl od temné hmoty neskládá z žádných částic, tj. ani z těch dnes známých, ani z těch dnes neznámých. Temná energie je energie obsažená v samotném vakuu. Možná si teď říkáte, jaká asi tak energie může být ve vakuu obsažena. Inu - může. Budeme si ale muset připomenout, co vlastně energie znamená, abychom se o ní nebavili jako o nějakém mytickém či esoterickém pojmu.

**Energie byla zavedena jakožto naprosto pragmaticky definovaná matematická veličina, která nám usnadňuje popis pohybových stavů hmoty.** Přírodní zákony, které platí v našem bezprostředním okolí, nám říkají, že když nějaká hmota začne měnit svůj pohybový stav, tak tyto změny se dají popsat jako jakási neustálá fiktivní směna malých změn toho pohybu za jakési abstraktní platidlo - a tím platidlem je právě energie. Když zavěsíme nějaké těleso na laně přes kladku, tak druhý konec tohoto lana nám může pomoci při zvedání jiného tělesa - vidíme tedy, že pomocí lana můžeme provádět jakousi naturální směnu změny pohybového stavu jednoho tělesa za změnu pohybového stavu tělesa jiného. Vlastně všechny výtahy a jeřáby pracují díky tomu, že takováto směna existuje.

Lano jakožto prostředník těchto pohybových směn není platidlem univerzálním - existují pohybové změny, které pomocí něj nikam nepřevedeme. Můžeme např. pustit těžký předmět na zem, kde se zastaví. Předmět při pádu nejprve nabere rychlost, ale tu pak zase ztratí. Na první pohled to vypadá, že v těchto případech žádná směna nefunguje, zastavení tělesa při nárazu na zem vypadá jako jednoznačná ztráta pohybového stavu, nikoliv jako jeho výměna za pohyb jiný. Jenže není tomu tak. V tomto případě se opět mění pohybový stav jednoho tělesa spolu se změnou jiného pohybového stavu, akorát to není na první pohled vidět.

Zastavení tělesa způsobí rozkmitání molekul látky, z níž je vytvořeno, a toto jejich rozkmitání můžeme vnímat jako zvýšenou teplotu tělesa (v reálu bychom ale na změření toho teplotního rozdílu potřebovali hodně citlivý teploměr). Tedy i v tomto případě lze uvažovat tento proces za výměnu pohybových stavů mezi různými tělesy, zde přesněji mezi součástmi tvořícími jediné těleso - uspořádaný pohyb všech molekul tělesa jedním směrem se zde změnil na neuspořádaný pohyb všemi možnými směry těch samých molekul. Podobně, jako bylo již ve starověku pro účely jednodušší směny zboží s výhodou zavedeno univerzální oběživo -

peníze, tak se i ve fyzice dá zavést univerzální platidlo, a tím je energie. Často je tomu v našem okolí tak, že když nějaké těleso nějakou část energie ztratí, tak přesně tuto část musí získat nějaké jiné těleso v jeho okolí, a naopak. Například pohybující se kulečnicková koule po nárazu do jiné stojící se může zastavit, ale ta dříve stojící se bude po nárazu pohybovat toutéž rychlostí, jako před ním ta koule první. Pokud vezmeme v úvahu i tření, tak to, že se koule na kulečnickovém plátně nakonec zastaví, je způsobeno postupným "utrácením" energetického kapesného této koule za tepelnou energii molekul plátka, která se během zastavování koule pomaličku zvyšuje. **Energie zkrátka není nic víc a nic méně, než velice praktický lidský výmysl, který se tuze hodí** - tak, jako nejsme nuceni při nákupu třeba potravin měnit tyto za jiné konkrétní předměty, které vlastníme, ale jednoduše je nakoupíme za peníze, tak stejně tak můžeme ohodnotit pohybový stav tělesa v jednotkách vhodné zavedené měny, kterou je energie, což nám velice usnadní počítání změn těchto pohybových stavů. Nicméně energie není jediným existujícím platidlem - kromě ní jsou ve fyzice používány i další specifické měny, jako jsou hybnost, moment hybnosti, elektrický náboj, a mnohé další, což jsou opět šikovně zavedené veličiny, které se v mnoha fyzikálních procesech zachovávají.

Nyní už jsme docela blízko k pochopení oné energie vakua. Musíme ale napřed zodpovědět na otázku, zda se celkové množství tohoto fyzikálního platidla - tedy energie - za všech okolností zachovává. Inu, ukazuje se, že příroda je docela opatrný byznysmen, protože prakticky ve všech známých mechanických procesech můžeme pozorovat, že platí zákon zachování energie. Kromě mechanických dějů existují ale děje i jiné, kdy do hry vstupují kromě přímého fyzikálního působení (kterými jsou např. tahy, tlaky či nárazy) také tzv. pole, jako jsou např. pole elektromagnetické či gravitační. Určitě vy sami z vlastní zkušenosti nepochybně znáte, že těleso volně puštěné z dlaně začne zvyšovat svou rychlost směrem dolů, zkrátka jednoduše začne padat. Tak, řeknete si asi, a teď je celá ta historika o energetickém platidle na lopatkách, vždyť přece puštěné těleso samo od sebe zvyšuje svou kinetickou energii, a během tohoto procesu se zároveň snižuje kinetická energie jiného tělesa. Jenže není to tak jednoduché, jak to na první pohled vypadá. Pokud budete chtít toto těleso vrátit do výchozí polohy, budete mu muset naopak nějakou energii dodat - a přitom zjistíte, že ta energie, kterou budete muset do tělesa investovat, aby jste jej vrátili na výchozí pozici, bude přesně rovna kinetické energii, kterou zdánlivě zadarmo toto těleso získalo při svém pádu. Po mnoha a mnoha pokusech byste stejně jako fyzici došli k závěru, že ani zde se energie neztrácí - tíhové pole Země není žádným charitativním dárcem, ono pouze energii půjčuje, a když se chcete s tělesem vrátit zpět, musíte tentýž obnos zase vrátit. Energie se zde zkrátka pouze mění z jedné formy, kterou už jste znali (z energie kinetické, tedy pohybové, což je forma energie, kterou můžeme na pohybu tělesa "vidět") na formu jinou (na energii potenciální čili polohovou, což je forma energie, kterou na pohybu tělesa "vidět" nemůžeme). Toto půjčování a vracení energie tělesu je vlastně jeden z hlavních důvodů, proč se všechna ta různá pole, jako jsou pole gravitační, elektromagnetické, či jiná, ve fyzice vůbec zavádí. Částice v takovém poli sice mění svůj pohybový stav, jenže přitom se dá ukázat, že změna tohoto stavu může být opět vysvětlena jako směna energie, tentokrát jako výměna energie kinetické za potenciální nebo naopak.

Nyní už se konečně dostáváme k oné energii vakua. Vakuum je stav, v němž nejsou přítomny žádné částice. V principu v něm ale mohou být přítomna fyzikální pole. V mezigalaktickém prostoru vždy zůstává přítomno minimálně jedno - a to pole gravitační. **Toto mezigalaktické gravitační pole v závislosti na svém uspořádání může, ale taky nemusí být nositelem energie.** Podle Einsteinovy obecné teorie relativity, která je dnes experimentálně velice dobře potvrzenou teorií gravitace, by tato energie gravitačního pole měla mít původ v tzv. kosmologické konstantě. Gravitační pole má totiž i běžně známou energii, která např. **způsobuje notoricky gravitační přitahování těles.** Toto přitahování ale klesá s rostoucí

vzdáleností, a na velmi velkých mezigalaktických vzdálenostech se stává prakticky zanedbatelným - jinak řečeno, tuto běžnou energii gravitačního pole můžeme zanedbat na tak vzdálenostech, které výrazně převyšují rozměry kup galaxií (v nichž ještě, jak jsme si výše říkali, naopak běžné gravitační přitahování hraje velkou roli, vždyť právě z něj nakonec Fritz Zwicky usoudil na existenci temné hmoty).

Pokud ale je v Einsteinových rovnicích gravitačního pole přítomna tzv. kosmologická konstanta, tak je v gravitačním poli přítomna také jí odpovídající energie, která ale na rozdíl od té běžné má tu vlastnost, že její působení neklesá, ale naopak roste se vzdáleností - zatímco na vzdálenostech až do rozměrů kup galaxií je energie pocházející od kosmologické konstanty zanedbatelná, tak na vzdálenostech ještě větších už postupně začíná hrát prim.

Energie pocházející z gravitačního pole, přesněji řečeno z kosmologické konstanty obsažené v rovnicích gravitačního pole, může stejně, jako energie jiných fyzikálních polí, měnit kinetickou energii galaxií. Galaxie se pak mohou ve svém pohybu zrychlovat či zpomalovat v závislosti na tom, jestli energie pocházející z kosmologické konstanty způsobuje na obřích škálách odpuzování nebo přitahování.

Čtenář patrně určitě bude vědět o rozpínání vesmíru. To objevil už v první polovině dvacátého století astronom Edwin Hubble díky objevu vzdalování dalekých galaxií (jak už jsme zjistili dříve, toto vzdalování nepozoroval tak, že by se mu vzdálené galaxie v objektivu nějak pohybovaly, ale zjistil je ze spektra dopadajícího světla, konkrétně z jeho červeného posuvu). Rychlost vzdalování galaxií je podle Hubbleova vztahu úměrná jejich vzdálenosti, a je významná až u velice vzdálených galaxií (tedy nehraje žádnou podstatnou roli v rozměrech do velikosti zhruba kup galaxií). Samotné vzdalování galaxií a tedy rozpínání vesmíru je dnes bráno za observatorně velice dobře potvrzenou záležitost.

Dlouho se ale nevědělo, jestli je Hubbleův zákon opravdu přesně lineární - tedy jestli se rychlost velmi vzdálených galaxií zvyšuje přesně přímo úměrně vzdálenosti od nás, nebo trochu rychleji, nebo naopak trochu pomaleji, než by plynulo z té přímé úměry. Tomu by odpovídalo to, že se rychlost rozpínání zrychluje, nebo naopak zpomaluje. Pokud by se rozpínání vesmíru ani nezrychlovalo, ani nezpomalovalo, pak bychom žádnou energii vakua zavádět nemuseli - dynamika vesmíru, tak, jak vyplývá z Einsteinových rovnic gravitace by umožnila rozpínání vesmíru jakousi "setrvačností". Přesněji řečeno by za nepřítomnosti temné energie měl Hubbleův vztah striktně lineární průběh pouze v případě, kdyby ve vesmíru nebyla žádná hmota, nebo by jí bylo zanedbatelně málo - expanze vesmíru je v přítomnosti hmoty totiž přirozeně bržděna její gravitací. A protože hmota (ať už běžná, nebo tmavá) ve vesmíru nepochybně je, dalo se tedy podle všeho očekávat, že rychlost rozpínání vesmíru se musí časem zpomalovat.

Jako pěkná ukázka toho, že příroda se může řídit taky jinými pravidly, než jaká my momentálně považujeme za logická, dopadl nakonec výsledek přesného měření expanze velmi vzdálených galaxií. Tato měření byla realizována před několika lety, a ukázala, že bez ohledu na to, že nám připadalo přirozené, aby vesmír svou expanzi zpomaloval, tak ve skutečnosti galaxie při svém vzdalování svůj úprk zrychlují. To ale znamená, že něco musí působit proti gravitačnímu přitahování hmoty, něco tu hmotu na obřích vzdálenostech musí naopak odpuzovat. Kinetická energie galaxií se tedy v průběhu rozpínání zvyšuje, a tato energie se patrně bere z energie mezigalaktického gravitačního pole, konkrétně z energie kosmologické konstanty - nebo taky (pokud pouze použijeme jinou terminologii) z energie vakua. Tato lekce uštědřená od přírody nám znovu připomíná, že je to jedině experiment, který je rozhodujícím soudcem vynášejícím rozsudky nad momentálně převládajícími představami o vesmíru, nikoliv tyto představy samotné. Je to velice užitečná lekce, a je třeba si ji připomínat pokaždé, když budeme číst o nových a nových byť sebedůmyslnějších teoretických konstrukcích, které nám budou vykreslovat ten údajně už zaručeně pravý a

konečný obraz vesmíru.

Před objevem teorie relativity byly energie a hmota považovány za hrušky a jablka, které spolu nemohou být jen tak sčítány či odčítány. Díky Albertu Einsteinovi ale dnes známe veledůležitý vztah  $E=mc^2$ , díky kterému můžeme obě veličiny mezi sebou navzájem přepočítávat - každé hmotě náleží podle něj příslušná energie, a naopak každé energii náleží podle téhož vzorce příslušná hmota. Aplikací tohoto vzorečku na odhadované množství energie vakuu pak můžeme spočítat, kolik hmoty by této energii odpovídalo. Díky tomu můžeme vyjádřit, pokud známe množství energie mezigalaktického gravitačního pole, množství "hmoty" této energii odpovídající. Po patřičném přepočtení dospějeme k oněm 73% hmoty ve vesmíru.

Jako nositele temné energie jsme označili mezigalaktické pole přítomné ve vakuu. Zmínili jsme se, že zcela určitě je v mezigalaktickém prostoru vždy přítomno aspoň pole gravitační - a protože bylo takhle pěkně po ruce, tak právě jemu jsme tu do té doby bezprizorní temnou energii hodili na krk. Ve skutečnosti může být nositelem temné energie úplně jiné pole. Eventuální odpudivá energie gravitačního pole oplývá jistou nectností - během expanze vesmíru by sebemenší odchylky od té jediné optimální hodnoty vedly buď k okamžitému kolapsu vesmíru zpět do stavu, v jakém byl na začátku Velkého třesku, nebo by ho naopak rozfoukly tak rychle, že by se hmota v něm obsažená nestačila seskupit do dnes pozorovaných galaxií. Aby vznikl dnes pozorovaný vesmír, musela by hodnota temné energie pocházející z kosmologické konstanty být vyladěna s tak velkou relativní přesností, která se dá vyjádřit číslem, kde za nulou a desetinnou čárkou následuje minimálně dalších padesát nul, a až poté jednička. Zkrátka a dobře, takový vesmír by byl převelice závislým na neuvěřitelně přesném nastavení počátečních podmínek - a to je věc, která se jeví jako velice nepravděpodobná. Podobně, jako dříve u temné hmoty, začali se tedy i u temné energie hledat alternativní možní kandidáti jakožto její možní nositelé. V této souvislosti se dnes často píše o tzv. kvintesenci, což je teoretické pole, které by mohlo mít spojitost s tzv. inflačním obdobím rozpínání vesmíru, a které netrpí těmi neduhy, jakými je sužována temná energie gravitačního pole. Je zde ale nutné si naprosto bez obalu říci, že zatímco hádání, jaké dnes neznámé částice bude možné považovat za reprezentanty temné hmoty, bylo možné označit za bruslení na tenkém ledě, tak hledání alternativních kandidátů pro temnou energii už je vyloženě lovením v kalných vodách. Na rozdíl od možných nejlehčích supersymetrických částic (LSP), u kterých existuje aspoň nějaká šance na jejich detekci v příštích několika letech, se možnost experimentálního detekování přesného druhu temné energie v příštích desítkách let nezjevuje ani v těch nejšílenějších snech žádného, byť toho sebeodvážnějšího kosmologa. U temné hmoty je navíc možno i bez znalosti toho, z čeho je vlastně složena, postupně vypracovávat např. trojrozměrné mapy jejího rozložení, kdežto u temné energie budeme moci na něco podobného - minimálně v příštích desetiletích - spolehlivě zapomenout. Rozdíl je v tom, že dynamické účinky temné hmoty je možno pozorovat na škálách od velikosti galaxií až po rozměry řádu desítek miliónů světelných let, což je oblast dnes běžně zvládaná i menšími teleskopy, jenže dynamické účinky temné energie se dnes pozorují až na škálách o rozměrech miliard světelných let nebo větších, které jsou doménou pouze špičkových observatoří. Každopádně se nám ale náš obrázek vesmíru opět poněkud zkomplikoval. Po vesmíru se prohánějí obrovští sloni z temné hmoty, a ti tvoří 23% hmoty ve vesmíru. Slony od sebe čím dál rychleji rozfoukává gigantická temná energie, jejíž hmotový ekvivalent činí 73% veškeré hmoty vesmíru. Na slonech a díky jejich prostupnosti i uvnitř nich jsou nabalena asi 4% jakýchsi nečistot běžné hmoty - a z těchto 4% jsou utvářeny všechny nám relativně známé věci, jako jsou mezihvězdný prach a plyn, hvězdy, planety, a nakonec i my sami. Je-li tento obrázek vesmíru skutečně pravdivý, tak se holt budeme muset nějak vyrovnat s tím, že nás, reprezentanty běžné hmoty, příroda nechala hrát až třetí housle.



A co když tam nakonec žádný slon není?

Vrátíme-li se k našemu příkladu s vesmírným kolotočem, který se příliš rychle otáčí na to, aby jeho sedačky mohly být udrženy jenom těmi řetízky, které vidíme, můžeme namítnout, že existují i jiná vysvětlení než ta, že kromě viditelných existují i řetízky neviditelné. Pokud by se podařilo nalézt alternativní řešení, která by prošla sítím všech nashromážděných astronomických dat, pak bychom samozřejmě nepotřebovali žádnou temnou hmotu do úvah o skladbě vesmíru zavádět (neodstranili bychom tím ale potřebu temné energie, protože ke zrychlování velmi vzdálených galaxií prostě potřebujeme odněkud tu energii čerpat). Možná jiná vysvětlení jsou v zásadě dokonce hned dvě.

Prvním z nich je samozřejmě úvaha, že viditelné řetízky držící sedačky kolotoče mají prostě mnohem větší pevnost, než předpokládáme. Pokud tuto představu přeložíme do fyzikálního jazyka, znamenalo by to, že gravitace viditelné hmoty je větší, než si myslíme. Jenže my sílu gravitace velice dobře známe, protože její účinky můžeme pozorovat ať už tady na Zemi, nebo v jejím blízkém okolí, např. ve sluneční soustavě. Pokud by gravitace byla na těchto nám dobře probádaných vzdálenostech výrazně větší, už dávno bychom na to přišli. Jediným řešením by byla možnost, že by gravitace na námi probádaných škálách klesala podle současného dobře ověřeného zákona, ale na větších vzdálenostech by se její pokles zmírnil, takže na vzdálenostech srovnatelných s rozměrem galaxií by byla výrazně větší, než plyne z Keplerova vzorce.

Je dobré připomenout, že modifikace teorie gravitace už ve fyzice jednou proběhla - bylo to tehdy, když obecná teorie relativity (zkráceně OTR) nahradila Newtonovskou teorii gravitace. Jedním z klíčových testů, které nakonec vynesly OTR do křesla dnes široce uznávané teorie, bylo vysvětlení anomálního stáčení perihelu Merkuru. Jak už zjistil Kepler, každá planeta naší sluneční soustavy obíhá kolem Slunce po své elipse, přičemž Slunce je umístěno v jednom ze dvou ohnisek této elipsy. To znamená, že jeden bod na této eliptické dráze je položen Slunci nejbližší (ten se nazývá perihelium), a jeden naopak nejdále (tomu říkáme afélium). Pokud by v naší sluneční soustavě obíhala jen jedna jediná planeta, tak by se při jejím oběhu kolem Slunce perihelium (a tím pádem ani afélium) nestácelo. Vzájemné slabé gravitační ovlivňování planet navzájem ale vede k tomu, že se perihelia jejich oběžných drah stácejí - jinými slovy, malá gravitační požduchování, kterými se planety při svém pohybu navzájem častují, vede k mírným otáčením elips, po kterých obíhají.

Nejznepokojivější bylo stáčení perihelu Merkuru, u kterého se ani po započtení gravitačního vlivu všech ostatních planet ve sluneční soustavě stále nedařilo vysvětlit pozorovanou hodnotu. Stáčení Merkurova perihelu bylo poprvé zjištěno už v roce 1786. Přes veškeré snahy o jeho vysvětlení a započítávání všech možných korekcí zůstával mezi pozorovanou a vypočtenou hodnotou stále dost velký rozdíl na to, než aby se dal připsat nepřesnostem v pozorování. V roce 1859 byla poprvé navržena hypotéza, která umožňovala tento rozdíl uspokojivě vysvětlit - tato hypotéza tvrdila, že Merkur je ovlivňován nějakou hmotou, která je přítomna v oblasti mezi jeho oběžnou dráhou a Sluncem.

Při rozebírání této hypotézy byly probírány podobné argumenty, jako jsme výše probírali ohledně možností, že by temná hmota v naší Galaxii mohla být hmotou obyčejnou. Pokud by hmota měla podobu např. rozptýleného plynu nebo prachu, musela by v blízkosti Slunce způsobovat nepřehlédnutelný světelný rozptyl (podobně, jako když mlha způsobí, že místo ostře ohraničeného zdroje světla za ní vidíme jenom silně rozmazaný flek). Takový opar by ale nešel přehlédnout. Nejméně světla rozptyluje hmota soustředěná do jediného kompaktního tělesa - to znamená, že by pak mezi Merkur a Sluncem obíhala ještě nějaká jiná, tedy neznámá planeta, pro niž se ujal název Vulkán. Historie pozorování této hypotetické planety v druhé půli devatenáctého století je plná falešných poplachů, překvapivých zvrátů, a protirečících si konkurenčních pozorování. Nakonec se došlo k závěru, že taková planeta mezi



Merkurem a Sluncem obíhat nemůže (nicméně dnes víme, že v této oblasti obíhá určitý počet malých asteroidů, které zdědili název po této hypotetické planetě - nazývají se vulkanoidy; jejich úhrnný vliv na pohyb Merkuru je však naprosto zanedbatelný).

Jedním z významných triumfů obecné teorie relativity byl ten, že stáčení perihelu Merkuru uměla vysvětlit přímo z rovnic gravitačního pole, které jsou v OTR poněkud jiné, než v Newtonově gravitaci. Nová Einsteinova teorie gravitace tedy žádnou planetu Vulkán nepotřebovala - ukázalo se tehdy, že nebylo potřeba vymýšlet neznámou hmotu mezi Merkurem a Sluncem, ale bylo zapotřebí zmodifikovat teorii gravitace. Sluší se doplnit, že OTR v žádném případě nevznikla jako účelová teorie, která by měla za cíl vysvětlit pouze jiný pohyb Merkuru, než jaký plynul ze staré teorie - vznikla jakožto výsledek téměř desetiletého strastiplného hledání logicky konzistentní teorie gravitace, která by na rozdíl od Newtonovy teorie akceptovala mj. základní postulát speciální teorie relativity, a to postulát o nejvyšší možné rychlosti ve vesmíru, kterou je rychlost světla. Newtonova teorie gravitace tento postulát porušovala tím, že se v ní gravitační působení dělo nekonečně velkou rychlostí. Einsteinova teorie kromě správné hodnoty pro stáčení perihelu Merkuru předvíдалa taky správnou hodnotu pro ohyb světelných paprsků hvězd při průchodu kolem Slunce (tento jev se pak mnohokrát potvrdil i při pozorování gravitačních čoček a mikročoček), dále předpověděla existenci černých děr, vliv gravitace na geometrii prostoru a na chod času, a kromě spousty dalších dnes již ověřených jevů z ní vyplývá také dnes již notoricky známé rozpínání vesmíru, které bylo později pozorováno Hubblem. Einsteinova OTR tedy představuje velice úspěšný příklad toho, jak hodně fyzikálních dějů se dá postihnout jedním matematicky velice elegantním myšlenkovým schématem.

Je vlastně ironií osudu, že tentokrát to podle všeho vypadá na přesně opačné rozřešení hádanky, kterou před nás pohyb hmoty v galaxiích staví. Na začátku dvacátého století se podařilo pohyb Merkuru vysvětlit místo přítomnosti neznámé planety modifikací teorie gravitace, jenže dnes se nám znova nějaká neznámá hmota do úvah o dynamice galaxií vrací. Nebylo by tedy možné opět nějak šikovně zmodifikovat teorii gravitace? Vždyť koneckonců už zde něco podobného bylo, tak proč by se to nemělo podařit podruhé?

Jenže rozdíl je právě v tom, že ta OTR nevznikala na objednávku astronomů - byla vymyšlena jako logicky velice konzistentní schéma, ve kterém bylo zapotřebí určit vlastně jen dvě neznámé konstanty - a to gravitační konstantu, která souvisí se starou gravitační konstantou z Newtonovy gravitace, a určuje vlastně, jakou silou se dvě tělesa na běžných vzdálenostech vlastně budou přitahovat, a pak kosmologickou konstantu, o které již taky byla řeč, a která naopak určuje odpuzování hmoty na kosmologických vzdálenostech (její vliv je naopak zanedbatelný na rozměrech o velikosti kup galaxií a menších).

Bez ohledu na to ale pokusy o další modifikaci teorie gravitace opravdu vznikly. Ukázalo se však, že neumožňují správně předpovědět právě ty pohyby galaxií, které jsou pozorovány. Teorie počítající s temnou hmotou jsou totiž už ze své podstaty flexibilnější, než jakékoliv teorie modifikující gravitaci. To si můžeme ilustrovat na příkladu, kdy máme např. dvě galaxie, ve kterých je svítící hmota rozložena téměř identicky. Jakákoliv rozumná modifikovaná teorie gravitace musí předpovídat stejné oběžné doby hvězd v obou galaxiích (protože stejné rozložení hmoty v obou musí generovat stejná gravitační pole), oproti tomu teorie uvažující temnou hmotu mají mnohem větší volnost - pokud zjistíte, že hvězdy v obou opticky identických galaxiích obíhají odlišně, vysvětlíte to velice lehce předpokladem, že v každé z nich je zkrátka jiné množství nepozorované temné hmoty, anebo že je v každé z nich ta temná hmota jinak rozložena. Porovnávání předpovědí modifikovaných teorií gravitace s pozorovanými pohyby galaxií každopádně nakonec vyznělo v jejich neprospěch.

Zmínil jsem se ale o tom, že existují hned dvě alternativní vysvětlení záhady vesmírných kolotočů - prvním z nich byla hypotéza, že na velkých vzdálenostech jsou řetízky držící sedačky silnější, než si myslíme. Tato hypotéza ale nepřežila srážku s pozorovacími daty.

Druhým možným vysvětlením je to, že na velkých vzdálenostech je mnohem menší odstředivá síla působící na sedačky, než jakou předpokládáme. V tomto vysvětlení tedy opět nepotřebujeme žádná neviditelná lana držící sedačky spolu s těmi viditelnými (tedy nemusíme zavádět do úvah žádnou temnou hmotu), a ani nemusíme předpokládat, že dlouhé řetízky se začínají chovat na velkých vzdálenostech odlišně a jsou pevnější, než jsme zvyklí (tedy nemusíme ani modifikovat teorii gravitace). Musíme ale potom modifikovat zákon pro odstředivou sílu působící na sedačky na velkých vzdálenostech. Opět po přeložení do fyzikálního jazyka to znamená, že zákon síly, který nás učili už na základní škole, a který zní, že síla je rovna hmotnost krát zrychlení tělesa, bude nutné maličko modifikovat.

Tato teorie tedy nemodifikuje gravitaci, ale samotnou Newtonovu dynamiku, konkrétně její druhý zákon (pokud si vzpomínáte, tak tři Newtonovy pohybové zákony jsou v pořadí zákon setrvačnosti, zákon síly a zákon akce a reakce). Proto se taky tato teorie označuje zkratkou MOND, z anglického Modified Newtonian Dynamics. Tato teorie předpokládá, že klasický druhý Newtonův zákon platí pro výrazně větší zrychlení, než je nějaké extrémně malé zrychlení, a jakmile je naopak zrychlení dostatečně malé, začíná se projevovat více a více odchylka od klasické podoby druhého Newtonova zákona, která způsobuje, že síla působící na těleso je pak menší, než hmotnost krát zrychlení. Při oběhu jakéhokoliv tělesa kolem nějakého centra se zrychlení tělesa zmenšuje spolu s jeho vzdáleností od středu otáčení. Kritické malé zrychlení, při kterém se má druhý pohybový zákon začít výrazněji měnit od své klasické podoby, pak bylo záměrně vybráno tak, aby zhruba odpovídalo zrychlením hvězd obíhajících ve vnějších částech pozorovaných galaxií. Hodnota tohoto zrychlení vychází zhruba na desetinu nanometr, tj.  $10^{-10}$  metrů za sekundu na druhou (to znamená, že těleso s tímto zrychlením se za jednu vteřinu pohne z klidu zhruba o polovinu velikosti atomu vodíku; pro srovnání, těleso puštěné v tíhovém poli Země se za tutéž jednu vteřinu propadne o pět metrů).

Ukazuje se, že MOND na rozdíl od teorií pokoušejících se modifikovat gravitaci relativně úspěšně kopíruje mnohá pozorovací data. Navíc umí vysvětlit i některé pozorované zákonitosti, např. tzv. Tullyův-Fisherův vztah mezi jasností galaxií a oběžnou rychlostí hvězd na jejich okrajích, nebo třeba skutečnost, že velikost rozdílu mezi pozorovanou a potřebnou hmotností, který se jinak přičítá na vrub temné hmotě, závisí na zrychlení pozorovaných soustav. Ukazuje se, že např. u spirálních galaxií je zapotřebí pro vysvětlení pozorovaného pohybu hvězd předpokládat existenci "jen" méně než desetkrát takového množství temné hmoty, ale např. u skupin malých galaxií je nutné do modelu přisypat až stokrát více temné hmoty, aby se teoretické a pozorované hodnoty dostaly do souladu. Stávající teorie uvažující temnou hmotu nemají pro tyto rozdílné nesrovnalosti žádné rozumné vysvětlení, naopak MOND právě pozorovanou závislost zcela přirozeně vysvětluje tím, že zrychlení galaxií ve skupinách malých galaxií je výrazně menší, než zrychlení hvězd ve spirálních galaxiích, a proto je v prvním případě výraznější odchylka v odstředivé síle ve srovnání se silou spočtenou podle druhého Newtonova zákona.

Bohužel, existují také data svědčící v neprospěch MOND. Tato teorie totiž velice špatně předpovídá teploty horkého plynu v galaxiích. Také selhává v případě kup, které obsahují velmi velký počet galaxií. V obou případech by se souhlas s experimentem opět musel zachraňovat předpokladem o existenci nějaké temné hmoty. Tím by byla ale popřena vlastní užitečnost této teorie, která byla vymyšlena právě proto, aby neznámá temná hmota nemusela být do astrofyzikálních úvah vůbec zaváděna.

Výtky vůči MOND přicházejí i ze stran teoretiků. MOND není žádná systémová teorie, jedná se jen o jakousi kuchařku, která byla vymyšlena na popis de facto jednoho jediného fenoménu - a to odlišného pohybu hmoty ve velkých měřítkách, než by odpovídal jejímu pohybu v gravitačním poli viděné hmoty. Takovým teoriím se říká též teorie fenomenologické - jsou to teorie, které zjednodušeně řečeno zodpovídají mnohem méně otázek PROČ, odpovídají spíše

na otázky typu JAK se něco konkrétního děje. Příkladem fenomenologické teorie jsou např. Keplerovy zákony, které popisují jak se planety kolem Slunce pohybují, jenže nevysvětlují proč se tak pohybují. Naproti tomu Newtonova nebo Einsteinova teorie gravitace vysvětluje právě proč se tak pohybují - tyto teorie říkají, že je to díky gravitačnímu poli, pro které v obou teoriích existují rovnice. Obě teorie jsou nadto mnohem obecnější než Keplerovy zákony - Newtonova teorie gravitace totiž jednotným způsobem vysvětlila kromě oběhu planet i původ zemské tíže a pohyby těles v ní, Einsteinova teorie navíc předpověděla celou škálu dějů, kterými gravitace působí nejen na pohyb těles, ale také na prostor a čas (ohýbání světelných paprsků, zpomalování času v přítomnosti gravitace, gravitační rudý posuv, existenci černých děr jakožto extrémního příkladu zborceného prostoru, a mnoho dalších).

Jiným příkladem fenomenologické teorie byl např. Bohrov model atomu. Ten řešil problém, proč se elektron při svém oběhu kolem jádra do něj nakonec nezřítí. Bohrov model postuloval existenci stabilních hladin v atomu vodíku na základě několika jednoduchých předpokladů, a z těchto předpokladů pak také dokázal vypočítat několik dalších jednoduchých charakteristik atomu vodíku. Tento model byl typickým fenomenologickým modelem, protože na všech jiných atomech než byl atom vodíku žalostně selhával, o molekulách už ani nemluvě. Jenže i zde se, jako i v případě Keplerových zákonů, podařilo časem najít vyhovující a dostatečně obecnou teorii, která původní kostrbatou fenomenologickou konstrukci uměla šikovně zaobalit - v tomto případě se jednalo o kvantovou mechaniku.

Zůstává tedy otevřená otázka, zda MOND je jenom nepovedeným myšlenkovým schématem, které bude během následujících let zcela smeteno, nebo jestli se třeba, podobně jako např. v případě toho Bohrova modelu atomu, nepodaří zakotvit tuto teorii do teorie širší, která pak logicky konzistentně vysvětlí jak dnešní dílčí soulady, tak dílčí nesoulady MOND s pozorováním. A spolu s tím zůstává stále ještě otevřená otázka, zda nakonec tu temnou hmotu budeme nezbytně muset do astrofyzikálních modelů zavést.

Jenže také teorie temné hmoty ukázala, že i ona umí obstát v boji o místo na výsluní. V posledních letech se podařilo získat nezávislé odhady na potřebné množství temné hmoty, které pocházejí jednak z numerických simulací rozložení mezgalaktického plynu, jednak už ze zmíněných pohybů galaxií a hvězd v nich, a jednak z požadavku na odpovídající vznikání struktur hmoty, jako jsou třeba galaxie a kupy galaxií, v průběhu evoluce vesmíru. Všechny tyto nezávislé odhady dávají sobě blízké hodnoty, a proto je opravdu docela dobře možné, že naši neviditelní sloni ve vesmíru existují.

Vědí vlastně ti vědci vůbec něco? A proč se teda neshodnou?

Možná vám to může připadat, že jste se právě dozvěděli, že vědci vlastně vůbec nic neví. Vždyť ta temná hmotu nakonec ve vesmíru být může, ale také nemusí. Říkáte si možná - copak tohle je nějaké pořádné poznání? Inu, poznání ve smyslu nějaké stoprocentní doživotní jistoty asi určitě ne, ale poznávání zcela určitě ano. Jediné, co vědci mohou dělat, je snažit se vytvářet dobré teorie a vzápětí je testovat porovnáváním s naměřenými daty. Dobrá teorie přitom nemá žádnou garanci, že automaticky bude také teorií pravdivou. Je to podobné situaci, jako když např. učitel usoudí na důvod žákovy absence - ráno, když šel do školy, viděl, jak obětavý chlapec doprovází svou starou babičku na prohlídku k lékaři, a tak logicky dojde k závěru, že žák třeba zrovna během písemky sedí trpělivě v čekárně. To je řečneme docela ucházející příklad dobré teorie. Pravdivost teorie je věc úplně jiná - učitelova představa asi velice rychle vezme za své, pokud mu mladší sourozenec chybějícího žáka vyzvoní, že babička se po krátké prohlídce rychle vrátila domů a brácha si pak šel dát jointa za školu. Stejně tak i vědci nemají jinou možnost, než na základě dostupných znalostí vytvářet rozumný obraz světa doufaje, že v interpretaci pozorovaných dat není nějaká rafinovaná levárna, a tento obraz potom event. upravit v okamžiku, kdy se jim podaří získat nový

důvěryhodný zdroj informací, který ten podraz svých předchůdců nakonec experimentátorům bonzne.

Také si možná říkáte, proč tedy vlastně vědci nevyhlásí nějakou momentálně oficiální teorii - vždyť jaké je to mrhání časem, když všichni vědci netáhnou za jeden provaz a nevěnují se výhradně rozvíjení nějaké jedné, pokud možno nejpravděpodobnější teorii. Ono ale jednak by to nešlo, a jednak je velice dobře, že tomu tak není. Nešlo by to už kvůli těm rozporuplným na začátku zmíněným povahám vědců. Jak už jsem zmínil, vědci netvoří žádný jednotný tým, který se navzájem za všech okolností podporuje a každý se za každého postaví. Mezi vědci existuje kromě vzájemných sympatií také mnoho vzájemných antipatií až animozit - někteří vědci spolu zkrátka vychází dobře, a někteří vůbec ne, jsou to zkrátka lidé jako my, nevědci. Ve vědě neexistuje žádná centrální autorita, která by vydávala dekrety, které teorie se momentálně mají považovat za ty jediné správné. Záleží na úvaze každého vědce zvlášť, které teorii bude věřit a které ne (jiná otázka samozřejmě je, zda na své bádání sežene dost prostředků, pokud je vedení jeho ústavu nakloněno vidět tu jím preferovanou teorii jako úplně zcestnou). Díky tomu ve vědeckém světě nepanuje žádný celosvětový diktát. Situace mezi různými vědeckými ústavami je spíše podobná vztahu mezi různými stáji formule 1 - všichni chtějí dosáhnout vynikajících výsledků, a samozřejmě si přitom také konkurují.

Je to zároveň dobře, že takováto pluralita a konkurence vědeckých teorií existuje. Vylučuje se tím totiž to, aby se z vědy postupně stávalo dogma. Kromě vědců a normálních nevědců existuje také skupinka zneuznaných géniů, kteří s nekonečnou pílí vynalézají nová a nová perpetua mobile, motory na vodu, sběrače "energie vakua" (ne ale té, o níž jsme hovořili ve spojitosti s temnou energií, protože takové přístroje by z podstaty věci musely být, ehm, přece jen poněkud veliké). Tito lidé kolikrát předkládají své "alternativní" teorie, které mají odůvodnit konečnou uskutečnitelnost jejich sisyfovského úsilí. V těchto teoriích se ale místo matematických či fyzikálních veličin mnohem více vyskytují fenomény spíše sociologické povahy - jejich tvůrci argumentují dogmatismem "oficiální" vědy, rozsáhlými "spiknutími" vědců majícími údajně za cíl diskreditaci právě onoho génia, anebo tím, jak zoufale a bezvýchodně všichni vědci bloudí ve slepých uličkách, do kterých je jakousi nepochopitelnou setrvačností zavedly jejich "zastaralé" teorie, a z nichž je může vyvést jen obrácení se na tu Jedinou Pravou Teorii. Soudný čtenář si sám udělá představu, jestli věda opravdu odpovídá obrazu, jaký o ní předkládají tito nepochopení velikáni. Jediné, v čem jsou jejich nářky těchto odmítaných dobrodějů lidstva pravdivé, je to, že skuteční vědci jejich výtvorům opravdu mnoho pozornosti nevěnují. To je ale celkem dobře pochopitelné, a nejedná se o situaci panující pouze ve vědě. Zkuste si třeba představit, že byste jako laici přišli mezi techniky formule 1, a začali tvrdit, že to všichni ti lidé ve všech konkurenčních stájích dělali celou dobu úplně blbě, a že právě vy jim ukážete, jak to udělat, aby ta formule jezdila dvakrát rychleji. Budou-li hodně slušní, zeptají se vás nejprve na to, jestli něco víte třeba o motorech, a nejpozději poté, co se od vás dozví, že to nepovažujete za důležité, vás bez pardonu vyhodí. Tento článek jsem já, nevědec (maximálně tak ještě mohu být ten, no, popelizátor . vlastně populistizátor - chci říct popularizátor), koncipoval jako pokus o takové maličké nahlédnutí do astrofyzikální kuchyně vědců. Jako potenciální čtenáře jsem předpokládal především ty z laických čtenářů, kteří normálně až tak moc nehoví běžné hantýrce fyziků, ale také třeba i ty ze středoškolských učitelů, kteří by se rádi o této problematice něco málo dozvěděli, nebo na ni aspoň získali nové pohledy. A samozřejmě je tento článek určen také studentům středních či jiných škol, kteří mají chuť si něco takového přečíst. Mým cílem především bylo, abyste vy, čtenáři, získali nejen školometskou informaci typu - vesmír je takový a makový, a je v něm tolik a tolik temné hmoty, protože to říkají samotní vědci, dokonce ti ze všech nejvědecktější - ale abyste získali představu o tom, jak se tyto na prvý pohled naprosto nepochopitelné fyzikální obrazy reálně rodí, a že za tvorbou těchto obrazů není žádné šílenství extravagantních profesorů s bílými plášti a rozčuchanými vousy, kteří se snaží svými

teoriemi pokud možno co nejvíce šokovat laickou veřejnost, ale že jde o velice dobře pochopitelný pokus o postupné odhalování zákonitostí, které se skrývají za tím, co je možné pozorovat třeba v těch okulárech teleskopů. Pokud jste získali dojem, že zdaleka nejde o nějakou, patřičně pomazanou autoritou diktovaný a přímočarý proces, ale že se ve skutečnosti jedná o cestu mnoha omylů, pochybování a převrácení myšlenek ze všech možných stran, než se najde těch několik zdaleka ne jistých, které pak letmo proběhnou v médiích, tak pak si myslím, že jsem tímto článkem docílil přesně toho, co jsem zamýšlel :-)))  
Pro ty z vás, kteří jste živí dočetli až sem (což teda nepochopím) a stále vám ze slov "temná hmota" nenaskakuje na kůži vyrážka, ještě uvádím pár zajímavých odkazů a zdrojů, z nichž jsem čerpal.

internetové odkazy:

[Highway Of WIMPs Could Be Smoking Gun For Dark Matter](#)

[Chandra probes nature of dark matter](#)

[University Of Toronto Team Maps Halos Around Galaxies](#)

[Small Galaxy Springs "Dark Matter" Surprises](#)

[New Evidence For Dark Dwarf Galaxies Supports Dark Matter Theory](#)

[Galaxy Cluster Surveys May Help Explain "Dark Energy" In The Universe](#)

["Dark Energy" Dominates The Universe](#)

[New Clues About The Nature Of Dark Energy: Einstein May Have Been Right After All](#)

[Astrophysicists Detect Cosmic Shear, Evidence of Dark Matter](#)

[Researchers Suggest That "Dark-Matter Highway" May Be Streaming Through Earth](#)

[Milan Červenka: Temná hmota ve vesmíru](#)

[Petr Kulhánek: WMAP - co víme o vesmíru v roce 2003?](#)

[MOND versus temná hmota](#)

[Jsou hnědí trpaslíci skutečně hnědí?](#)

[Jaký tvar mají hvězdy?](#)

[Horká mezigalaktická mlha jako chybějící hmota](#)

časopisy:

Scientific American, české vydání, leden 2004: Mordehai Milgrom: Temná hmota - opravdu existuje?

Československý časopis pro fyziku, 1/2004: Masatoši Košiba: Zrození neutrinové astrofyziky  
Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, 2/2001: Ivan Melo: Tmavá energia, zrýchlenie a plochosť vesmíru

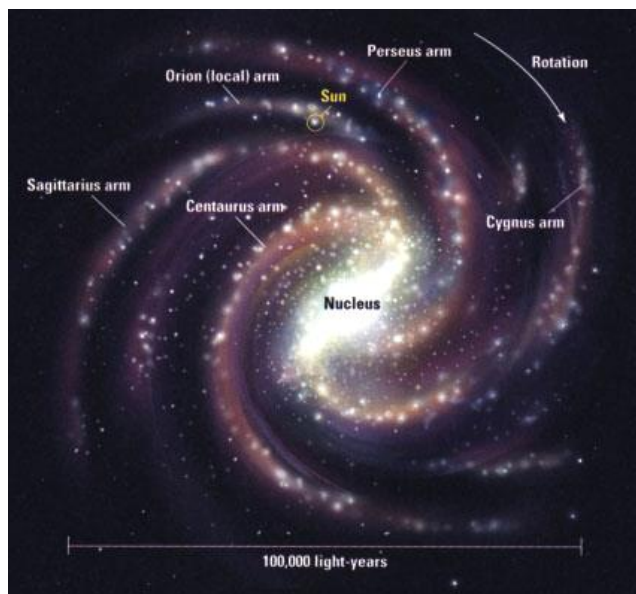
Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, 3/2003: Vladimír Wagner: Je kosmologie mytologií? aneb úvaha experimentálního fyzika o kosmologických hypotézách a modelech

knihy:

Timothy Ferris: Zpráva o stavu vesmíru; Aurora, Praha 2000

Zdeněk Horský, Zdeněk Mikulášek, Zdeněk Pokorný: Sto astronomických omylů uvedených na pravou míru, Svoboda, Praha 1988

David Bodanis:  $E=mc^2$  Životopis nejslavnější rovnice světa, Dokořán, Praha 2002



Abyste neřekli, že jsem vám neukázal ani jeden obrázek, tak tady můžete vidět, jak vypadá náš hvězdný domov zvaný Mléčná dráha seshora. Naše sluníčko je na něm označeno žlutým kroužkem. Máte-li přátele zdaleka, určitě jim tento plánek pošlete, aby vás správně našli (nesmíte mít mezi nimi ale takové nevděčníky, jako mám já, ti totiž při našem posledním srazu na pivu tento plánek vůbec neocenili)

**Autor:** Pavel Brož

**Datum:** 07.04.2004 v 00:47

## Diskuse →

[Vypsát celou diskuzi](#)

Diskuze

### Výpis příspěvků

---

**RE: rychlost vzdalování galaxií**

[Petr Chmelař](#) 27.12.2011 v 02:11

Je možné, že pokud bychom velký třesk přirovnali k přirozenému rozpadu radioaktivního materiálu, který má v počátku větší energii, částicím uděluje zprvu vyšší rychlost, pak za předpokladu, že velký třesk trvá(1) velmi dlouhou dobu (přirozeně se rozpadající například po galaxiích), tak by to celkem dobře vysvětlovalo, že ty vzdálenější galaxie by byly starší a tedy rychlejší? Co se mi zdá na tomhle lepší je, že nemusíme počítat s temnou energií, (hodnotou nepravděpodobnou) odpudivou energií a kosmologickou konstantou.

Naopak temné hmotě (ať už je to cokoliv) nemůžeme vzít vůbec nic. To by ale také mohlo znamenat, že nejsme až tak úplně daleko místa velkého třesku. Také by to nevyklučovalo, že

by ten třesk nemusel být jen dlouhý, ale také velký (úměrný velikosti vesmíru) a vypovídat o reliktním záření nebo (ne) spojitosti prostoru, ale na to už vůbec nemám dost informací. Snad jen, že z naší časoprostorového současnosti se zdá, že ten dlouhý a nepříliš-spojité velký třesk je ukončený/(přerušný), například pro nedostatek další energie k rozpadu.

[Odpověď](#)

---

**Vdaka**

[K Puskajler](#) 03.02.2010 v 14:27

Srdecna vdaka za sice pridlhly, ale napriek tomu velmi informativny a este aj odlahcene vtipny (co je naozaj vzaaaacne) clanok. Vela odhalenych suvislosti, skvele nazorne priklady. Vdaka, vdaka, vdaka.

[Odpověď](#)

---

**Děkujeme za čas obětovaný srozumitelné formulaci**

[Tomts](#) 25.10.2006 v 15:07

Výborný článek, mnoho neuchopitelných školních dogmat je zde pár větami lidsky vysvětleno (např. i problém dráhy Merkuru). Fyzika je příkladem omezených lidských měřítek (myšleno doslova), kdy příliš malé sub-kvantové a příliš velké vesmírné rozměry nám dělají trochu problémy s uchopitelností, nehledě třeba na 3D intuitivní nepředstavitelnost uzavřeného vesmíru dle mapy teploty skvrn jeho reliktního záření, 11-ti rozměrů superstrun atd.. Současný lidský mozek (nebo spíše naše forma vědomí do této reality zprostředkovávaná právě hmotou mozku) je někde přesně na mezi stability mezi možností a nemožností tyto věci ještě správně uchopit a zkusit je nějak popsat. A v tom je to kouzlo jak těchto článků, tak hlavně i příslušné dnešní vědy. Až za nás bude základní a aplikovaný výzkum realizovat umělá inteligence či genetickou manipulací získáme minimálně potřebné IQ 250+, kouzlo asi zcela pomine a bude to škoda. Ještě jednou děkujeme za čas věnovaný populární formulaci článku pro 99% populace, který pro pochopení určitě netřeba číst 2x, jako např. Kodaňskou teorii pana Bohra nebo teorii více paralelních vesmírů atd. atd. atd. Děkujeme.

[Odpověď](#)

---

**Trochu delší článek na dobrou noc :)**

[ZY](#) 18.02.2006 v 05:49

Určitě nejlepší článek, co jsem tady zatím na toto téma četl. I nějaký ten rok po zveřejnění mě donutil zůstat vzhůru trošku dýl a přečíst ho i s komentáři. :)

## [Odpověď](#)

---

**Jako naprostý laik moc děkuju panu Brožovi**

[Otaznik](#) 14.02.2006 v 02:12 , [otaznik1@volny.cz](mailto:otaznik1@volny.cz)

za tento článek.

Jsem laik ale zajímám se o svět kolem asi o malinko víc než běžný průměrný člověk (aspoň mám ten dojem), takže jsem se velice potěšil, když jsem narazil na tento popis tak složitých věcí jen za pomoci slov, což je velice problematické jak se můžeme lehce přesvědčit při čtení podobných článků od lidí, kteří nemají takovou schopnost vysvětlování.

Chtěl bych se tak trochu zastat ZC, protože když jsem článek četl, měl jsem na stejném místě stejný pocit jako asi měl ZC, a to byl, že nějaká konstanta nemůže být zdrojem energie. Jde čistě jen o formulaci. Možná by bylo pro takové jako já použít formulaci, že tato konstanta představuje něco co může být zdrojem této energie. Fakt nevím, ale pamatuju si, že mě to zarazilo. To je vše.

Dále bych se chtěl připojit tak trochu ke Katce, a to otázkou jak je to s časem? Plyne čas konstantní rychlostí?

A jako poslední bych rád přispěl do diskuze teorií, že ti vědci to mají tak jak popisuje p. Brož na počátku článku proto, protože každý z nich se snaží prosadit. Proto si dělají naschvály, proto mnohdy nespolupracují a proto také vymýšlejí různé teorie a hledají další oblasti v kterých by se prosadili (ostatně "přestřelka" mezi Pavlem Brožem a ZC je klasický příklad této snahy o nalezení něčeho nového a o prosazení "své pravdy"). A nejsou to jen vědci. A jsou to v převážné většině muži obecně, kteří mají touhu se prosadit, i když i některé ženy už s tím také začínají. Ale osobně se domnívám, že razantnější vstup žen do oblasti vědy přinese naprosto nové pohledy. Ženy totiž vidí svět jinak než muži a je k tomu důvod.

## [Odpověď](#)

---

**Původ černé hmoty**

[Zephir](#) 26.03.2005 v 22:26

Hezký a zajímavý článek. Svou představu o původu černé hmoty jsem vyložil v této debatě

<http://aldebaran.cz/forum/viewtopic.php?t=223&start=30>

V zásadě jde o myšlenku, že v okolí hmotných částic se koncentrují i fluktuace vakua (což



jsou podobně jako struny deformace prostoru, ale svinuté příliš málo, aby vytvořily částice interferující se světlem). Mohou sem patřit i některé velmi lehké částice, jako neutrina apod.

Ačkoliv takové vysvětlení působí (alespoň pro mě) intuitivně a logicky, upozorňuji, že nemusí být jediné/konečné/správné řešení. V okolí některých galaxií totiž černá hmota jako na potvrzu detekována nebyla. Poznání je holt o hledání výjimek z pravidla.

[Odpověď](#)

---

**Děkuji za upozornění :-)**

[Pavel Brož](#) 20.08.2004 v 13:19

Nebudete tomu věřit, ale ještě na gymnáziu jsem se shodou podmětu s přísudkem neměl sebemenší problém a sám bych se jistojistě zděsil této chyby, **jenže čím jsem starší, tím snáze tyto chyby dělám a tím hůř je při opakovaném pročitání nalézám** :-( Skončí to bezesporu tak, že budu psát tvrdé y i po d', t', ň, vidím to bledě :-)))

[Odpověď](#)

---

**Shoda**

[Jarda Gutvirth](#) 20.08.2004 v 11:39

Já jen, že řetězec "malých asteroidů, které zdědili" by se měl nahradit řetězcem malých asteroidů, které zdědily" (asteroid je neživotný). Jinak díky za výborný text!

[Odpověď](#)

---

**Tak jo :o)**

[Honza Jiša](#) 18.04.2004 v 23:23

Budu držet všemožné končetiny a tělní výstupky (palce, uši, nos,..), jen aby to vyšlo a zároveň, aby ti kamarádi jen nenapsali nějakých 10 stránek dozajista velmi "zajímavých" rovnic a výpočtů, ale spíš něco pochopitelného i pro nefyzika (á la Grygar) ;o) A jen mi proboha nevykejte, na to jsem ještě moc velkej rudla :o)

[Odpověď](#)

---

**děkuji :-)**

[Pavel Brož](#) 18.04.2004 v 20:35

Jsem rád, že si tento článek našel taky studenty gymnázia, jako jste Vy, přesně v to jsem totiž i doufal, takže mě velice potěšilo, že se to také povedlo. Vzpomínám, že když jsem byl taky studentem gymnázia a ještě předtím pouze žákem základní školy, tak jsem měl hrozně rád např. nezapomenutelnou encyklopedii Vesmír od autorů J. Grygara, Horského a dalších, na jejichž jména si teď bohužel z hlavy nevzpomenu. Samozřejmě jsem taky chodil do knihovny, kde byly i odbornější knížky, jenže těm jsem většinou v mém tehdejší věku nerozuměl (a když jsem si myslel, že přece jen rozumím, tak jsem později na vysoké škole zjistil, že špatně). V té encyklopedii Vesmír byla patrná právě ta snaha, jak něco vyložit tak, aby to bylo čitelné a srozumitelné jak pro ty mladší, tak pro starší laiky. V dnešní době vychází spousta překladů zahraničních popularizujících knížek, ale ještě jsem nenarazil na nějakou, která by byla srovnatelná s tou tehdejší encyklopedií (proč jen dnes už nevycházejí takové kvalitní encyklopedie?). Snad jen velmi pěkná knížka "Vesmír, jaký je", opět od pana Grygara, se jí blíží (před talentem pana Grygara, jak vysvětlit nevysvětlitelné, se hluboce skláním, a lituji, že u nás není více popularizátorů fyziky jeho kvalit).

Vězte ale, že ten můj článek není ničím jiným, než kompilátem neodborníka, nevědce - neživím se fyzikou ani astronomií, a tak nesmíte slepě důvěřovat všemu, co jsem napsal, i když jsem to psal podle svých nejlepších znalostí i svědomí. Pokusím se přesvědčit některé ze svých spolužáků z vysoké školy, kteří se ještě dnes na rozdíl ode mě fyzikou živí, aby taky občas přispěli nějakým článkem, a pak byste ty informace měl opravdu od fundovaných odborníků. Víím, že se jim nechce, protože mají hodně práce, a málo času, a spoustu jiných výmluv proč se do toho nechtějí pouštět - **slibuji Vám, že na ně budu ale velice dotěrný, tak mi držte palce, ať se mi nakonec podaří je přesvědčit :-)))**

[Odpověď](#)

---

## Článek jako celek

[Honza Jiša](#) 17.04.2004 v 02:26

Pane Broži, chtěl bych Vám poděkovat za takovýto článek a povzbudit Vás v tvorbě dalších. Tenhle dlouhý článek vše vysvětluje pochopitelně a lidsky i s příklady a snahou vzbudit nějakou představu o tom, jak a proč se některé ty vesmírné jevy dějí. Zároveň neopomíjí všemožné souvislosti. Jsem sice jen žákem gymnázia, ale myslím, že takovýchhle článků je dnes pomálu - zdá se mi, že většina popularizačních materiálů svou látku buď jen tak povrchně odfrkne odkazující na nějaké zákony vědátorů s podivnými jmény, které pak jaksi opomene alespoň zhruba vysvětlit, a nebo naopak "zapáleně" vysvětlují a velmi precizně šermují odbornými termíny ze všech oblastí, jenže pak poněkud ztrácejí kontakt s realitou a zapomínají, že by si z toho měl čtenář hlavně něco (pokud možno kompaktního) odnést. Sečteno a podtrženo, jen tak dál, Váš styl se mi opravdu zamlouvá!

[Odpověď](#)

---

## O tom je ale právě ta věda

[Pavel Brož](#) 15.04.2004 v 12:23

Jeden náš vynikající profesor na to používal následující příměr - dejme tomu, že házíte kostkou. Hodit šestku desetkrát za sebou je opravdu obrovská náhoda, ale pokud házíte dostatečně dlouho, nakonec se Vám to povede (během zhruba šedesáti milionů hodů je velice pravděpodobné, že se Vám to podaří). Kdyby na začátku té série deseti po sobě jdoucích šestek začal sledovat Vaše házení nějaký vědátor, mohl by po těch deseti šestkách zformulovat zákon, který by tvrdil, že můžou padat jenom šestky, a pak by odešel. Podobně může teoreticky přijít nějaký člověk, a říct, že všechny fyzikální zákony jsou jenom náhoda, že jde o něco podobného, jako když se dostatečně dlouho háže kostkou, takže zrovna v období, kdy my svět kolem nás pozorujeme, se všechno chová předvídatelně, ale ve skutečnosti nic předvídatelné není. Takováto teorie je principiálně nevyvratitelná, protože i při sebeděle a sebelépe prováděném pozorování můžete vždycky říct, že to se jen nacházíme v o to delší podsekvenci dějů, které uvnitř té podsekvence se jeví jako nenáhodné, ale ve skutečnosti jsou zcela náhodné.

Takovéto teorii se dá samozřejmě vytknout, že je nevědecká, a to právě z toho důvodu, že je nevyvratitelná. Věda se zabývá pouze vyvratitelnými teoriemi, tzn. takovými, které nabízejí návod na nějaké pozorování, které může být pro tu vlastní teorii osudné. Teorie, které z principu takový sebedestruktivní návod nenabízejí, tedy které jsou v principu nevyvratitelné, nepatří do vědy - mohou ale patřit do jiných oblastí, jako je třeba náboženství, obecně pak mytologie, lidové vypravěčství, literatura, umění, atd., jenom do vědy ne.

Pokud by přišel nějaký člověk a začal tvrdit, že na vědu máme zapomenout, protože je všechno jen náhoda, dá se na to namítnout: ano, může to náhoda být - ale taky nemusí, nic tomu zatím nenasvědčuje. Přesně to jsem řekl za 14 let presentace HDV mnohokrát ..., že : hypotéza dvouveličinového vesmíru a stavba hmoty „vlnobalíčkováním“ z dimenzí veličin časoprostorových, může a nemusí být správná. Pouze jí předkládám ( slušně a nevnučuji jí ) k úvaze a k debatám, a dál především jako popud k zamyšlení, jako provokaci, zdravou provokaci. Můžu to dokázat, že takto a podobně jsem se vyjadřoval průběžně po celá ta léta a ... a přesto jsem dostával od mnoha desítek lidí za to zuřivé reakce, nechutné plivance a ponižování, urážky toho nejhrubšího stylu. ! Například od tohoto nadutého Pavla Brože. Pokud se nacházíme jen ve zdánlivě nenáhodné podsekvenci jinak náhodných jevů, můžeme tu naši vědu dělat minimálně tak dlouho, dokud tato podsekvence neskončí, a pak, až přestanou jezdit vlaky, protože elektřina se začne chovat naprosto nepochopitelně, věci začnou padat vzhůru místo dolů, a prostě se ukáže, že všechny děje jsou ve skutečnosti naprosto náhodné, tak pak to teprve můžeme s klidným svědomím zabalit. Do té doby ale to naše snažení přináší výsledky, protože díky jemu můžeme na základě našich teorií předpovídat co se stane, když uděláme to a to (ted' jsem si vypůjčil oblíbenou formulaci R. Feynmana).

Samozřejmě můžeme uvádět věci jen v té nejvnímavější rovině - to znamená jenom registrovat, že se travička zazelenala, vylezli hadi a štíři, atd., ovšem tím právě rezignujeme na tu predikativní sílu vědy a de facto se tím vědy dobrovolně vzdáme, protože věda se dělá právě pro ty predikce - platí to minimálně ve vědách přírodních, jako je matematika, fyzika, chemie, biologie, geologie, atd.. Místo fyzikálních či obecně přírodních zákonů bychom pak měli pouze obrovitánské katalogy dějů, vlastně jakési dějepisy pozorování, ve kterých

bychom nehledali žádné vnitřní zákonitosti. Ovšem kdybychom toto opravdu od začátku dělali, tak bychom se samozřejmě nedostali ani k vynálezu křesadla, kola, luku či pluhu, natož internetu. Všechny tyto věci ke svému vymyšlení totiž potřebovaly **skloubit přímé pozorování s nějakou představou, predikcí toho, co se stane**, např. fyzika se zabývá zákonitostmi, zákony které se nemění a ... a přesto naráží na zjištění, že téměř žádný zákon se nezachovává, že, že se porušují symetrie atd. když udělám to a to (např. když napnu tětivu na pružný prut nebo když místo šoupání po zemi budu těžký náklad valit po kládách). Téměř o ničem jiném ta věda, aspoň co se týče přírodních věd, totiž není.

[Odpověď](#)

---

### 3.příspěvek - 1.+2. níže. " ale"

[katka](#) 14.04.2004 v 21:14

pak je tu také čas, o kterém nevíme co si pořádně myslet. (možná se pletu??) A asi bychom se neměli dlouho pokoušet vytvořit něco v tom stylu, jak dnes teorie vznikají. co bychom potom kam vztahovali??? kde bychom byli??? Takže si tak trochu myslím, zda bychom se neměli spokojit s tím, pozorované jevy vnímat jako věrohodné jen v té nejobyčejnější ale nejvnmavější rovině - totiž budou-li uváděny jako: zazelenala se tráva, vylezli hadi a štíři, slepička snesla vajíčko....

[Odpověď](#)

---

### a zrnka

[katka](#) 14.04.2004 v 20:59

(nepořádná, neumím se vymáčknot dostatečně koncizně napoprvé) - do věty o pylových zrnkách si připište: za předpokladu, že jev je pozorován z jednoho pylového zrnka lišícího se od ostatních v řádech a za neznámého počtu rozhraní a jejich charakteru, chovajícího se místně či všude jako koloidné roztok a...doplňte si libovolný počet veličin a jevů, které nejsou jen hmotou a energií nýbrž jejich komplexu...

[Odpověď](#)

---

### slon?

[katka](#) 14.04.2004 v 20:28

Samozřejmě, laik a žena: pro mne bylo nejzajímavější to obrazné používání slona. Vyhodnocuji se ale optické jevy, i když sofistikovaně a složitě. Zkuste mi přetlumočit, jak by se pozorované lišilo, kdyby by se pozoroval Brownův pohyb pylových zrněk na Petriho misce a někdo tou miskou protáhl vlas...  
Také...neznáte již nějaké relace mezi nejnovějšími teoriemi informace a běžnější

astrofyzikou?

A: je možné, že by něco "temné hmoty" bylo třeba rozptýlené všude?

[Odpověďt](#)

---

## Upozornění na věcné chyby v mém článku

[Pavel Brož](#) 14.04.2004 v 15:51

Když jsem psal ten článek, tak jsem samozřejmě měl na zřeteli **dvě věci**, jednak věcnou správnost, jednak pokud možno srozumitelnost formulací. **Myslím, že vědec Brož měl na mysli „tři věci“, tou třetí je naznačit, že mezi laiky jsou i „myslitelé“, kteří by měli dostat zákaz myslet, protože jsou to pavědci...atd. , tuto „třetí věc“ kterou „samozřejmě“ měl pan nepavědec na mysli napříště velmi rozvine, velmi tvrdě zaútočí na ty šarlatány co se drze domnívají, že něco do vědy vymysleli...Pár věcných chyb jsem přesto udělal, jedna vznikla pouze tím, jak jsem mnohokrát měnil formulace méně srozumitelné za srozumitelnější, a za jednu může samozřejmě taky má neznalost. **Chybovat je dovoleno jen „dokonalým“ nadvědčům...** Po zveřejnění článku mě napadlo, že bych mohl poprosit své spolužáky z vysoké školy, kteří dnes na rozdíl ode mě vědci jsou a problematice profesně velice dobře rozumí, jestli by mi nepomohli najít nějaké chyby, kterých jsem se při tom psaní i přes veškerou snahu nevyvaroval. **Já jsem 30 let žádal fyziky a dobrou kritiku a o protidůkazy tomu co jsem předvedl v HDV. Od téměř všech, kdo se ozvali, jsem dostal pouze nechutné výblitky, zuřivé jedovatosti a vše bez slušných protiargumentů. Bylo jen pár těch, co reagovali slušně a to pouze a pouze „pokrčením ramen“ pomoc odmítli, a nepomohli s návrhy jak HDV vylepšovat a dotvářet. - N E P O M O H L I.** Velice mě potěšila odpověď mého kamaráda Zdeňka Moravce, dříve astronoma na Klet'ské hvězdárně, který mě upozornil na následující chyby, a dovolil mi, abych na ně upozornil i ostatní čtenáře:**

1. V článku píšu o pohybech hvězd v Galaxii: "Zhruba řečeno se mají pohybovat obdobně, jako pozorujeme u naší sluneční soustavy - hvězdy blízké centru mají obíhat podstatně rychleji než hvězdy vzdálené".

Zdeňk správně namítá: "Toto by neplatilo ani v případě, že by žádná temná hmota v Galaxii nebyla, vzhledem k tomu, že hvězda, která je dále od centra, obíhá okolo větší hmotnosti, neboť se počítá gravitační účinek všech hvězd uvnitř její oběžné dráhy (zhruba řečeno...). **???** **nějaké pomatené vysvětlení !** Vzhledem ke tvaru Galaxie je výsledek takový, že do vzdálenosti asi 6 kpc od jádra se Galaxie otáčí jako tuhé těleso (konstantní úhlová rychlost, kruhová rychlost roste), někde na 8 kpc nastává zlom a poté rychlosti přibližně vyhovují keplerovským pohybům. Slunce, jak víš, je 10 kpc od jádra, takže zde už je chování Keplerovské." **Stále nedostatečné vysvětlení...**

Tak třeba tato má chyba vznikla tím, že jsem při úpravách nahradil původní správnou formulaci "hvězdy blízké centru mají obíhat podstatně větší úhlovou rychlostí, než hvězdy obíhající daleko od centra" za formulaci finální, a to z důvodů, že **mi ta původní formulace nepřipadala moc výstižná** aha... pan fjeééděc namísto aby se držel světově uznávaných výkladů, tak mu nepřipadalo cosi a tak si to fušerácky sám změnil. Přesně tento styl a způsob on sám však později bude vytýkat těm šarlatánům... (protože od určité vzdálenosti od centra Galaxie klesá úhlová rychlost oběhu hvězd jak v nepřítomnosti temné hmoty, tak i v její

přítomnosti, takže mi ta původní formulace nepřišla nijak rozlišující). Zdeňkova formulace je samozřejmě mnohem preciznější ?? a přináší více informací.

2. Dále píšu v oddíle "A co když tam nakonec žádný slon není?": "... (nicméně dnes víme, ?? že v této oblasti obíhá určitý počet malých asteroidů, které zdědily název po této hypotetické planetě - nazývají se vulkanoidy; ..."

Zdeněk namítá: "Zní to jako by vulkanoidy byly objeveny, žádný vulkanoid zatím ale nebyl objeven, i když řada lidí je přesvědčena, a i mě to přijde docela pravděpodobné, že existují. Našel jsem Ti pár vět o vulkanoidech na svých oblíbených stránkách [www.ian.cz](http://www.ian.cz) a [www.astro.cz](http://www.astro.cz):

J. Grygar: Žeň objevů 2000:

Teoreticky mohou existovat i planetky uvnitř dráhy Merkuru (0,4 AU) -- tzv. vulkanoidy, pokud mají kruhové dráhy s poloosami v rozmezí 0,07 -- 0,21 AU. Jelikož však sonda SOHO s meznou hvězdnou velikostí 8 mag dosud žádné takové těleso neobjevila, nemohou mít podle D. Durdy aj. průměr větší než 60 km. Jejich životnost je však beztak omezena srážkami s tělesy, jež do blízkosti Slunce neustále přilétají, na pouhých 10 milionů let.

J. Grygar: Žeň objevů 2001:

G. Schumacher a J. Gay využili snímků slunečního okolí, pořizovaných pravidelně družicí SOHO, k hledání případných vulkanoidů, tj. planetek uvnitř dráhy Merkuru. Nenašli vůbec nic pro mezní hvězdnou velikost 7 mag, což znamená, že do vzdálenosti 0,18 AU od Slunce neexistují žádná pevná tělesa s průměrem nad 60 km.

J. Grygar: Žeň objevů 2002:

N. Evans a S. Tabachnik ukázali, že po dobu existence sluneční soustavy se nejstabilnější planetkové dráhy nacházejí především v hlavním pásu ve vzdálenosti 2,0 -- 3,5 AU od Slunce; dále pak v pásu tzv. vulkanoidů (0,09 -- 0,20 AU) a konečně v pásu mezi Zemí a Marsem (1,08 -- 1,28 AU). Navzdory tomu se dosud žádné vulkanoidy nepodařilo najít, ač astronomové jako D. Durda v tom vyvíjejí značné úsilí hledáním planetek na soumrakovém nebi. Naopak dráhové resonance s Merkurem a Venuší vedou k vyprázdnění mezilehlého pásma."

Dále Zdeněk uvádí odkaz

<http://www.astro.cz/cz/news/show.php?id=1235>

jakožto nejrozsáhlejší jemu známý zdroj informací o vulkanoidech.

Přiznám se, že tuto chybu jsem udělal díky své neznalosti, z dřívějšího letmého čtení zpráv o vulkanoidech jsem totiž nabyl dojmu, že se jedná o skupinu již pozorovaných těles.

Za tyto chyby se vám čtenářům omlouvám, a pokud mě kdokoliv upozorní na další věcnou chybu, dám vám vědět :-)  
**Upozorňovat mě smí ovšem laici laikovatí, nikoliv laici šarlatánovítí...**

[Odpověď](#)

---

## Ad zesměšňování protistrany

[Pavel Brož](#) 14.04.2004 v 14:33

No, takoví diskutéři jsou nejlepší, co si nejprve postaví velikánský kanón z písku, a pak si stěžují, že se jim po prvním výstřelu rozsype. **Mistře ci mu ironie a jedovatost plyne z huby : můžete mi konkrétně jmenovat laiky, co „si stěžovali“ na to že se jim kanon z písku rozsypal ?? Myslím a vím, že všichni laici, co tvoří nové úvahy a nové nápady, si stěžují pouze a pouze na hajzl-chování vybraných monumentů jako jste Vy ! Na to si stěžují, né na to že by se jim jejich teorie a nápady nepovedly.** Asi nejlepší bude, když to budu ilustrovat na příkladu. Před časem jsem u jednoho článku pana Jaroslava Petra zmínil, že nechvalně známé DDT nemělo na lidi přímé škodlivé účinky, ale mělo je např. na některé ptáky, kteří díky jemu kladli příliš křehlá vejce, která pak nemohli vysedět, a zmínil jsem taky, že problém byl v příliš vysoké stabilitě DDT, díky níž se tato látka dostala velice daleko v síti potravinových řetězců živočichů. Pan Petr tehdy oponoval, že právě ale rozkladné produkty DDT způsobují u amerických aligátorů zakrslé penisy, kvůli kterým se pak nemohou rozmnožovat. To mě překvapilo, protože asi před dvěma roky jsem četl úplně jinou hypotézu, která tvrdila, že ti aligátoři mají zakrslé penisy kvůli estrogenům z ženské antikoncepce, které se dostávají do jejich životního prostředí. Neměl jsem tehdy chuť se přít, **ale kdybych se tehdy přel, tak bych to rozhodně neudělal způsobem, že bych označil tvrzení pana Petra za naprostou pitomost, což jste si dovolil ovšem – a razantně – na jiné „lupeny“ na drzé pavědce, „vymýšleče novot“...** a to z toho důvodu, že vím, že pro pana Petra by nebyl sebemenší problém utopit mě v následné argumentaci na lžičce vody, protože jeho znalosti z příslušného oboru dalece převyšují ty moje. Pokud bych ale přece jen tu chybu udělal, a pustil se do takové předem prohrané pře, tak bych to rozhodně nedotáhl až do absurdit typu, že napsání chemického vzorce DDT na papír přece nezmenšuje aligátorům penis, na což bych se v nouzi zoufale odvolával bez ohledu na to, že nikdo nic takového netvrdil. A pokud bych přece jen i těch posledních zbytků **sebekritiky pozbyl, postupně nakonec opravdu pozbyl...** a začal takové naprosto nepochopitelné věci **provokovat, provokovat ovšem umíte urážky a posměch a to s velkohubým nasazením hlasivek...** tak bych si snad stále ještě nestěžoval, když by se mi pan Petr následně vysmál.

[Odpověď](#)

---

## ad odchylky Newtonovy teorie od naměřených hodnot

[Pavel Brož](#) 14.04.2004 v 14:12

Ony ty **experimenty byly vybrány** právě takové, kde Newtonova teorie nedávala žádný efekt, nebo jej dávala výrazně menší. Většinou se daný efekt z toho kterého testu OTR měří právě jako odchylka od Newtonovy teorie - tak např. zpoždění rádiových signálů od meziplanetárních sond, anomální stáčení Merkurova perihelu, zkracování doby oběhu těsných binárních systémů, přesné pozorování pohybů planet a Měsíce, tak tyto všechny jevy se měří právě jako odchylky od Newtonovy teorie, a ty chyby měření jsou tedy vztaženy k měření těch odchylek od předpovědi Newtonovy teorie (tzn. že když je uveden poměr experimentální a teoretické hodnoty např. jako 0,9994+-0,0008, tak to znamená, že Newtonova teorie dává 0,



Einsteinova teorie dává 1, a naměřeno bylo  $0,9994 \pm 0,0008$ . Trochu jinak je tomu u ohybu světla, kde Newtonova teorie dává přesně polovinu hodnoty předpovězené OTR - nicméně i zde je z naměřených hodnot a chyb měření jasné, že experimenty vyšly ve prospěch OTR.

[Odpověď](#)

---

**Pro: ZC**

[Jirka](#) 14.04.2004 v 11:55

Chlape, Vy mate problem s chapanim obecných a existencních kvantifikatoru a vytvarenim logických vet s nimi. **No, myslím že logiky chybí v této větě Vám, je to nesrozumitelné mišuge**

Protoze pry timto "trpi" i mnoho zen (vice nez muzu), tak hadam, ze jste zena. **No a ?**

PS: Nic proti zenam, mam je rad :-). Chlapi zas casto naprosto nechapou socialni vztahy a nedokazi z nich vyvozovat dusledky chovani jedincu ve spolecnosti. **Váš příspěvek byl totálně k ničemu...je prost smyslu „co“ básník chtěl**

[Odpověď](#)

---

**chyby přístrojů**

[Vojta Hála](#) 14.04.2004 v 11:06

"Je sice hezké, že uvádíte naměřené hodnoty včetně chyb, ale bylo by velmi vhodné uvést s jakou chybou pracovaly použité měřicí přístroje."

Pane Císaři, když se napíše třeba  $0,9994 \pm 0,0008$ , znamená to, že naměřená hodnota se od teoretické lišila relativně o 0,0006, přičemž přístroj byl schopný měřit s chybou 0,0008. Snad už vidíte, že všechny naměřené odchylky od teorie jsou menší než přesnost přístrojů, což znamená souhlas. Hezké by bylo k tomu ještě vědět, jak se teoretická hodnota OTR liší od teoretické hodnoty Newtonovské. Bylo by vidět, že Newtonova teorie v testu neobstojí a Einsteinova ano.

[Odpověď](#)

---

**ohyb světla v gravitačním poli Slunce**

[Zdeněk Moravec](#) 14.04.2004 v 10:03

Snímky na adrese <http://www.astro.zcu.cz/slunce99/einstein/snimky.html> jsou výsledkem amatérské expedice, a nikde nejsou uvedeny žádné výsledky, ani podle mě žádné být nemohly, na těch snímcích žádné hvězdy nevidím, v době zatmění chyběly v okolí Slunce



dostatečně jasné hvězdy, takže toto zatmění bylo pro zkoumání tohoto jevu dost nevhodné. Pokud chcete seriózní měření ohybu světla v gravitačním poli, tak to provedli nedávno astronomové na základě signálu, který prošel v těsné blízkosti Slunce od sondy Cassini. Tato měření byla 50 krát přesnější než měření provedená dříve. Odkaz:

<http://saturn.jpl.nasa.gov/news/press-releases-03/20031002-pr-a.cfm> , nebo

<http://physicsweb.org/article/news/7/9/14> ,

vyšlo to v Nature 25. září 2003 <http://www.sciencenews.org/articles/20031011/note16ref.asp> ,

abstrakt jsem vylovil zde: [http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2003Natur.425..374B&db_key=AST&high=3e55f23ec905064)

[bib\\_query?bibcode=2003Natur.425..374B&db\\_key=AST&high=3e55f23ec905064](http://cdsads.u-strasbg.fr/cgi-bin/nph-bib_query?bibcode=2003Natur.425..374B&db_key=AST&high=3e55f23ec905064) . V něm

se uvádí, že souhlas s předpovědí tohoto jevu OTR je v řádu  $10^{-5}$ . **Měl tu snad někdo námitky ? o tom že by OTR neplatila ..? nebo tak ? Pak nechápu „kdo“ se s kým“ pře a o co !**

[Odpověďt](#)

---

**TO:Pavel Brož (19:57:04)**

[ZC](#) 13.04.2004 v 20:59

No sláva, tak se konečně dostáváme ke konci. Píšete "A přesto, že každá taková energie se dá vyjádřit jedním písmenkem v nějaké rovnici, tak z toho přesto neplyne, že by byl vyřešen zdroj energie ...." Poněvadž kosmologická konstanta není nic jiného než písmenko v rovnici, nemůže být (jak sám správně píšete) zdrojem energie. A to je to co od počátku diskuze tvrdím. **Názor laika. Má na něj právo. A samozřejmě i na reakci bez ironií a urážení...**

K vedení diskuze z vaší strany. **Nepodceňujte diskutujícího a neshlížejte na něho blahosklonně ze svých "odborných" výšin. To není napadání ani urážení „vedení OSLA“, to je jen obranná reakce k mírné agresi těch více agresivních** Ono se totiž v diskuzi používá jedno pravidlo. **Když nevím kudy kam tak začnu protistranu zesměšňovat. Přesně...a to pan Brož dělá už 10 let !!! Toho jste se právě dopustil. Bez omluvy, navěky bez omluvy...** Závěr necht' si udělá každý podle svého. **O.K. pane ZC.**

[Odpověďt](#)

---

**TO:Pavel Brož - Ad Hipparcos**

[ZC](#) 13.04.2004 v 20:33

Čtete co jsem napsal. Já jsem napsal, že neznáte polohu družice a ne polohu hvězdy. Jediné co se v soustavě hvězda, Slunce, družice pohybuje je družice. Tato družice měří úhel mezi dopadajícím světlem hvězdy a nějakým referenčním bodem, na který se orientovala. Za čas dt změří znovu úhel za další dt může změřit další úhel. Nicméně pokud' neznáte alespoň jednu délku v trojúhelníku (a tu neznáte, neboť' nevíte po jaké dráze se pohybujete) tak úhel ohybu kolem Slunce nespočítáte. **Jsem zvědav na protiargumenty , poctivé a slušné protiargumenty, pánů fjeeedců – P.Brože.**

Vnucuje se závěr, že pokud oněch 87000 změřených hvězd bylo vpořádku, pak dráha družice také byla vpořádku a změřená paralaxa také. **To pouze astrofyzici nechtějí přijmout, že celou dobu vycházeli z blbě naměřených hodnot** **myslím, že hodnoty naměřené jsou dobře, ale**

špatně vyhodnocené... a na to konto vytvořili teorie za pomoci různých pišvejcových konstan, tak aby to vyšlo s pozorováním a teď je všechno v háji a bude třeba vytvořit další konstanty atd. Pan ZC se sice nebrání svému napadání vědeckými argumenty, ale má právo na názor, i na vadný názor. A fjeédec má povinnost mu to argumentačně shodit ( s l u š n ě !! )

[Odpověď](#)

---

**Cha cha, no to se Vám povedlo :-)))**

[Pavel Brož](#) 13.04.2004 v 19:57

Pane ZC, ona KAŽDÁ energie je nějaké písmenko v nějaké rovnici, věřil byste tomu? **Ano, to je fakt.** Když se dohodnou vědci na konvenci, že „E“ je značka pro energii, tak proti gustu žádný deputát, ale když laik namítne, že se mu nelíbí názor, že „**kosmologická k o n s t a n t a lambda**“ je písmenko také pro „zdroj“ energie, ba pro více jevů a identit, tak prostě má **l a i k** nejen právo na názor, svůj, i kdyby deset tisíc jiných vědců mělo jiný. (!) pokrok vědy se vždy opíral o názorovou svobodu ! Ať už jaderná, nebo větrná, nebo sluneční, i na energii pomíjivého prdu lze napsat rovnici (odvozovala by se z obecných Navier-Stokesových rovnic pro proudění obecné tekutiny), a každá taková energie se dá vyjádřit nějakým písmenkem v rovnici :-))) **Velký smích, spíš posměch pana inteligenta...** A přesto, že každá taková energie se dá vyjádřit jedním písmenkem v nějaké rovnici, tak z toho přesto neplyne, že by byl vyřešen zdroj energie budoucnosti :-))) **o tom nebyla řeč v opozici..** Já jsem to předpovídal, že z Vás ještě hodně vtipných kousků vyleze, **já předpovídal už v r. 2004 že z vás vylezou smradlavé pachy...** a fakt jsem se nespletl, **ani já ne...** škoda, že jsem se s nikým nevsadil :-)))

Mimochodem, kdybyste ten článek **pořádně četl**, (což neplatí o Vás, už jste se omlouval za špatně přečtené předlohy a... a nikdo na Vás za to neflusal ) tak byste věděl, že sám pojem energie byl zaveden pouze proto, **aby se jednodušeji počítali změny pohybových stav hmoty.** Gramatiku také stoprocentně neovládáte.. Ve skutečnosti pojem energie není nezbytný, k popisu pohybu hmoty zcela postačí znát příslušné pohybové rovnice a umět je řešit. **Energie je důmyslný lidský výmysl** takže „energií“ vesmír nezná, nevykazuje, podle Vás, jen lidé jakožto „důmyslný **v ý m y s l**“ lidí, potlesk ( možná písnot ) ze sálu podobně jako třeba peníze, výmysl veskrze praktický, nikoliv však nezbytný. ??? **zvířata, tedy celá fauna i flóra peníze nepotřebují, ale člověk, při realizaci vyšší inteligence, je potřebuje NEZBYTNĚ !** I kdyby ty peníze měly být ve formě kamínků, či „naporcovaných kostí“...

No, škoda, musím už jít, těším se zase zítra, věřím, že **se zase královsky zasměju :-)))** vážený čtenáři, přeloženo do češtiny : ***že se ironicky a posměšně zase zasměju, abych si ukojil libido a slastné pocity z ponižování ...***

[Odpověď](#)

---

**TO: Pavel Brož**

[ZC](#) 13.04.2004 v 19:45

Přečetl jste co jsem napsal? (18:59:28) **Kosmologická konstanta je písmenko v rovnici.** Písmenko v rovnici (označil jste ho lambda) **nemůže být zdrojem energie.** **Ale může být pro grázla Brože zdrojem ukojení z pocitů nadutosti a blaha...** Jestli ano, tak jste právě vyřešil zdroje energie budoucnosti. Každý, kdo si na papír napíše kosmologickou konstantu (označil jste ji lambda) bude mít v podstatě doma neomezený zdroj energie. Je to tak? **A co na tyto protiargumenty pan nadvědec Brož ? Určitě pouze urážky a ironie...**

[Odpověď](#)

---

## Ad Hipparcos

[Pavel Brož](#) 13.04.2004 v 19:26

On je vážně rozdíl mezi měřením absolutní pozice hvězdy, a mezi krátkodobým relativním vychýlením jejího obrazu v důsledku ohybu světelného paprsku. Pokud byla družice Hipparcos navedena na trochu jinou oběžnou dráhu, tak se to zcela samozřejmě promítne do velikosti měřených parallax - velikost elipsy, po níž obíhá družice, nebo sklon této elipsy samozřejmě ovlivní velikost zdánlivých elips hvězd pozorovaných při oběhu družice kolem Slunce. Jenže ohyb světelných paprsků při průchodu kolem Slunce má úplně jinou závislost, tam vůbec nejde o pohyb hvězd po paralaktických elipsách. Tam jde o to, že **obraz hvězdy**, jakmile se přiblíží ke Slunci, **ten obraz** tak se najednou začne k tomu Slunci přibližovat rychleji, **ten obraz ( světlo se ke Slunci nepřibližuje „rychleji“ ale obraz jo... )** než do té doby, a naopak, když se **obraz této hvězdy** začne vzdalovat od Slunce, **tak se jeho zdánlivá rychlost začne zpomalovat.** **Úžasná kravina... potlesk ! pro nadutce** Na tom naprosto nezmění to, že **absolutní polohu** a ... a vona je nějaká „absolutní“ poloha hvězdy a my jí, bohužel, **jen neznáme ???** hvězdy přesně neznáte, stačí Vám **vyhodnocovat jenom ty relativní změny.** **Aha... abychom vyhodnotili STR tj. ohyb světla při průletu kolem hmotného tělesa, ta „stačí“ vyhodnocovat „relativní“ změny... úúúžasně pane blbečku !! Dyt' Vy nevíte o TR vůůůbec nic. !** Tedy odlišná dráha Hipparcosu nemohla mít na měření těch ohybů podstatný vliv.

[Odpověď](#)

---

## To: ZC - tak ještě jednou, až do úplného rosvícení

[Pavel Brož](#) 13.04.2004 v 19:18

Co je to gravitační pole? Je to něco, co může sloužit jako zdroj energie. **To může. Ale proč to tu říkáte ? Vy o koze a pan ZS o voze, pochopil jste jaký jste debil ?** Pokud o tom pochybujete, **Broži, trpíte halucinacemi... víte vůůůbec o čem pan ZC pochyboval ?** tak pochybujete o možnosti vyrábět elektřinu ve vodních elektrárnách, a zřejmě tam tedy **podle Vás urážíte, on to neřekl... vyrábějí energii šlapáním na upravených velocipédech. Sám jste debil, protože mluvíte z cesty, a ještě ironiemi urážíte jiného ...** Co je to kosmologická konstanta? **Může** (ale nemusí, záleží na tom, co se nakonec ukáže být jako pravdivé) **to být součást gravitačního pole.** I bordelhaus může být součástí vaší domácnosti, anebo naopak... **Takže, Vy pane grázl, budete někoho sekýrovat a urážet za to, že podle Vás, „může a nemusí“ být kosmologická konstanta „součástí gravitačního pole“, ano ? Jste opravdu grázl,**

to jsem si ani já nedovolil říci, že moje HDV „může a nemusí“ být součástí soudobé fyziky.... Stejně tak jako běžné gravitační pole může sloužit jako zdroj energie, **tak i kosmologická konstanta může sloužit jako zdroj energie.** *Kosmologická konstanta má rozměr  $1/m^2$ , nikoliv rozměr energie...* I čerti z Pekla **můžou a nemusí** „sloužit“ jako dodavatelé tepla z Pekla ...Běžné gravitační pole bude např. v těch vodních elektrárnách sloužit jako zdroj energie do té doby, dokavad všechna nastrádaná voda z přehrady neodteče. Kosmologická konstanta **může** sloužit jako zdroj energie do té doby, dokud se vesmír do nekonečna nerozepne. **Velenevážený blbe Broží, o tom zda kosmologická konstanta je či není nenulová se vedou spory neustále už mnoho desítek let, a tak vůůůůbec není jisté zda existuje či ne, zda doopravdy ty čerti v Pekle jsou a vyrábí tam teplo na prodej...** Vodní elektrárnu můžete použít jako rezervoár energie, pokud v přehradě nastrádáte dost vody, která bude mít tu potenciální energii (neboli gravitační energii). Pokud byste přehradu chtěl naplnit vodou z řeky pod ní nebo z moří, musel byste tu energii té vodě dodat, abyste ji mohl dopravit do té přehrady - to dělají buď přečerpávací vodní elektrárny, nebo přímo sluníčko tím, jak vodu z moří odpařuje. Podobně **pokud byste chtěl podobně zvýšit energii ve vesmíru odpovídající kosmologické konstantě, musel byste** **pane blbečku : pokud by byly v prdeli ryby, nemusely by být rybníky** ... celý vesmír nějakou jinou silou smrsknout např. do stavu, v jakém byl třeba před několika miliardami let - úplně stejně, jako v případě té vody, kterou byste vrátil do přehrady, tak byste nějakou vnější silou musel ty rozbíhající se galaxie zabrzdit a stlačit nazpět. Jediný rozdíl je v tom, **že tu gravitační energii nepocházející z kosmologické konstanty ( do té konstanty se vejde všechno, cokoliv, co ? ) můžete po jejím vyčerpání znovu nastrádat,** kdežto u té energie pocházející z kosmologické konstanty se Vám to nepodaří (protože není ve Vašich silách zastavit rozpínání vesmíru).

Už tedy konečně? Mohu křesat klidně dále, až se to podaří.

[Odpověď](#)

---

**To: Pavel Brož**

[ZC](#) 13.04.2004 v 18:59

Tak ještě jednou. Co je to zdroj energie? **No, podle Brože je to ta kosmologická konstanta... to jste, pane ZC, nepochopil ??** Např. termojaderná syntéza, anihilace pozitron elektron atd. Co je to kosmologická konstanta? Písmenko, které napíšeme do rovnice. *Kosmologická konstanta má rozměr  $1/m^2$ , nikoliv rozměr energie...* Člen, který nám umožní pomocí této rovnice popsat jev, který pozorujeme. Ale **rozhodně to není zdroj energie.** Zdroj energie je fyzikální realita. Kosmologická konstanta je součást rovnice tuto fyzikální realitu popisující. To je to o čem tady **polemizují. O nevhodné formulaci.**

Hipparcos. Chyba je vysvětlována možností navedení družice na špatnou dráhu. Pokud tedy družice není schopna zjistit přesně, kde se nalézá, tak jak může přesně změřit ohyby světla. Z čeho chcete spočítat úhel ohybu, když nevíte, kde máte v prostoru snímač, na který světlo dopadá.

[Odpověď](#)

---

**To: ZC - opravdu neumíte číst, co dodat ...**

[Pavel Brož](#) 13.04.2004 v 18:46

V článku mj. píšu:

"Zmínili jsme se, že zcela určitě je v mezigalaktickém prostoru vždy přítomno aspoň pole gravitační - a protože bylo takhle pěkně po ruce, tak právě jemu **jsme** tu do té doby bezprizorní temnou energii **hodili** na krk. **Kdo to je „my“, ? debile..., „my“ to si ty a pacienti v PL ?? ; Kde si došel na informaci-tvrzení, že fyzikové hodili „temnou energii“ na krk gravitačnímu poli ? Ve skutečnosti může být nositelem temné energie úplně jiné pole." Jistě, „ve skutečnosti“ !!!nemusí vůbec existovat žádná temná energie, a „ve skutečnosti“ může temnou energii vyvrátit např. i HDV.**

**Takže ještě stále chcete obhajovat tezi, že jsem psal, že temná energie musí pocházet z kosmologické konstanty? No, a tak kdo vlastně balamutí ???, kdo tu demagogizuje ?, mohl by to někdo rozčísnout ?** Mimochodem, tvrdíte, že je pitomost, aby temná energie pocházela z kosmologické konstanty. **Určitě, ano, to pitomost je ! ! Bohužel ti, co tomu opravdu rozumí, budou mlčet, ...** Ono to není až tak důležité, **konečně... důležitější je kdo koho uráží a kdo je nucen se bránit !** Vy jste toho napsal více, např. také že je to totéž, jako kdyby pocházela z konstanty gravitační, a zcela určitě ještě mnoho jiných vtipných průpovědek napíšete, držím Vám prsty **:-)))** **podle mého soudu víc „průpovědek“ tu napsal pan vševěd... Mohu se ale čistě jen tak na okraj zeptat na Vaše vzdělání, a...a už jsme u toho : Mrož je přesvědčen, že neomylnost závisí na počtu titulů před a za jménem... když v tom máte tak jasno? Urážení, pan ZC netvrdil, že v tom má jasno, naopak Vy jste více tvrdil „svou“ pravdu.. Ono je totiž zajímavé, že vědci, kteří se tím živí, sami neví, jakého původu ta **temná energie** je. O.K. Vy ale už nyní víte, že z kosmologické konstanty temná energie pocházet nemůže. **To je dobrý názor... Hmm, to Vám řekla křišťálová koule, nepletu se? ?? ZC neví a netvrdil jakého původu je kosmologická konstanta, to nepřímou řekl, ovšem co jasně řekl je, že energie z této konstanty pocházet nemůže.****

[Odpověď](#)

---

**To: ZC - a taky je dobré nemíchat hrušky s jabkama**

[Pavel Brož](#) 13.04.2004 v 18:35

Co se týče možných chyb v určování vzdáleností hvězd družicí Hipparcos, tak je dobré vědět, že tato měření nemají nic moc společného s ohybem paprsků hvězd, protože obojí se měří zcela rozdílnými metodami. Určování přesných vzdáleností hvězd je odvěký astronomický problém, do kterého může vstupovat nemálo efektů. Pokud jste ten článek, na nějž jste tady dal odkaz, četl pořádně (v což už teď vlastně moc nedoufám), tak byste se dočetl, že ty vzdálenosti hvězd byly určovány na základě paralax, kdy se družice nacházela na protilehlých koncích své oběžné dráhy kolem Slunce. Ohyb paprsků hvězd při průchodu kolem Slunce je ale měření jiného druhu - zatímco u měření paralax se zdánlivá poloha hvězdy na obloze pohybuje po maličké elipse, která odpovídá elipse, po níž obíhá kolem Slunce družice, tak u ohybu **dráhy světla** jde o to, **že kromě event. paralaktického pohybu obrazu hvězdy nastává dodatečný pohyb tohoto obrazu v okamžicích, kdy je relativně blízko Slunci.** Tedy srovnáváte

hrušky s jabkama, jde o podstatně odlišná měření. **Mroži, i ty Vaše hrušky jsou shnilé...**

[Odpověď](#)

---

**TO: Honza L**

[ZC](#) 13.04.2004 v 18:35

Cituji z článku **autora Brože**: ". Energie pocházející z gravitačního pole, přesněji řečeno z kosmologické konstanty obsažené v rovnicích gravitačního pole, může stejně, jako energie jiných fyzikálních polí, měnit kinetickou energii galaxií. Galaxie se pak mohou ve svém pohybu zrychlovat či zpomalovat v závislosti na tom, jestli energie pocházející z kosmologické konstanty způsobuje na obřích škálách odpuzování nebo přitahování."

Tato věta zcela jasně tvrdí, že energie pochází z kosmologické konstanty, což je samozřejmě pitomost. **Takže pan ZC má všech pět pohromadě, a pan blbeček byl nachytán „na hruškách“ .. jak klame, bezduše opisuje z předloh, uráží a je nechutný ve své nabubřelé rádobyvzdělanosti.**

[Odpověď](#)

---

**To: ZC - a taky je dobré nemíchat hrušky s jabkama**

[Pavel Brož](#) 13.04.2004 v 18:25

Co se týče možných chyb v určování vzdáleností hvězd družicí Hipparcos, tak je dobré vědět, že tato měření nemají nic moc společného s ohybem paprsků hvězd, protože obojí se měří zcela rozdílnými metodami. Určování přesných vzdáleností hvězd je odvěký astronomický problém, do kterého může vstupovat nemálo efektů. Pokud jste ten článek, na nějž jste tady dal odkaz, četl pořádně (v což už teď vlastně moc nedoufám), tak byste se dočetl, že ty vzdálenosti hvězd byly určovány na základě paralax, kdy se družice nacházela na protilehlých koncích své oběžné dráhy kolem Slunce. Ohyb paprsků hvězd při průchodu kolem Slunce je ale měření jiného druhu - zatímco u měření paralax se zdánlivá poloha hvězdy na obloze pohybuje po maličké elipse, která odpovídá elipse, po níž obíhá kolem Slunce družice, tak u ohybu jde o to, že kromě event. paralaktického pohybu obrazu hvězdy nastává dodatečný pohyb tohoto obrazu v okamžicích, kdy je relativně blízko Slunci. Tedy srovnáváte hrušky s jabkama, jde o podstatně odlišná měření.

[Odpověď](#)

---

**To: ZC - nějak Vám to nejde**

[Pavel Brož](#) 13.04.2004 v 18:09

Zřejmě nečtete pořádně ani sám sebe. Napsal jste: "Jako vrcholnou perlu naprosté pitomosti беру to, že zdrojem temné energie je kosmologická konstanta. To je asi stejně, jako bych řekl,

že zdrojem gravitační energie je gravitační konstanta." Jenže já jsem Vám ukázal, že ta zmiňovaná pitomost se nenachází na mé straně připojení, protože ta kosmologická konstanta jako dodatečný zdroj energie opravdu vystupuje, a to srovnání s gravitační konstantou silně kulhá. Zůžíte-li Einsteinovy rovnice gravitačního pole bez kosmologické konstanty, dostanete totiž rovnici:

$$-R = \kappa T$$

kde R je skalární křivost prostoročasu, kappa je gravitační konstanta, a T je stopa tenzoru energie-hybnosti, která je úměrná hustotě energie hmoty. Pokud uvažujeme nenulovou kosmologickou konstantu, tak tato rovnice má tvar:

$$-R = \kappa T - 4\lambda$$

kde lambda je kosmologická konstanta. Odtud je zřejmé, že kosmologická konstanta přispívá k hustotě energie, která ovlivňuje křivost prostoročasu (tedy i jeho geometrii). Rozdíl mezi gravitační konstantou a kosmologickou konstantou je zásadní - zatímco gravitační konstanta hraje jenom zprostředkující roli vazby, tzn. že určuje, kolik energie jakou měrou přispívá ke zakřivení prostoročasu, tak u kosmologické konstanty je tomu jinak - přímo ona sama určuje zakřivení prostoročasu. Gravitační konstanta kappa nemůže být považována za zdroj energie, protože energie je obsažena v T, nikoliv v kappa, kdežto kosmologická konstanta může být považována za zdroj energie. Ještě stále chcete neznalost vydávat za přednost?

Takže nejprve napíšete, že je pitomost, aby zdrojem energie byla kosmologická konstanta, že je to dle Vás srovnatelné, jako by zdrojem gravitační energie byla gravitační konstanta, a když je Vám dokázáno, že to pitomost není, ale jenom Vaše neznalost, tak začínáte kličkovat. O tom, že temná energie může mít kromě kosmologické konstanty i jiný původ (např. onu kvintesenci), se totiž v tom článku zmiňuji sám. Všiml si toho mimochodem i Honza L., takže snad jsem to tam nenapsal příliš drobným písmem, aby to bylo nečitelné :-)))

Co se týče těch měření ohybu hvězd u Slunečního kotouče, tak tvrzení že " ...Provedení experimentu si neklade za cíl rozhoření nebo potvrzení teorie relativity, avšak naše měření může přispět jako další příspěvek do série již provedených pozorování, která zatím nejsou dostatečně široká, aby je bylo možno považovat za reprezentativní." nesvědčí o ničem jiném, než o veliké serióznosti lidí, kteří toto měření připravují. Žádný jeden jediný experiment nikdy žádnou teorii nepotvrdil, a většinou ani nevyvrátil. K tomu je vždycky třeba celé série nezávisle reprodukováných měření. Takže pokud autoři toho experimentu prohlašují, že jejich měření může být "další příspěvek do série již provedených pozorování", tak velice dobře ví, že před nimi i po nich jsou i budou desítky jiných měření, některé dělané s větší, jiné s menší profesionalitou. Pokud by zrovna to jejich měření vyšlo jinak, než ta mnohá předchozí, která potvrzovala OTR, tak by to byl o to větší důvod po pídění se za příčinou toho, proč to zrovna tentokrát vyšlo jinak. Možnosti by byly minimálně dvě - buď by se všechna předchozí měření mýlila, a to poslední odlišné zrovna ne, a samozřejmě je taky možná varianta přesně opačná.

Co se týče té přesnosti měření prováděné při zatměních Slunce, tak je fakt, že míra přesnosti zde není až taková, jako u jiných metod měření ohybu paprsků, na vině je difúze v blízkosti sluneční korony. Z těch obrázků na <http://www.astro.zcu.cz/slunce99/einstein/snimky.html> ale nemůžete odvozovat, že toto měření s požadovanou mírou přesnosti nelze provést. Musíte si uvědomit, že dnes už jsou k dispozici velice propracované počítačové metody rekonstrukce



optických zdrojů, kdy i z difúzně rozmlženého obrazu se dá zrekonstruovat docela ostrý obraz (tyto metody se využívají i v mnoha praktických aplikacích, např. při optickém rozpoznávání ze snímků pořízených se špatným zaostřením, při rozpoznávání značek aut, atd. atd.). Tedy to, že Vy něco vidíte vlastníma očima rozmazaně ještě neznamená, že se takový obraz nedá úspěšně odšumět.

Kromě toho se ohyb paprsků v blízkosti Slunce úspěšně pozoruje také v rádiovém oboru, kde je přesnost měření řádově větší, a také u úhlově od Slunce dosti vzdálených hvězd, kde žádná sluneční korona nepřekáží - to je oněch 87000 hvězd, jejichž ohyb byl úspěšně proměřen družicí Hipparcos. Takže lituji, postrádám od Vás věcné argumenty, musíte se více snažit.

[Odpověď](#)

---

**TO: Pavel Brož (pokračování)**

[ZC](#) 13.04.2004 v 17:55

Měřením družice HIPPARCOS bych se moc neoháněl. viz <http://www.astro.cz/cz/news/index.php?type=2&from=4>. Tato družice totiž měřila také vzdálenosti nejbližších hvězd, které slouží jako "normály" pro výpočet ostatních vzdáleností ve vesmíru. A ejhle došla k podstatně jiným hodnotám, než byly doposud používány. Závěr astrofyziků: družice měřila špatně. Jinak by se dosavadní teorie zcela rozpadly. Ovšem ohyb světla (podle Vás) měřila správně. Tak jak to je? Měřila dobře nebo špatně? Nebo použijeme pouze to co se nám hodí? Co na to Grygar ve své neomylnosti? Co ta další měření? Je sice hezké, že uvádíte naměřené hodnoty v četně chyb, ale bylo by velmi vhodné uvést s jakou chybou pracovaly použité měřící přístroje.

[Odpověď](#)

---

**Panu ZC**

[Honza L.](#) 13.04.2004 v 17:36

Jsem sice laik a diletant a mé znalosti fyziky končí na prvním ročníku VŠ, ale zato se mi zdá, že nemám problém s chápáním toho co bylo v článku. Rozhodně jsem nikde nenarazil na tvrzení, že by kosmologická konstanta (ať už je to cokoliv) mohla za existenci temné energie. Když se teď podívám z okna a vidím světlo, tak předpokládám, že je to proto, že svítí slunce (někde...za mraky, za horizontem...kdekoliv). Tudíž mě patrně nařknete, že tu tvrdím, že protože je světlo, tak vzniklo slunce. Jenže já jsem nikdy nic takového neřekl, a že světlo je od slunce (tedy dominantní část na naší matičce zemi) je poměrně velmi oblíbená myšlenka a s normálním člověkem bych se o to nemusel přít, i když to samozřejmě třeba nemusí být pravda.

Pokud se domníváte, že Pavel Brož tvrdí, že za existenci temné energie může nějaká konstanta, tak jste článek nečetl, nepochopil, nebo neumíte česky a v každém případě doporučuji nápravu.



## [Odpověď](#)

---

**TO: Pavel Brož**

[ZC](#) 13.04.2004 v 16:57

Kosmologická konstanta. Příroda a vesmír se kolem nás nějakým způsobem chovají. My se to snažíme poznat a nějakým způsobem popsat (rovnice ...). Je-li ve vesmíru temná energie tak na to nemá kosmologická konstanta žádný vliv a už vůbec nemůže být tato konstanta zdrojem této energie. Cit: "...tj. energii, která existuje jen díky nenulovosti kosmologické konstanty" Jestliže tato energie existuje tak je jí úplně jedno jestli použijeme nenulovou nebo nulovou kosmologickou konstantu. Kosmologická konstanta je pouze člen v rovnicích OTR a s existencí či neexistencí energie nemá co dělat. Pouze použití kosmologické konstanty může vést k tomu, že rovnice OTR tuto energii popíší.

Jinými slovy: Chcete-li popularizovat vědu tak se nevyjadřujte za pomoci vědecké hantýrky.

Měření ohybu světla. Podívejte se sem

[http://www.astro.zcu.cz/slunce99/einstein/exp\\_Einstein.html](http://www.astro.zcu.cz/slunce99/einstein/exp_Einstein.html)

kde: " ...Provedení experimentu si neklade za cíl rozboření nebo potvrzení teorie relativity, avšak naše měření může přispět jako další příspěvek do série již provedených pozorování, která zatím nejsou dostatečně široká, aby je bylo možno považovat za reprezentativní. Podaří-li se navíc změřit posuv i u hvězd v blízkosti slunečního limbu, bude toto měření dokonce unikátní. Oproti předchůdcům máme výhodu v rozvoji výpočetní techniky, kterou můžeme velmi účinně využít zejména při zpracování výsledků měření."

Jinými slovy: doposud zveřejněná pozorování nedala zcela jasnou odpověď. Pro názornost podívejte se sem:

<http://www.astro.zcu.cz/slunce99/einstein/snimky.html>

Z takovýchto fotografií chcete dokazovat ohyb světla hvězdy kolem Slunce?

Jedním ze základních pilířů OTR je existence gravitačních vln. Stále se staví čím dál větší detektory těchto vln a pořád nic! Otázka zní: Proč byly postaveny ty menší. Copak není možno vypočítat jak musí být detektor velký abychom byli schopni něco změřit. To se nejdříve postaví za velké peníze detektor. Pak se nic nezměří. Aha, asi je malý. Tak postavíme větší. Zase nic. Tak větší. Kam až to půjde?

## [Odpověď](#)

---

**To: ZC - věděl jsem, že se nějaký "alternativní vě**

[Pavel Brož](#) 13.04.2004 v 15:34

Takže co se týče energie pocházející z kosmologické konstanty - pokud jenom trochu rozumíte rovnicím OTR, tak zjistíte, že to zdaleka není takový blud, za který jej považujete. Člen s kosmologickou konstantou totiž opravdu je tím členem, který je zodpovědný za dodatečné zrychlení či odpuzování hmoty v závislosti na jeho znaménku. Jeho vliv se nejlépe dá ilustrovat na případě vesmíru, který má zanedbatelně hmoty. Takový vesmír by se bez

kosmologické konstanty rozpínal tak, že by zrychlení jeho rozpínání bylo nulové, tj. rychlost rozpínání by se neměnila s časem. Pokud do takového modelu přidáte člen s kosmologickou konstantou, tak v závislosti na jejím znaménku dostanete buď zpomalování, nebo zrychlování expanze vesmíru. To zpomalování či zrychlování znamená, že přidání kosmologického členu způsobuje přitahování nebo odpuzování hmoty na velkých vzdálenostech, neboli ekvivalentně, že přidání kosmologického členu znamená přidání zdroje energie do rovnic pole, a to energie, která je na velkých vzdálenostech odpovědná za to dodatečné přitahování či odpuzování hmoty. Možnosti byly dvě - buďto se bude pozorovat zpomalování expanze, nebo zrychlování. U zpomalování expanze by se dalo hůře usuzovat na možnou nenulovou kosmologickou konstantu, a to protože zpomalování expanze způsobuje i hmota svou "běžnou" gravitací (míněno gravitací bez kosmologického členu), takže by se dalo obtížněji rozlišovat, jaká část zpomalování je způsobena gravitačním polem bez kosmologické konstanty a jaká část je způsobena kosmologickou konstantou. Pozoruje se ale zrychlování expanze, takže interpretace je jednodušší - pokud je toto zrychlování způsobeno kosmologickou konstantou, a ne např. kvintesencí, pak tento kosmologický člen na velkých vzdálenostech dokonce překonává běžnou přitažlivou sílu hmoty. A odpudivá síla na velkých vzdálenostech, která vyplývá z pozorování vzdálených kvazarů, odpovídá právě té energii, o které je řeč, tj. energii pocházející z nenulového kosmologického členu, tj. energii, která existuje jen díky nenulovosti kosmologické konstanty. Nejste-li úplným laikem v tomto oboru, je Vám to ale od počátku zcela zřejmé.

Co se týče Vašeho postřehu, že "vehementně obhajují OTR". To je omyl, neobhajují, považují ji za ke dnešku velice dobře experimentálně potvrzenou teorii, a za v současné době jediného důvěryhodného kandidáta na relativistickou teorii gravitace. Za skoro devadesát let své existence OTR obstála v desítkách, možná stovkách experimentálních testů, které byly velice různorodé - uvedu klíčové z nich (v závorce je uveden poměr teoretické hodnoty dle OTR a experimentální hodnoty spolu s nepřesností měření):

- pozorování anomálního stáčení perihelu Merkuru, měřeno s obrovskou přesností pomocí radarových ozev od jeho povrchu (poměr  $1,003 \pm 0,005$ );

- pozorování ohybu paprsků vzdálených hvězd při průchodu kolem Slunce (zde patrně narážíte na to, že historicky první měření tohoto druhu bylo zatíženo velikými chybami - jednak ale od té doby bylo mnohokrát opakováno s mnohem větší přesností, a jednak byly nedávno původní fotografické desky z toho prvního měření podrobeny počítačovému zpracování, které mělo za úkol eliminovat tehdejší možná zkreslení, a výsledek opět zněl ve prospěch OTR). Měření bylo kromě optických pozorování při zatměních prováděno také družicí Hipparcos, která proměřila ohyb paprsků celkem 87000 hvězd, a také díky radioastronomickým pozorováním, která se dají dělat i v době mimo zatmění Slunce, a díky nimž bylo proměřeno velké množství rádiových zdrojů - všechna pozorování opět byla v souladu s předpověďmi OTR - měření je s přesností v řádu promile;

- pozorování rudého gravitačního posuvu - zde již historický Pound-Rebkuův pokus, pak měření spekter 51 bílých trpaslíků ( $1,0 \pm 0,1$ ), pak experiment s vertikální raketou nesoucí vysoce přesný vodíkový maser ( $1,0000025 \pm 0,0000700$ ), pak měření posuvu čáry draslíku na Slunci ( $1,01 \pm 0,06$ );

- předpověď a následný objev jevu gravitačních čoček a mikročoček (analogie ohybu paprsků při průchodu světla kolem Slunce, ale ve větším měřítku) - zde je díky velkým vzdálenostem nepřesnost měření stále ještě v řádu desítek procent;

- měření zpoždění rádiových signálů od meziplanetárních sond, které předpovídá OTR - jednak oboustranné spojení sond Viking (1,000+-0,001), jednak měření bodových radiozdrojů vůči Slunci (0,9998+-0,008);
- zkracování doby oběhu těsných binárních systémů v důsledku vyzařování gravitačních vln - souhlas řádově v procentech;
- přesné radiolokační pozorování odchylek pohybu Měsíce kolem Země (1,000+-0,005);
- sledování planetárních pohybů na základě přesných radiolokačních pozorování poloh Měsíce, Merkuru, Venuše a Marsu (0,9994+-0,0008).

Existují i další možné testy, např. tzv. Lens-Thieringův test bude provádět právě vypouštěná sonda - jedná se o test velmi malého stáčení osy gyroskopu při oběhu např. kolem Země, který opět předpovídá OTR a který zatím nebyl ještě nikdy proveden - tolik k důvodu, proč se vlastně takový test dělá (totiž proto, že jakmile to experimentální možnosti u nějakého testu jakékoliv teorie, který do té doby nemohl být proveden, dovolí, tak fyzici takový test logicky udělají - o tom totiž ta fyzika je, jejím základem je pozorování, ne náboženství). Podrobný přehled testů OTR lze nalézt např. ve článku Jiřího Grygara v Čs. časopisu pro fyziku, dvojčíslo 4-5/2000, z něhož jsem teď čerpal.

Pokud bez ohledu na právě uvedené skutečnosti považujete OTR za naprosto nedokázanou teorii (striktně vzato ale žádná vědecká teorie nemůže být naprosto dokázána, může být pouze průběžně potvrzována nebo vyvrácena), tak nám zajisté předložíte nějakou lepší teorii, která se s výše zmíněnými pozorovacími daty stejně dobře nebo dokonce ještě lépe než OTR vyrovná :-)))

[Odpověď](#)

**To je trochu moc.**

[ZC](#) 12.04.2004 v 21:49

Z celého článku je patrné, že neexistuje žádná teorie, která jakž takž popisovala současný vesmír. Jako vrcholnou perlu naprosté pitomosti beru to, že zdrojem temné energie je kosmologická konstanta. To je asi stejné, jako bych řekl, že zdrojem gravitační energie je gravitační konstanta.

Dále jsem porozuměl, že autor vehementně obhajuje OTR. Doporučil bych mu, aby si zjistil z jakých dat byl proveden důkaz ohybu světla kolem Slunce. OTR vůbec není dokázána. Mimochodem zrovna nyní by měl být na orbitu dopraven experiment, který by se o to měl pokusit (proč to, když je vše jasné?). Nechme se překvapit.

[Odpověď](#)

**trava?**

[kecup](#) 12.04.2004 v 11:50

Jak jsem to skoro docet nemuzu se ubranit otazce kde kupujete travu? Kazdopadne stravitelne-zajimavy clanek.

Zdravim kecup

[Odpovedět](#)

---

**Skvělé :-)**

[Vojta Hála](#) 12.04.2004 v 00:30

Strávil jsem dnes celý den ve vlaku a měl konečně čas přečíst si tenhle článek. Pavle, píšeš moc dobře a já si myslím, že články přesně tohoto druhu na českém Internetu chybí. Ostatně platí to i pro literaturu, dnešní populární knížky mají ve zvyku buď dávat de definitivní odpovědi a stavět na nich filozofování nebo chodit kolem horké kaše. A pak jsou tu knížky odborné, které popisují moc zajímavé věci bez újmy na vědecké přesnosti, ale laik je ze strachu z matematiky ani neotevře. Kdo má dnes čas sledovat poslední dění ve fyzice a troufne si popularizovat skutečně otevřené problémy? Pavel Brož! Díky mockrát, jen houšť!

[Odpovedět](#)

---

**clanek**

[kolisko](#) 10.04.2004 v 19:39

Teda musim rict, to tohle uz snad ani neni clanek, to je Meisterstuck! Zajimavy, srozumitelny, ma to hlavu & patu a naprosto neuveritelnou delku. Jednim slovem excelentni. Diky pane Brozi!

[Odpovedět](#)

---

**Za jedna**

[Zdenek](#) 09.04.2004 v 19:16

Opravdu moc pěkný článek, všechna čest autorovi.

[Odpovedět](#)

---

**Ještě k tomu obrázku Mléčné Dráhy**

[Pavel Brož](#) 08.04.2004 v 18:01

Jen pro úplnost upřesňuji - to v tom žlutém kroužku není přímo Slunce, ale spousta hvězd v jeho bezprostředním okolí. V Mléčné dráze se totiž nachází kolem stovky miliard hvězd jako je naše Slunce, a protože ten obrázek má velikost zhruba 400x400 pixelů, tak to znamená, že na jeden jediný pixel na tomto obrázku připadá v průměru zhruba 600 000 hvězd. Ta bílá tečka ve žlutém kroužku tedy nepředstavuje samotné sluníčko, ale několik milionů hvězd, které tvoří jeho nejbližší mezihvězdné okolí.

[Odpověď](#)

---

## odpovědi

[Pavel Brož](#) 08.04.2004 v 13:48

Ad Pavel: malá hodnota toho kritického zrychlení v žádném případě neznámá, že se automaticky jedná o něco, kde je nutné uvažovat kvantové jevy. Musíte si uvědomit, že se jedná o průměrné zrychlení obrovských mas hmoty na obrovských škálách, a že tyto masy hmoty se skládají z menších částí, jako jsou lokální hvězdné soustavy, planety, plyn atd., které se pohybují nesrovnatelně většími zrychleními. Teprve po jejich vystředování zůstane maličké průměrné zrychlení takového obrovského celku, a to je velmi malé z naprosto klasických důvodů (např. už kvůli ohromné vzdálenosti od centra otáčení). Je to podobné, jako když vystředujete v klidové soustavě hybnost velkého tělesa, např. naší planety - ačkoliv Vám už z definice klidové soustavy jakožto soustavy, v níž je těžiště tělesa v klidu, vyjde hybnost tohoto tělesa logicky nulová, tak to samozřejmě neznámá, že budete muset vzít pro jeho pohyb v potaz kvantové jevy.

Ad Václav: máte pravdu :-). Ale abychom nezmátli ostatní čtenáře, tak dodám, že samozřejmě pojem energie starých Číňanů a fyzikální pojem energie jsou nebe a dudy. Číňané samozřejmě neuměli vyjádřit kinetickou energii těles ani neznali zákony, jimž se změny pohybových stavů těles podřizují. Vznik moderního pojmu energie tak, jak jej ve fyzice používáme dnes, má kořeny v počátku 19. století a velkou zásluhu na jeho pochopení měla kupodivu jedna velice vzdělaná žena, družka Voltaira - celá velice zajímavá historie vzniku moderního pojetí energie je velice poutavě popsána v oné Bodanisově knížce  $E=mc^2$ , životopis nejslavnější rovnice světa.

Ad Honza: je pravda, že před pár lety probleskly zprávy o tom, že na základě jistých měření spektrálních posuvů čar vodíku v nejvzdálenějších kvazarech se jevílo, že některé základní fyzikální konstanty, jako je právě rychlost světla, konstantní nejsou, ale že se možná v průběhu miliard let mění. Úplně nejnovější přesnější měření ale ta předchozí popírají, vychází z nich, že fyzikální konstanty opravdu konstantní jsou, viz např.:

<http://www.sciencedaily.com/releases/2004/04/040401080310.htm>

Kromě toho i kdyby se opravdu rychlost světla měnila, tak ne tolik, aby se pomocí jejích změn daly vysvětlovat efekty, které dnes přisuzujeme temné hmotě. Rychlost světla vstupuje

do velice mnoha fyzikálních zákonů, a pokud by se dramaticky měnila už na škálách o velikosti třeba galaxií, dávno by se na to přišlo např. kvůli změnám ve spektrech pozorovaných hvězd, která závisí na hodnotách fyzikálních veličin, ve kterých rychlost světla figuruje. Dokonce se dá ukázat, že při příliš velkých změnách rychlosti světla by ani nebyla možná existence hmoty v podobě, jak ji známe, protože v síle chemických vazeb také zprostředkovaně rychlost světla vystupuje. Musel byste učinit velice umělý předpoklad, že současně se změnou rychlosti světla se velice rafinovaně mění všechny ostatní veličiny, a to právě tak, abychom na galaktických škálách nic nepozorovali. Striktně matematicky vzato se dá ale ukázat, že neexistuje obecně možnost takových kompenzací, tj. že když budete libovolně měnit rychlost světla, tak že se vám žádnou byť seberafinovanější změnou jiných fyzikálních konstant nepodaří vyladit to tak, aby se tato změna nedala pozorovat.

[Odpověď](#)

---

### **Konstantnost rychlosti světla**

[Honza](#) 08.04.2004 v 09:57

Stejně si myslím, že za všemi komplikacemi současných teorií je důraz na konstantnost rychlosti světla od počátku vesmíru až dosud. Jsem přesvědčen, že se časem mění a tak je současně určování vzdálenosti objektu nepřesné. Navíc nevidím důvod, proč by měl být vývoj rychlosti stejnoměrný a homogenní v celém vesmíru. Ze platí v současnosti, v blízkém okolí Země myslím nezaručuje, že je stejná na druhém konci vesmíru, či zde v daleké minulosti. Místo trojrozměrných map temné hmoty by stálo za to provést trojrozměrnou mapu rychlosti světla. Howk ;-)

[Odpověď](#)

---

### **energie versus hmota**

[Vaclav](#) 08.04.2004 v 09:23

Píšete, že před Einsteinem nikoho nenapadlo dávat hmotu a energii dohromady. Omly, čínský filosof Lao'c přišel s touto myšlenkou před více než dvěma a půl tisíci lety :-)

[Odpověď](#)

---

### **MOND mě zaujala**

[Pavel](#) 08.04.2004 v 08:45

hlavně to, při jakých zrychleních se má projevit. To je na hranici kvantových efektů. Takže možná velké sjednocení ukáže, že MOND nebyla až tak vedle.

[Odpověď](#)

---

od: [Mojmír Rezek](#)

**brožovy hrozny**

Já si nemůžu pomoci, ale pan brož mi festovně připomíná tu bajku o tej lišce pod keřem viné révy jak na ty hrozny ne a ne dosáhnout a tak je začne hanit. Že jsou stejně kyselé. Pan brož se ke kvalitě sokratovejch „hroznů“ nevyjadřuje, nemá na to. A tak haní ten keř.

---

## doc. RNDr. Pavel Brož, Ph.D.

[Praha 2, Lumírova 15/564, PSČ 120 00](#)



Kancelář bud. A12/232, bud. A12/1S07 ([Kamenice 753/5, Bohunice, Brno](#))

Telefon 549 49 3299, 5768

Fax 549 49 3299

E-mail [broz@chemi.muni.cz](mailto:broz@chemi.muni.cz)

<http://www.muni.cz/sci/people/857>

.....  
Zdroj : <http://hyperkrychle.cz/forum011000.html>

*Závěrem se krátce zmíním o dilataci prostoru na horizontu uváděné p. Zbytovským. O zdánlivosti singularity na horizontu bylo napsáno mnohé, proto jen heslovitě - tato singularita vzniká jen jako důsledek použití souřadného systému, který v ploché oblasti přechází v náš známý inerciální systém. Takových souřadných systémů existuje více, singularity v nich lze částečně přesouvat, nikdy ale nezmizí úplně (je to trochu podobná analogie jako při mapování povrchu koule na plochu, nikdy se to nepovede použitím jediné mapy bez „singularit“, a vždy tam bude nějaké zkreslení). Z pohledu kolabující hmoty ale žádná singularita nenastává, tedy ani dilatace prostoru. V každém okamžiku lze s částicí spojit lokálně inerciální systém - LIS - lokálně se částice stále pohybuje stejně jako v plochém prostoročase, protože gravitace je lokálně ekvivalentní zrychlení (tento princip ekvivalence je jedním ze stavebních kamenů OTR). Pokud bych opět použil přirovnání s globem a plochou, je to totéž, jako*

*když při stereografické projekci promítáme ze severního pólu na rovinu, na níž globus leží jižním pólem. Představme si, že na rovině sledujeme stín lodí, která po globu pluje směrem k severnímu pólu. V okamžiku, kdy tam ta loď dorazí, urazí její stín na rovině nekonečnou vzdálenost. Podobně je tomu s dilatací při pádu částice na horizont. K žádnému nekonečnému natahování prostoru tam nedochází, částice vzdálenost k horizontu urazí konečnou (podsvětelnou) rychlostí za konečnou dobu. Na žádný horizont během svého pádu nenarazí, a za čas cca jeden a půl stotisícin vteřiny krát hmotnost černé díry v hmotnostech Slunce urazí zbývající trasu do skutečné singularity v centru černé díry. Ze stejného důvodu nejsou pro částici procházející horizontem podstatné kvantové efekty (natož efekty spojené s kvantováním prostoročasu a Planckovou délkou), tedy aspoň v případě, že horizont je makroskopický a nejedná se o poslední explozivní fázi vypařování černé díry (gravitační polarizace vakua závisí na křivosti prostoročasu, která se v okolí horizontu mění spojitě a diverguje až v centru černé díry, proto je vypařování černých děr u makroskopických horizontů zanedbatelné, kdežto u mikroskopických, které jsou blízko singularitě v centru je toto vypařování bouřlivé).*

*Omlouvám se, že je to tak dlouhé, stejně tak za případné faktické chyby, jichž jsem se mohl dopustit, budu rád, pokud mě když tak opravíte.*

*Přeji příjemný den!*

*Pavel*

.....

**Příspěvek od: Pavel Brož**

Čas: 12:41 20.04.2000

E-mail: [pavel.broz@bbdogroup.cz](mailto:pavel.broz@bbdogroup.cz)

*Ahoj všem!*

*Vojto, možná jsi smísl dva pojmy. Fluktuace prostoročasu byla svého času tuším Penroseova představa tzv. pěnovité struktury prostoročasu na Planckovských škálách. Obecně se má za to, že gravitace na těchto škálách není konzistentně popsatelná nekvantovou Einsteinovou teorií, která opisuje dynamiku hladkých, "nekonečně dělitelných" variet. Teorie strun problém řeší jinak, než byl Penroseův model, o tom nám poví Luboš.*

.....

**Příspěvek od: Vojta**

Čas: 10:19 20.04.2000

E-mail: [egg@atlas.cz](mailto:egg@atlas.cz)

*V teorii strun typu IIA jsou D0-brány. Tedy vlastně bodové částice. Jak je to potom s kvantovými fluktuacemi? Měly by přece na subplanckovských vzdálenostech roztrhat časoprostor...*

*Přeju pěkný zelený čtvrtek!*

.....

---

**Příspěvek od: Pavel Brož**

Čas: 15:53 19.04.2000

E-mail: [pavel.broz@bbdogroup.cz](mailto:pavel.broz@bbdogroup.cz)

*Ahoj Luboši a ostatní,*

*nejprve se zmíním o jedné z možných představ entropie a informace, pak se dostanu ke*



*strunám. Opět si nedělám nárok na neomylnost nebo úplnost mých představ, když tak mě opravte nebo doplňte. ...*

*...*

*... mě napadla taková hrozně primitivní představa (doufám, že se mi kvůli ní nevysměješ, byla to jen nevázně míněná exkurse). Představme si struny ve tvaru jakýchsi provázků spojených pevně v jednom bodě (tedy tvořící taková pampelišková chmýříčka s různými počty paprsků). Je jasné, že takový útvar by kreslil velice nehezke útvary při své propagaci prostoročasem. Obraz by to byl nejspíš opravdu matematicky neelegantní, spousta získaných výsledků by byla nepoužitelná a mnohé jiné jen s pracnými předělvkami. Tehdy jsem si poprvé uvědomil, že mnohem lepší je pohled na struny jakožto na 1+1 superkonformní teorii, jejíž bosonová pole kreslí v terčovém prostoročasu ty krásné a hladké Riemannovy plochy, které když řízmem prostorupodobným řezem, tak dostaneme teprve "sekundárně" struny jakožto jistý efektivní popisný objekt. Dospěl jsem k závěru, že důležitější bude starat se o elegantní popis těchto Riemannových ploch a struny chápat pouze jako vedlejší produkt tohoto popisu (proto jsem se Tě svého času ptal na to "zauzlení" strun, pokud jako primární chápeme ty plochy, tato otázka pozbývá smyslu). Ovšem stále zůstává "nekonečno" různých libovůlí v strunovém rámci (tady spekulují, oprav mě když tak). Např. ty svinuté dimenze přece mohou vytvářet nepřeborné množství různých topologicky neekvivalentních variet, existuje jednoznačný způsob, proč vybrat jen některé z topologií? (trochu jsi už o tuto otázku zavadil, když jsi se v jednom příspěvku zmínil, že se "tvar" této variety vybere tak, aby něco minimalizoval - měl jsi na mysli její topologický typ?).*

*Zatím ahoj!*

*Pavel*