

## Černá díra, rozpad reality a exeleraace Brože

<http://www.osel.cz/9198-erna-dira-rozpad-reality-a-superpocitac.html>

Re: Filosofické otázky pro Pavla Brože

Pavel Brož, 2017-01-23 02:03:31

Takhle, jako kluk jsem rád čítával knížky Ludvíka Součka, a jako spisovatele ho uznávám dodnes, dnes už tedy hlavně jako našeho nejvýznamnějšího „tuzemského“ záhadologa. Během studia fyziky ale člověk mnohé z těch záhad opustí, na tom není nic divného. Ludvík Souček se rád pouštěl do spekulací v mnoha oborech vědy, koneckonců proč ne, minimálně fantazii měl úžasnou. Ne vždy ovšem dospěl k závěru, který byl v souladu s poznatky daného oboru, a ani fyzika v tomto směru není výjimkou.

Každá fyzikální teorie má svá výchozí logická pravidla, která, když se nectí, tak vedou k logickému zhroucení teorie, tj. vedou k až naprosto protiřečícím si výsledkům, kdy teorie jedním postupem předpoví nějaký děj, ale jiným výpočtem lze dojít k úplně jinému závěru. Takováto logicky sporná teorie je pak samozřejmě naprosto bezcenná, protože v ní finálně nic nepředpovíte.

Speciální teorie relativity má jako jedno z těchto pravidel, že neexistuje inerciální soustava pohybující se rychlosti světla. Nebo ještě přesněji řečeno, soustava pohybující se rychlostí světla je nefyzikální, nejde v principu realizovat. Zkusme si jenom na chvíli představit, co by to přinášelo – všechny částice mající nenulovou klidovou hmotu by se v takové soustavě pohybovaly přesně rychlostí světla (jelikož podle relativistického skládání rychlostí platí, že libovolná rychlost plus nebo minus rychlost světla je opět rychlost světla), všechny tyto částice by měly nekonečné energie, pro každou z nich by se zastavil čas (díky nekonečné Lorentzově kontrakci), atd. atd.. Dostal byste svět, v němž by drtivá většina všech fyzikálních veličin byla rovna buďto plus nebo minus nekonečnu, anebo nule. Jak známo z matematiky, operace typu dělení nuly nulou, násobení nuly a nekonečna, dělení či odčítání nekonečen, jsou samy o sobě nejednoznačné, ale přesně tyto operace by tvořily

velkou část výpočtů, které byste v takové soustavě musel provádět. Závěr je tedy ten, že v takové soustavě byste velice rychle zabředl do matematických sporů, kdy by výsledky nebyly jednoznačné, anebo by byly zcela si protirečící.

Podobná situace mimochodem vzniká ve speciální teorii relativity při ignorování jiného důležitého pravidla, a to že v STR nelze použít idealizaci nekonečně tuhého tělesa. Tato idealizace je přípustná a velice užitečná v nerelativistické Newtonovské fyzice, ve speciální teorii relativity ale vede k protirečícím si paradoxům. Známý je paradox běžce s tyčí a stodoly – běžec běží s desetimetrovou tyčí nesenou ve směru jeho pohybu, a utíká s ní do stodoly dlouhé deset metrů. U vrat stodoly je dveřník, který má za úkol běžce i s tyčí zavřít, jakmile vběhne dovnitř (z druhé strany stodoly necht' je zeď). Z pohledu dveřníka je úkol snadný, protože se z jeho pohledu tyč zkrátí, takže je kratší než stodola, tím pádem není problém přibouchnout vrata právě v okamžiku, když uvnitř stodoly bude celá tyč. Z pohledu běžce to naopak vypadá, že dveřník ho tam uvěznit nemůže, protože pro změnu z jeho pohledu se zkrátí stodola, tím pádem dveřník nemůže zabouchnout vrata, protože když přední konec tyče narazí na zadní zeď stodoly, zadní konec tyče bude ještě venku. Je zde tedy zdánlivý spor, podle jednoho výkladu to vypadá, že dveřník běžce i s tyčí zavře uvnitř, podle druhého to nelze. Tento spor vzniká právě kvůli chybnému předpokladu, že můžeme použít nekonečně tuhé těleso v STR. Jenže to nejde. V STR se jakákoliv informace, tedy i tlaková vlna v tyči probíhající po nárazu začátku tyče k jejímu konci, šíří maximálně rychlostí světla. V okamžiku nárazu přední části tyče na zadní zeď stodoly se to zadní část tyče „dozví“ až s takovým zpožděním, že se tento zadní konec mezitím projde těmi vraty a dveřník úspěšně zabouchne dveře stodoly. Neexistuje žádná možnost, jak ten zadní konec zastavit dříve, než k němu odpředu tou maximálně rychlostí světla dorazí ta deformační vlna. Tím pádem nelze používat v teorii relativity idealizaci nekonečně tuhého tělesa, jinými slovy, úplně všechna tělesa jsou v STR elastická.

Ve speciální teorii relativity se také dá ukázat, že nelze těleso pohybující se podsvětelnou rychlostí urychlit na rychlost světla, protože by k tomu bylo potřeba (na rozdíl od Newtonovské fyziky) nekonečné množství energie. Tím pádem nejde žádné těleso urychlit z podsvětelné na nadsvětelnou rychlost. Takže ani převrácení

znamének délek a času při takovémto procesu nepřichází v úvahu.

Dále – my neznáme žádný antiprostor. Částice i antičásticí bydlí v našem obyčejném prostoru, antiprostor není potřeba. Možná tím bylo myšleno, že se při zvýšení rychlosti nad rychlost světla stanou z částic antičástice a naopak – ale ani toto není pravda. V kvantové teorii pole se sice ukazuje, že formálně lze ve Feynmanových diagramech fermiony popisovat stejně, jako příslušné antifermiony pohybující se pozpátku v čase, nicméně je to jenom jistý druh matematické ekvivalence, protože v čase se nikdo pozadu pohybovat neumí (navíc by taková možnost implikovala další spory, např. s druhou termodynamickou větou – dejme tomu že by si náš cestovatel v čase během své cesty sladil kafe – měl by se cukr v kávě během cesty časem zpět rozpouštět, anebo by měl z kávy naopak vykrystalizovat do podoby původní kostky cukru?). Každopádně ale žádný antiprostor není potřeba, s ničím takovým se nepracuje.

Něco jiného je otázka, jestli černé díry nemají jakési protějšky, bílé díry. Teorie to připouští. Navíc lze v principu spojit černou a bílou díru jakýmsi tunelem pod jejich horizontem, výsledný objekt se nazývá červí díra. Jsou to vděčné objekty pro autory science fiction, protože by se s nimi hypoteticky (po vyřešení extrémně těžkých technických těžkostí, u kterých dodnes nevíme, jestli vůbec řešitelné jsou) dalo cestovat do vzdálených oblastí vesmíru. V žádném případě ale protějškem černé díry nemůže být žádná hvězda, tedy ani Slunce. Slunce svou energii bere z jaderných reakcí probíhajících v jejím nitru, je to ohromný kotelní kotel plazmy, která se za pomoci konvekce neustále promíchává ve vzestupných a sestupných proudcích. Z bílé díry může cokoliv pouze vylétnout ven, stejně jako u černé díry může zase cokoliv pouze padat dovnitř. Principiálních rozdílů mezi bílou dírou a hvězdou by se ale našla celá řada.

Suma sumárum, Ludvík Souček byl vynikající spisovatel a záhadolog, ale fyziku se od něj opravdu neučte, to se určitě raději obraťte na mnohé popularizační knížky o fyzice z per mnoha velice renomovaných autorů, mezi kterými najdete i nositele Nobelovy ceny za fyziku (např. Hawkinga, Wheelera, Feynmana, Wilczeka, Weinberga, a mnohé další). Takových knížek je i v češtině dnes k sehnání na pultech

velké množství, jsou psané přístupnou formou, a neobsahují tvrzení, která jsou zcela špatně.

### [Odpověď](#)

Re: Re: Filosofické otázky pro Pavla Brože

Karel Nový,2017-01-23 11:39:12

Ale proč speciální teorie relativity? Ta byla vytvořena, aby seděly výpočty v oblastech nižších než rychlost světla. Takže se určil obor platnosti pro rychlosti nižší než rychlost světla. Nezaměňujte prosím příčinu a následek. Rychlosti nižší než rychlost světla je vstupní podmínka svobodně zvolená ne důkaz nemožnosti.

Dále že neznáme antiprostor je pravda, ale spousta věcí byla nejdříve prognostikována, než byla dokázána.

Děkuji moc, že jste připustil, a za to si Vás neobyčejně vážím, že ste připustil, že

V kvantové teorii pole se sice ukazuje, že formálně lze ve Feynmanových diagramech fermiony popisovat stejně, jako příslušné antifermiony pohybující se pozpátku v čase,

To je ono o co mi jde, potvrdit nebo vyvrátit výše uvedená tvrzení ferovými argumenty, nekopáním míče do autu speciální teorie, která je speciální a ne obecná. Připouštím že je to hra na fantazii, ale bez ní se na nic nového nepříjde. Vašich znalostí si nesmírně vážím, jen testuji zda nejsou zkostnatělé nepřipouštějící pravdu z jiného úhlu pohledu.

S antiprostorem se tak trochu pracuje při výpočtu elektromagnetického pole vodičů nad zemí, kdy se počítá jako by v zemi vedl zrcadlově umístěný vodič.

Samozřejmě s cestováním zpátky v čase máte pravdu, ale předpoklad je, že se děje v antiprostoru, kde se hmota průchodem černou dírou změnila v záření a vstupující záření změnilo v hmotu.

Připstíme li tyto abstrakce, samozřejmě že to nikdo neviděl ani tam nebyl. Vědecké scifi?

V poslední části ste trošku dogmatický tvrzení bez důkazů jaderné reakce v nitru slunce? Proč to?

Tvrzení Součka jsem končil konec cit.

Zbytek jsem tvůrčím způsobem rozvinul já.

Mohl bych Vás poprosit o pohled ze strany obecné teorie relativity,

### Odpověďt

Re: Re: Re: Filosofické otázky pro Pavla Brože

Pavel Brož,2017-01-24 00:46:24

No jak Vás tak čtu, tak já se raději přiznám, protože byste mě stejně tak jako tak prokouknul. Mé názory jsou dogmatické, zkosnatělé, nepřipouštím pravdu z jiného pohledu, a představu antiprostoru odmítám tvůrčím způsobem rozvíjet. Aby toho nebylo málo, narazil jsem na další lidi z jiných oborů, kteří jsou taky tak dogmatictí. Přišel jsem třeba za biology s představou dvouhlavého kamzíka, symetrického v předo-zadním směru (směr dopředu či dozadu by byl učen pouze tím, která polovina by se rozhodla jít vpřed a která couvat). Je nabíledni, že takové řešení by bylo pro tohoto tvora enormně výhodné na extrémně strmých svazích, kde by místo riskantního otáčení pouze změnil směr své chůze. Testoval jsem názory těch biologů, tak naschvál, co byste řek? Ano, byly úplně zkosnatělé. Povídám jim: „Pánové, považte, jaké všechny výhody by taková symetrie přinesla. Při zdublování pohlavních orgánů uložených po jednu na koncích těla a jejich vhodné orientaci by došlo k výraznému zefektivnění reprodukce! Přece mi nechcete tvrdit, že by příroda tak výhodným řešením opovrhla!“ Vše marno, jako bych mluvil do dubu. Snažil jsem se je přesvědčit, že skutečnost, že žádného dvouhlavého kamzíka neznáme, přece ještě neznamená, že žádný neexistuje. Kdepak, byly k mým racionálním argumentům naprosto hluchí.

Omlouvám se za toto úvodní odlehčení, nyní se pokusím uvést některá Vaše tvrzení na pravou míru. Není pravda, že by speciální teorie relativity byla vytvořena s dopředným omezením její platnosti na podsvětelné rychlosti. Kdepak, k STR vedl spor mezi dvěma grupami symetrií, každá z nichž platila pro jinou oblast fyziky. Pro Newtonovskou mechaniku platila grupa Galileiho transformací, pro elektrodynamiku grupa Lorentzových transformací. Tyto transformace přitom určovaly, jak se mají

přepočítávat souřadnice (v případě Lorentzových transformací i čas) při přechodu z jedné soustavy do druhé, která se vůči první pohybovala rovnoměrně přímočaře. Evidentní bylo, že pouze jeden z těchto přepočtů může být správně. Bez ohledu na to, který z nich by to byl, tak pokud by žádná část fyziky nebyla modifikována, tak by to vedlo k tomu, že jedna část fyziky by byla symetrická vůči změně soustavy, zatímco ta druhá ne. Dejme tomu, že by se ukázalo, že správně mají být Galileiho transformace (což byl ostatně předpoklad všech fyziků rozvíjejících éterovou hypotézu). Potom by nebylo možno mezi vzájemně se pohybujícími soustavami vybrat nějakou privilegovanou na základě Newtonovy mechaniky, protože forma zákonů Newtonovské mechaniky zůstává při aplikaci Galileiho transformací stejná (říkáme, že zákony Newtonovské mechaniky jsou symetrické vůči Galileiho transformacím), bylo by ale možno najít privilegovanou soustavu na základě elektrodynamiky, protože Maxwellovy rovnice vůči Galileiho transformacím symetrické nejsou). Takováto privilegovaná soustava (éterová soustava) se dlouhá léta hledala, ale nikdy nenašla. Právě zmíněné platilo pro předpoklad, že se forma zákonů nezmění. Pokud by se ale forma jedné části fyziky změnila tak, aby jak Newtonovská mechanika, tak elektrodynamika byly symetrické vůči stejné grupě transformací, tak potom by principiálně bylo nemožné nějakou privilegovanou soustavu najít – a touto cestou se vydal Einstein při tvorbě jeho speciální teorie relativity.

Tou částí fyziky, kterou bylo nutné změnit, byla Newtonovská mechanika, po této změně tedy jak Newtonovská mechanika, tak elektrodynamika byly symetrické vůči Lorentzovým transformacím. Teprve po změně zákonů Newtonovské mechaniky se ukázalo, že nejde žádným způsobem urychlit žádné těleso z podsvětelné na nadsvětelnou rychlost. Není tedy pravda, že toto omezení na podsvětelnou rychlost bylo apriorním omezením oborem platnosti nové teorie. Tedy Váš argument o mém údajném zaměňování příčiny a následku je mimo.

Dále, obecná teorie relativity (OTR) se od speciální teorie relativity (STR) liší tím, že OTR obsahuje navíc popis gravitačních jevů. OTR dokončil Einstein deset let po dokončení STR - mimochodem, před vznikem OTR se STR nazývala pouze teorie relativity, nikdo včetně Einsteina tehdy netušil, že se mu během následujících let

ponaří tuto teorii tak grandiózně rozšířit. Po vzniku OTR už bylo potřebné rozlišovat původní teorii bez gravitace (ta se začala nazývat speciální teorie relativity) a její nové rozšíření, které už gravitaci obsahovalo (to se začalo nazývat obecná teorie relativity). Gravitace je v OTR popsána pomocí zakřivení prostoročasu. Jinými slovy, OTR na plochem prostoročase (tedy v nepřítomnosti gravitace) přechází identicky v STR. Navíc, gravitace jde v OTR vždy lokálně vynulovat přechodem do padající soustavy. Jinými slovy, OTR je v padající soustavě lokálně identická s STR. V padající soustavě jsou zkrátka obě teorie identické, rozdíl mezi nimi je v tom, že v STR platí její zákony bez ohledu na vzdálenost od počátku soustavy (protože prostoročas je v STR plochý globálně, tj. všude), zatímco v OTR v obecném křivém prostoročase platí zákony STR s dostatečnou přesností pouze v nějakém konečném okolí počátku padající soustavy (protože prostoročas lze v OTR považovat za plochý pouze lokálně, tj. pouze v tak velkém okolí, ve kterém můžeme zanedbat zakřivení prostoročasu – to je analogické jako když v dostatečně malém okolí na povrchu Země lze zanedbat zakřivení zemského povrchu, a tím pádem použít pravouhloú mapu místo globu).

Klíčové zákony STR zůstávají proto v platnosti i v OTR, pouze s modifikacemi, které jsou charakteristické pro zakřivený prostoročas. Tak např. maximální rychlost přenosu signálu zůstává v obou teoriích stejná, totiž rovná rychlosti světla. V OTR se sice lze na rozdíl od STR setkat i s efektivními rychlostmi většími než rychlost světla, nicméně dá se ukázat, že informace se jimi přenést nedá. Tak např. v kosmologickém řešení OTR se celý vesmír rozpíná, přičemž dostatečně vzdálené galaxie se vůči sobě vzdalují nadsvětelnou rychlostí. Nejde tím ale nijak přenést informaci, protože toto nadsvětelné vzdalování vzniká na základě roztahování samotného prostoru, nikoliv na základě nadsvětelné rychlosti galaxie „vůči tomuto prostoru“ (přesněji rychlosti v lokální inerciální soustavě, ale tady bych se dostal do příliš hlubokých detailů). Pokud chcete těleso urychlit na nadsvětelnou rychlost vůči jinému tělesu v téže lokálně inerciální soustavě, tak na to potřebujete nekonečnou energii jak v STR, tak v OTR. Pokud jsou tělesa od sebe kosmologicky příliš vzdálena, tak se od sebe začnou časem pohybovat nadsvětelnou rychlostí sama od sebe bez aplikace jakýchkoliv vnějších sil, čistě jen v důsledku rozpínání prostoru, který nabývá jako kaše v pohádce hrnečku vař. Urychlení kosmologicky blízkých

objektů (tj. např. v oblasti viditelného vesmíru, tj. do vzdálenosti řádově 14 miliard světelných let) na nadsvětelnou rychlost, a to během doby řádově miliard let, ale možné není, ani v STR, ani v OTR. Během delší doby než ty řádově miliardy let ale k urychlení těch nejvzdálenějších dnes viditelných galaxií na nadsvětelnou rychlost dojde samo od sebe.

Existují různé figle typické pro OTR, jako např. hypotetická možnost warpového pohonu. Warpový pohon zdánlivě umožňuje cestovat rychleji než světlo, ve skutečnosti je ale jeho podstata jiná. Podle OTR je prostor dynamický, může být smršťován či natahován působením okolích hmot či polí. Warp umožňuje cestování tím, že důmyslnou aplikací gigantických energií a za využití tzv. záporné energie (kterou neumíme v potřebných koncentracích vytvářet, a je otázka, jestli to vůbec někdy půjde) se prostor před lodí zkracuje, zatímco za ní rozpíná. Je to tedy podobné, jako byste se klouzali nejprve na pevném tobogánu, kde byste měli nějakou maximální rychlost, kterou byste byli schopni vyvinout v důsledku tření, a pak byste přesedli do tobogánu se stejným součinitelem tření, ale gumového, přičemž by se během jízdy část tobogánu vepředu smršťovala, zatímco vzadu natahovala. Vaše rychlost vůči povrchu tobogánu by přitom zůstala stejná, díky jeho smrštění vepředu by ale čas potřebný pro doražení do cíle byl kratší. Stejně je to i s warpem. Pokud by před warpovou lodí letěl světelný paprsek, loď by jej nikdy nedohonila, protože by si sice smršťováním prostoru před sebou zkracovala cestu, ale zkracovala by ho i tomu světelnému paprsku, a lokálně je světelný paprsek vždycky rychlejší, než hmotné těleso. Něco jiného by bylo porovnání rychlosti warpové lodi a světelného paprsku letícího bokem MIMO warpový koridor, takový paprsek by samozřejmě dorazil do cíle později než warpová loď. Na tom ale není nic divného, protože paprsek letící mimo warpový koridor by musel urazit mnohem větší vzdálenost než loď, před kterou by se vzdálenost působením warpu zkracovala.

To bylo ke vztahu problematiky nadsvětelných rychlostí v STR a OTR, nyní k dalším věcem. Píšete, že s antiprostorem se tak trochu pracuje při výpočtu elektromagnetického pole vodičů nad zemí, kdy se počítá, jako by v zemi vedl zrcadlově umístěný vodič. To ale s žádným antiprostorem nemá nic společného, to je speciální vlastnost Maxwellových rovnic, která říká: pokud jsou nad vodivou rovinou



libovolným způsobem rozmístěny náboje, tak pole jimi buzené je stejné, jako bychom tu vodivou rovinu dali pryč a zrcadlově symetricky na její druhé straně rozmístili náboje opačné velikosti vůči těm původním. Tato vlastnost významně ulehčuje výpočet tvaru elektromagnetického pole např. nad povrchem země, pokud tento povrch dostatečně dobře funguje jako uzemnění, což např. v České Republice jde splnit na většině území velice dobře. Nefunguje to např. ve vyprahlých pouštích (tedy pokud zrovna není po zřídka dešti nebo po ranní rose, pokud tam nějaká padá). Tak jako tak se ale jedná čistě jen o vlastnost symetrie řešení těch Maxwellových rovnic, která je naprosto bez problému pochopitelná bez zavádění nějakého antiprostoru. Podobných symetrií lze najít celou řadu, např. paprsek odrážející se v zrcadle běží po odrazu tak, jako by tam žádné zrcadlo nebylo, tedy jako by původně vznikl v jakémsi světě za zrcadlem (určitě si teď vybavíte Alenku v kraji za zrcadlem). Ani zde samozřejmě není nutné zavádět nějaký antiprostor ani zrcadlový prostor, ten je triviálně popsitelný v běžném prostoru, a existence odrazu v zrcadle samozřejmě není důkazem existence nějakého dalšího extra prostoru.

Dále – co se týče toho, že jsem napsal, že formálně lze ve Feynmanových diagramech popisovat fermiony stejně, jako antifermiony pohybující se pozpátku v čase, tak z toho neplyne že antifermiony JSOU fermiony pohybující se pozpátku v čase. Jedná se pouze o shodu matematického popisu obou situací. Podobných shod najdeme ve fyzice mnoho na mnoha různých místech. Tak např. systém dvou částic pohybujících se ve třírozměrném prostoru je matematicky totožný s jedinou částicí pohybující se v šestirozměrném prostoru. Obecně pak systém  $n$  částic pohybujících se v třírozměrném prostoru je matematicky totožný s jednou částicí pohybující se v  $3n$ -rozměrném prostoru. Znamená to snad, že žijeme v mnoharozměrném prostoru, který se nám jako třírozměrný pouze jeví? Vždyť matematika nemá proti takovému výkladu jedinou námitku. Ne, neznamená. Je to jenom matematická hříčka, která v určitém popisu platí, ale v jiném zase ne. Stejně tak i stejnost popisu fermionů pohybujících se v čase normálně, a antifermionů pohybujících se v čase dozadu, vůbec neznamená, že nutně musí jít o totéž. Navíc symetrie mezi částicemi a antičásticemi není dokonalá, existuje tam jistá drobná asymetrie, a právě tato způsobila, že v průběhu velmi raného velkého třesku získala hmota navrch nad antihmotou.

Dále – hmota se průchodem černou dírou nemění v záření. Elektron zůstane elektronem, proton protonem, neutrino neutrinem. A už vůbec není důvod myslet si, že se záření změní v hmotu. To je už úplný nesmysl, protože to navíc protiče důležitým zákonům zachování, např. zákonu zachování baryonového a zákonu zachování leptonového čísla.

Dále – Vaše pochyby o existenci jaderných reakcí ve Slunci. Z nitra Slunce jde kupodivu chytat tam vznikající elektronová neutrina, která v průběhu jaderných reakcí vznikají, detekovaly je průběžně např. detektory Kamiokande a Superkamiokande. Jaderná fyzika je stará už více než sto let, počítáme-li ji od slavného experimentu vedoucímu k Rutherfordovu modelu atomu – v tomto experimentu byla vlastně objevena existence atomového jádra. Už od těch dob se fyzici předháněli v experimentování s jádry, díky čemuž získali spoustu poznatků o mnoha a mnoha jaderných reakcích. Správný řetěz jaderných reakcí probíhajících v nitru Slunce navrhl Hans Bethe v roce 1938. Myšlenka, že ve Slunci probíhají jaderné reakce, nevzešla od něj, už před ním navrhli v roce 1937 George Gamow s Carlem Friedrichem Weizsäckerem jiné reakce, ty však byly v rozporu s pozorováním. Právě Hans Bethe navrhl reakce, které se v průběhu dalších a dalších pozorování Slunce a také v průběhu mnoha a mnoha laboratorních jaderných experimentů ukázaly být správné. Dalo by se dokonce říci, že díky obrovskému množství těchto experimentů konfrontovaných také s daty z urychlovačů a stovek existujících jaderných reaktorů známe procesy probíhající ve vnitru Slunce s mnohem větší jistotou, než procesy probíhající např. v jádru naší planety.

Tím jsem myslím pokryl v podstatě všechna Vaše tvrzení. Nenutím Vás, abyste mým vysvětlením věřil, opravdu nemám potřebu obracet každého na tu jedinou svatou fyzikální víru. Ale ten antiprostor je opravdu nesmysl srovnatelný s tím dvouhlavým kamzíkem, více času mu už opravdu věnovat nehodlám, nezlobte se.

[Odpověďt](#)

Re: Re: Re: Re: Filosofické otázky pro Pavla Brože

Karel Nový,2017-01-25 11:24:42

Děkuji za obsáhlou odpověď.

Musím Vás, ale důrazně vyzvat, nekreslete kamzíka na zeď.

Mohl byste se ho začít bát.

Příklad s kamzíkem je mimo mísu, jelikož kamzík do přírody harmonicky zapadá a existuje jeho duální inverze, tedy kamzice.

Dualita je nedílnou součástí přírody- noc a den, muž a žena, nula a jednička.

Náš prostor je definován hmotou a jejími pohyby.

Kde je jeho dualita?

Tedy promiňte já si antihmotu nevymyslel, pouze mi chybí její prostor ve kterém by byla definována.

Já v podstatě na antiprostoru nijak nelpím, jen jsem měl dotaz kvůli té harmonii přírody.

Také mi připadnou, poplatné době, atomové procesy v jádru slunce, jelikož ve století páry by to mohli být trpaslíci topící uhlím.

Onehdá jsem slyšel příběh o fyzikovi, který dostal za úkol vysvětlit drncání vlaku na spojích kolejnic.

Vysvětlil to takto.

Vlak je v podstatě lokomotiva a vagony, vagony zanedbáme nejsou zdrojem energie.

Zůstane lokomotiva a co je lokomotiva?

Lokomotiva jsou kola, motor kastle. Pohybu na kolejích se zúčastní pouze kola, takže zbytek zanedbáme.

A co je kolo? To je pí er na druhou. Pí je konstanta takže jí můžeme zanedbat.

Zůstane nám er na druhou což je čtverec a ten nám tam drncá.

No Einstein zřejmě nebyl na matematiku moc šikovnej a hbitej na důkazy, na to co zanedbat a kde si vypomocť částicí která buď je nebo není a když se někdo na ní špatně podívá tak se urazí.

A konečně hra s nekonečny.

Slyšel jsem, že koule o nekonečném poloměru může mít nekonečně malý průměr, takže v atomu celý vesmír?

A to ještě když se galaxie od sebe vzdalují nad světelnou rychlostí k jejíž dosažení je potřeba nekonečná energie?

Asi nebude nekonečno jako nekonečno, některá budou větší nekonečna.

Ale jinak uznávám s tím Einsteinem že měl pravdu opravdu tu obecnou teorii nedotáh.

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Filosofické otázky pro Pavla Brože

Honza Garčár,2017-01-27 22:18:07

Ze střední si z matematiky pamatuji vlastně jenom zajímavosti. A právě proto si troufám tvrdit, že opakem nuly je nekonečno, nikoliv jednička (opakem žádné informace není jedna informace - ale všechny informace). A co se týče rychlosti navzájem se vzdalujících galaxií, to přede Pavel Brož vysvětlil krásně, za což děkuji. Je to stejné jako dva hlemýždi na gumovém páse, kteří lezou každý opačným směrem rychlostí  $h$ , dejme tomu  $0,001$  m/s. Vzájemně se tedy vzdalují rychlostí  $0,002$  m/s, pokud se gumový pás nerozpíná. Když však za každý z konců pásu bude tahat neznámá síla, gumový pás se tím bude rozpínat určitou rychlostí. Ta může být prakticky jakákoliv, třeba pro příklad  $100\,000$  m/s. A jak to tedy bude vypadat ve výsledku? Dva šneci, kteří po rozpínajícím se páse lezou směrem od sebe každý rychlostí  $0,001$  m/s se od sebe vzdalují rychlostí  $100\,000,002$  m/s. To je prostě bomba :)

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Re: Filosofické otázky pro Pavla Brože

Karel Nový,2017-01-28 23:13:01

Samozřejmě máte pravdu, byla myšlena 0 a 1 jako digitální informace v kybernetice. Dále nenechám se utáhnout za kšandu, i když šneci na gumě mají taky své kouzlo. U těch jadernejch elektráren na slunci je super jejich bezodpadový hospodářství a přísun paliva? Jako od perpetua a mobila. Jak z doby placatý země i tomu lidí radši věřili.

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Re: Re: Re: Filosofické otázky pro Pavla Brože

Pavel Brož,2017-01-29 12:49:06

Palivem je vodík, odpadem je hélium, aspoň ve hvězdách menší velikosti jako je naše Slunce, které nemají dostatečnou hmotnost, aby ve svém nitru překonaly odpudivou sílu jader helia, takže to na konci jejich životního cyklu zbude jak odpad. Ty hvězdy, které potřebnou hmotnost mají, mohou slučovat dokonce i jádra helia na jádra uhlíku, ty ještě hmotnější mohou slučovat i ta uhlíková jádra atd.. Energeticky rentabilní je to až do jader železa, což je svým způsobem nejstabilnější jádro, protože má největší vazebnou energii na jeden nukleon, tím pádem je při slučování jádra železa s dalšími jádry výsledná energetická bilance už záporná, a proto takové slučování není možné docílit čistě jen aplikací obrovských teplot a tlaků za stavu termodynamické rovnováhy. Těžší jádra vznikají v průběhu zlomků sekundy až během explozí supernov díky záchytům neutronů, které jsou při kolapsu jádra masivně produkovány, přičemž takto vzniklá jádra s vysokým přebytkem neutronů následně procházejí kaskádami beta rozpadů za finálního vzniku stabilních jader prvků těžších než železo.

Jaderné reakce pro postupně všechny známé prvky, i pro většinu jejich stabilních izotopů, byly za poslední tři čtvrtě století velice podrobně prostudovány při nespočtu mnoha experimentech v urychlovačích, reaktorech a při studiu kosmického záření. Díky tomu je dnes velice precizně známo, které reakce probíhají a které ne, jaká je jejich energetická bilance, jaké jsou kanály rozpadu všech možných nestabilních meziproduktů, a v jakých časech a relativních poměrech probíhají. Speciálně kvůli tomu se budovala všechna ta nákladná pracoviště, jako je CERN, Dubna, Fermilab, DESY, BNL, SLAC, RIKEN a mnohá další.

Samozřejmě, všechny ty desítky tisíc fyziků, kteří tyto reakce na těchto pracovištích po generace studovaly, mohly být vedle jak ta jedle, protože Vy přece víte, že ve Slunci žádné jaderné reakce probíhat nemůžou. V žádném případě se nenechte ovlivnit zkostratělou a dogmatickou oficiální fyzikou a udržte si Vaše stávající přesvědčení. Jenom by mě zajímalo, kteří zloduší a proč Vás během posledního tři čtvrtě století hibernovali - asi si kvůli tomu znovu pročtu ty Součkovy knihy.

## [Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Re: Re: Re: Filosofické otázky pro Pavla Brože

Karel Nový,2017-01-29 13:50:49

Já to tušil. Chcete říci, že uprostřed sluneční koule, je další koule, mnohem větší s vodíkem. Uvnitř, které je další koule, která je ještě větší s heliem? Inu skladové hospodářství jedna báseň.

Slunce má konečný objem, vyzařuje miliony let neskutečnou energii. Atomy vodíku a helia mají konečnou hmotnost zaujímají konečný objem.

Takže co zanedbáme? Zákon o zachování energie hmoty?

Z filosofického hlediska je přirozenější získávání energie z antiprostoru. Analogie umyvadla s výpustí a kohoutku s vodou. Odnikud ze zdi vytéká voda a ztrácí se odtokem umyvadla. Analogie slunce a černé díry. Vědci stojí před velkým třeskem, sluncem a černou dírou a nevidí souvislosti.

Stejně jako za Galilea bylo jednodušší nemyslet a přijmout placatou zemi.

## [Odpověď](#)

Re: Re: Filosofické otázky pro Pavla Brože

Karel Rabl,2017-01-27 13:40:52

Nejsem ve fyzice vzdělán ale myslím si že každá hmota(čas který různě rezonuje) je malou černou dírou v prostoru(nečas) ovšem ne zase tak velkou jako je hmotnost cca tří sluncí, která udělá v prostoru díru.proto nemůžeme objevit bílé díry protože onou bílou dírou je vlastně hmota, která kondenzuje z dostatečně velkého prostoru.

## [Odpověď](#)

Myslím si že Hawkinovo záření

Karel Rabl,2017-01-20 06:05:51

černé díry nebude tak energické aby to mohlo něco spálit a při výletu z černé díry těsně nad horizontem událostí mu zbude tak málo energie že tak tak vytvoří

prostor(čas) do kterého unikne a nebude už mít sílu na vytvoření energie. Ale mohl by při superobří černé díře dostatečný kus poloviny hmoty odrazit díky antigravitačnímu poli zpět do prostoru, který by se již postaral o její zánik v jetu. Jsem laik a to je moje představa.

[Odpovědět](#)

Re: Myslím si že Hawkinovo záření

Lukáš Fireš, 2017-01-20 13:23:01

Ono si tu nebezpečně hrajeme s nekonečny, dělením nulou a kvantovou fluktuací vakua ;)

Dejme tomu, že na horizontu vzniknou nějaké ty virtuální částice, které zrealníme dodáním energie z černé díry. Většina asi nebude mít dost kinetické energie a tak opět spadne do černé díry, ale malá část to třeba i přečká, nebo vznikne elektron a positron, co se srazí a vytvoří dva fotony, jeden opět spadne zpět do díry, ale jeden foton unikne (vznikne těsně nad horizontem s rychlostí směrem ven). Nu dobrá, dejme tomu, že černá díra tedy může zářit a tím se možná i vypařovat, pokud nemá co žrát.

Spálí to odsouzenec? Kdo ví, ale tady ani nejde o to jak drsná ta potenciální ohnivá zeď je (viz. <http://www.osel.cz/7425-zrusi-stephen-hawking-horizonty-udalosti.html>), ale spíše o to, zda tam vůbec je. Z pohledu padajícího by se tam snad ani nic divného nemělo dít... až na dilataci času a v tom vidím ten nejzásadnější problém, připomíná mi to Achila a želvu: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Achilles\\_a\\_%C5%BEelva](https://cs.wikipedia.org/wiki/Achilles_a_%C5%BEelva)

[Odpovědět](#)

Re: Re: Myslím si že Hawkinovo záření

Lukáš Fireš, 2017-01-21 11:12:35

Trochu jsem hledal a celé to opět vypadá na matematickou singularitu aneb pozor na nekonečna a dělení nulou. Mnoho "paradoxů" teorie relativity vzniklo nedůslednou aplikací této teorie, kdy část se udělala správně a část postaru (newtonovsky). Tady

to vypadá podobně - použijeme dilataci času ale už ne kontrakci délek. Správné odpovědi se zdají být:

1. Na horizontu se nic divného neděje, prostě projdeme (mimořádně: navíc se horizont natahne směrem k nám díky našemu vlastnímu gravitačnímu poli a celému procesu to trochu pomůže).
2. Hawkingovo záření je údajně tak slabé, že vypařuje pouze černé díry s hmotností našeho měsíce a méně. U masivnějších černých děr má mikrovlnné pozadí vesmíru více energie, takže běžné černé díry se nevypařují.
3. Představa ohnivé zdi a mnoho obdobných podivností zmizí při změně souřadného systému, protože nejsou ničím než nedůslednou aplikací teorie či matematickou singularitou daného souřadného systému (asi jako na kterém poledníku leží pól a kolik časových zón projdete kroužením kolem něj).
4. Čas se zastaví až v singularitě, nikoliv na horizontu. Další problém souřadného systému.
5. Neznáme vlastní topologii uvnitř černé díry. Nabízí se i možnost, že bude fungovat jako duté těleso a gravitace uvnitř bude slábnout. Celý vesmír může být uvnitř "duté" černé díry. Další možností je červí díra. Zkrátka nevíme :)

P.S.: Nejsem žádný expert tak to berte s rezervou ;)

[Odpověďt](#)

Re: Re: Re: Myslím si že Hawkinovo záření

Pavel Brož, 2017-01-22 00:16:42

Dovolím si Vás opravit, protože – a to se opravdu neuražte, nemyslím to nijak zle – šíříte nepřesnosti až nepravdy. Bohužel to tím pádem bude poněkud delší, omlouvám se.

Budu muset ale maličko zmínit pár základních konceptů obecné teorie relativity (OTR), a lépe i trochu speciální teorie relativity – pokud budu nudit známými věcmi,



prostě to přeskákejte k těm méně známým. Zatímco speciální teorie relativity (STR) „pracuje“ na plochem prostoročasu, OTR připouští obecně zakřivený prostoročas. K nutnosti práce se zakřiveným prostoročasem došel Albert Einstein během svých několikaletých snah zahrnout gravitační pole do jeho speciální teorie relativity. S elektromagnetickým polem problém nebyl, protože Maxwellovy rovnice principu relativity vyhovovaly.

Připomeňme, že klasická Newtonovská fyzika, stejně jako Maxwellova elektrodynamika a celá pozdější speciální teorie relativity, uznávala rovnocennost soustav, které se vůči sobě pohybují rovnoměrně přímočaře (tzn. že fyzikální zákony platily identicky jak v původní soustavě, tak v soustavě pohybující se vůči té první rovnoměrně přímočaře, přičemž nebylo možno čistě jen na základě fyzikálních zákonů nějakou upřednostnit). Rozdíl byl ale v tom, že v Newtonovské fyzice se souřadnice při přechodu od jedné takové soustavy k jiné transformovaly podle Galileiho transformace (přičemž času se tato transformace netýkala), zatímco Maxwellovy rovnice vyžadovaly při tomto přechodu tzv. Lorentzovu transformaci, ze které mimochodem plynou i takové ty populárně známé jevy, jako je dilatace délek či zpomalování času. Tato nesourodost mohla mít pouze dvě možná řešení. Buďto princip relativity (tj. rovnocennost vzájemně se pohybujících soustav) neplatil, a tím pádem musela existovat význačná soustava (spjatá s hypotetickým éterem), v níž měly Newtonova fyzika a Maxwellova elektrodynamika svou známou formu, zatímco v jiných soustavách musely mít aspoň některé fyzikální zákony formu jinou. Anebo princip relativity zůstane v platnosti, ale jedna z těchto transformací je špatně, buďto Galileiho, nebo Lorentzova, a ta část fyziky, která nevyhovuje té správné transformaci, se musí modifikovat do tvaru, aby té správné transformaci vyhovovala. Takže teoreticky se mohly buďto Newtonovské zákony přepsat tak, aby byly invariantní Lorentzově transformaci místo Galileiho, anebo se Maxwellovy rovnice mohly přepsat tak, aby byly invariantní vůči Galileiho transformaci.

Před Einsteinovou STR se prakticky všichni fyzici rozhodli jít „cestou éteru“, tzn. předpokládalo se, že Newtonovy zákony i Maxwellova elektrodynamika se modifikovat nemusí, pouze se zruší princip relativity (tj. rovnocennost pohybujících se soustav), a pouze stačí najít tu privilegovanou soustavu (klidovou soustavu éteru), v

níž obě části fyziky platí tak, jak byly objeveny. Tuto soustavu bylo možné teoreticky snadno najít pomocí měření rychlosti světla, protože za daných předpokladů světlo mělo mít svou rychlost  $c$  pouze v éterové soustavě, zatímco pokud se éter vůči pozorovateli pohyboval rychlostí  $v$  (např. i díky pohybu Země kolem Slunce), tak rychlost světla se měla měnit od  $c-v$  do  $c+v$  v závislosti na směru pohybu světla vůči „kolem protékajícímu éteru“. A tady přišla zrada – velice přesné pokusy Michelsona a Morleyho ukázaly, že světlo se pohybuje stejnou rychlostí  $c$  nezávisle na tom, zda se světlo pohybuje ve směru pohybu Země, nebo kolmo na něj.

Po mnoha a mnoha neúspěšných pokusech „urovnat“ spor mezi éterovou hypotézou a výsledky Michelsona a Morleyho (a vbrzku mnohých jejich následovníků) se začalo pomalu rýsovat, že nějaké modifikace, a to na straně Newtonovské dynamiky, budou nezbytné (naopak Maxwellovy rovnice se ukázaly být extrémně pevné v kramflecích, platí dnes ve stejné podobě, jakou měly tehdy). Začalo to natřukávat postupně hodně i velice věhlasných fyziků, a je velice zajímavé, že právě už oni odvodili drtivou většinu vztahů, které dodnes platí jako součást speciální teorie relativity. Nicméně všichni tito fyzici stále ještě věřili, že éter existuje, a spolu s ním zůstávají v platnosti i staré dobré vlastnosti prostoru a času – prostor se ve skutečnosti nedilatuje, a čas se ve skutečnosti nezkracuje, všechny ty jevy plynoucí z rovnic jsou jenom „jako“, prostě jenom popisují jakési deformované veličiny, které jen „vypadají“ jako dilatovaný prostor a zpomalený čas, ale ve skutečnosti jimi nejsou, a pokud chceme měřit správné délky a správný čas, musíme rychle utéct zpět do bezpečí éterové soustavy, kde je všechno postaru jak má být.

Do toho přišel mladý Albert Einstein se svým odvozením těchže relativistických vztahů, akorát pouze na základě v podstatě jen dvou postulátů – jedním byl princip relativity (tj. že fyzikální zákony vypadají identicky ve všech soustavách, které se vůči sobě pohybují rovnoměrně přímočaře), druhým byl postulát stejné rychlosti světla nezávisle na soustavě. Z nich pak na několika stránkách odvodil jak Lorentzovu transformaci, tak všechny dříve tak těžkopádně odvozované modifikace Newtonovské dynamiky. Éter? Nepotřeboval.

Ačkoliv Einstein v podstatě neodvodil jediný nový vztah, který by před ním neodvodili

jeho slovuťněšší předchůdci (jedinou výjimkou je jeho vztah  $E=mc^2$ ), tak jeho takto založená speciální teorie relativity se diametrálně liší od předchozích výkladů, a to především v tom, že zatímco dilatace prostoru a zkracování času nebylo před ním chápáno jako fundamentální vlastnost samotného prostoru a času, tak Einstein to přesně tak chápal. Tam, kde jiní tyto vlastnosti chápaly jako důsledky dynamiky, ve které hrál stěžejní roli éter a mnohé jeho komplikovaně odvozované charakteristiky (jako třeba hypotetické napětí éteru a mnohé jiné), tak Einstein měl odvahu přijít s myšlenkou, že vzdálenosti se nezkracují a čas nezpomaluje kvůli dynamice éteru, ale prostě že takové jsou samy o sobě, že je to jejich přirozená vlastnost, byť pro nás extrémně nezvyklá. Tento výlet do STR jsem podnikl hlavně proto, abych ukázal, jak se vlastně prostorové a časové dilatace v teorii relativity mají chápat – nemálo lidí totiž dodnes věří tomu, že tyto dilatace jsou jenom jakési zdánlivé efekty, že se tak něco „pouze jeví“ z pohybuující se soustavy. Není tomu tak, ty dilatace jsou skutečné, a stejně tomu tak je i v OTR.

Stejný přístup, totiž přisoudit přímo samotnému prostoru a času vlastnosti, které by se jinak musely složitě vysvětlovat dynamicky, použil Einstein i při tvorbě své následné teorie, obecné teorie relativity. Zde se zaměřil na jistou vlastnost gravitace, kterou je to, že různě těžká tělesa v ní padají se stejným zrychlením. Odtud plyne, že pokud se budeme ve vnějším gravitačním poli pohybovat se stejným zrychlením, pak tělesa padající ve stejném vnějším poli budou vůči nám v klidu nebo rovnoměrně přímočarém pohybu, tak, jako by žádná vnější gravitace okolo nich nebyla (v tomto myšlenkovém pokusu ale zanedbáváme jednak vzájemné gravitační působení padajících těles na sebe navzájem, a také nehomogenitu vnějšího gravitačního pole, které se projevuje slapovými silami). Konkrétně to můžeme ukázat např. na stavu beztlíže, jaký zažívají kosmonauti na mezinárodní kosmické stanici ISS. Stanice i kosmonauti uvnitř ní „volně padají“ (tj. nejsou ukotveni např. k nějakému jinému statickému tělesu) v gravitačním poli Země (výsledkem tohoto „pádu“ je samozřejmě oběh stanice kolem Země). Protože jak stanice, tak kosmonauti, se pohybují s tímto gravitačním zrychlením (samozřejmě, i zde musíme zanedbat gravitační síly, kterými působí kosmonauti vzájemně sami na sebe a na stanici, a také i zde musíme zanedbat slapové síly působené nehomogenitou gravitačního pole Země, ale tímto zanedbáním se při daných hmotnostech a rozměrech stanice a kosmonautů

dopustíme zcela nicotné chyby), tak v důsledku toho zažívají kosmonauti stav beztíže, kdy volně puštěné předměty vedle nich levitují, atd.. Tento stav samozřejmě umí bez problémů vysvětlit i klasická Newtonovská fyzika, činí tak však výhradně dynamicky – v klasickém Newtonovském pohledu prostě v inerciální soustavě se všechny pozorované objekty (stanice, kosmonauti, předměty uvnitř stanice) pohybují se pod působením gravitační síly Země. Důležité je to slovo inerciální v sousloví „v inerciální soustavě“ – inerciální soustavy se poznají tak, že v nich (a to všude, tj. globálně) platí první Newtonův zákon (těleso, na něž nepůsobí vnější síly, se v takové soustavě pohybuje rovnoměrně přímočaře), který neplatí v neinerciálních soustavách (to jsou ty soustavy, které se vůči inerciálním pohybují zrychleně – speciálně např. v rotující soustavě první Newtonův zákon neplatí). Podle Newtonovského popisu na všechna tělesa uvnitř stanice, i na stanici samotnou, působí gravitační síla, která je ale přesně vykompenzována setrvačnou silou, která vzniká ve všech neinerciálních soustavách (setrvačnou sílu zažíváme např. v autě při brzdění nebo zrychlování, a podle Newtonovské fyziky nevyhnutelně vzniká ve všech zrychleně se pohybujících soustavách. A právě toto přesné vykompenzování gravitační a setrvačné síly je podle Newtonovské fyziky tím důvodem, proč kosmonauti v ISS zažívají stav beztíže.

Oproti tomu Einsteinův pohled je ten, že na stav beztíže v soustavách volně padajících v gravitačním poli lze nahlížet jako na jakýsi prvotní princip, podle kterého lze gravitační pole lokálně vynulovat přechodem do volně padající soustavy. Když stojíme na Zemi, tak gravitační pole pocítíme, ale kdybychom padali v utrženém výtahu v šachtě (ve které by byl vysát vzduch, aby výtah nebrzdil třením), tak bychom zažili stav beztíže. Tomuto principu, podle kterého lze lokálně vynulovat gravitační pole přechodem do volně padající soustavy, se říká princip ekvivalence. Podle tohoto principu je gravitační pole a zrychlení soustavy lokálně nerozlišitelné – gravitační pole můžeme lokálně buďto vynulovat přechodem do volně padající soustavy, anebo naopak vytvořit zapnutím tryskových motorů či obecně zdroje nějaké negravitační síly. Aplikace principu ekvivalence je ale samozřejmě omezena splněním podmínek, aby mohly být zanedbány slapové síly působené nehomogenitou vnějšího gravitačního pole (kdy „spodnější“ část je přitahována silněji než „hornější“, toto princip ekvivalence odfiltrovat neumí) a aby mohlo být zanedbáno vzájemné

gravitační působení společně padajících těles vůči sobě (ani s tím si princip ekvivalence neporadí).

Dobře, nicméně pokud lze vždy lokálně vynulovat gravitační pole, jak potom vysvětlit to, že tělesa v gravitačním poli obíhají po odpovídajících trajektoriích – tak např. v soustavě dvou gravitačně vázaných těles se pohybují po elipsách s ohniskem v jejich těžišti (pozor, toto přesně platí pouze pro dvě tělesa, pro tři a více gravitačně vázaných těles - ačkoliv je mylně rozšířena víra, že tam to platí taky, tak tam už neplatí ani přibližně, že obíhají po elipsách s ohniskem v těžišti těch těles). S tímto problémem se Einstein opravdu hodně natrápil, a hodně mu pomohl jeho matematicky erudovanější přítel Marcel Grossmann, který mu ukázal, že už půl století předtím byla jiným vynikajícím matematikem, Bernhardem Riemannem, vytvořena matematická teorie zakřivených vícerozměrných prostorů, dnes známá pod názvem Riemannovská geometrie. V této teorii je klíčovým pojmem metrický tenzor, který určuje deformaci vzdáleností v důsledku zakřivení prostoru. Einstein tuto teorii postupně aplikoval ne na samotný prostor, ale na prostoročas. Metrický tenzor pak určoval nejenom deformace prostoru, ale i času. Einsteinovi se potom podařilo ukázat, že do této teorie se dá přirozeně vkloubit i princip ekvivalence. Lokální vynulování gravitačního pole je potom analogické tomu, jako když např. na zemském povrchu použijeme lokálně pravoúhlé souřadnice. To jde samozřejmě s rozumnou přesností pouze v dostatečně malém okolí nějakého bodu, např. pokud vytváříme mapu České Republiky. Pokud bychom se tuto pravoúhlou mapu pokusili roztáhnout na celou Evropu, dostaneme už nevyhnutelně značná zkreslení délek, ploch či úhlů např. při srovnání středomořských států a Skandinávie, a při pokusu aplikovat pravoúhlou mapu na celou zeměkouli selžeme úplně. Nicméně lokálně je Země v dobrém přiblížení placka, koneckonců tomu lidé věřili po drtivou většinu jejich existence. Podobně přechod do volně padající soustavy je postupem, kdy lokálně zanedbáme globálnější nehomogenity, a kdy nám naše blízké okolí připadá „placaté“ – tj. bez gravitace.

Riemannova geometrie zná i tzv. geodetiky, jakési nejpřímější čáry. Např. na povrchu koule je geodetikou jakákoliv hlavní kružnice, tj. kružnice mající střed ve středu koule. Einsteinovi se podařilo ukázat, že dráhy, po kterých obíhají planety kolem Slunce, a

obecně po kterých obíhají tělesa pohybující se ve vnějším gravitačním poli, mohou být ztotožněny s geodetikami v zakřiveném prostoročase. Potom lze nově přeformulovat i první Newtonův zákon. Ten v původní formě tvrdí, že v inerciální soustavě se těleso, na něž nepůsobí vnější síly, pohybuje rovnoměrně přímočaře. Nově ho můžeme zesílit do tvaru: „Těleso, na něž z vnějšku působí pouze gravitační síly, se pohybuje po geodetice prostoročasu“. To zesílení platnosti spočívá právě v tom, že nově už umožníme, aby na těleso působily gravitační síly. Zaplatíme za to tím, že musíme umět tvar těch geodetik v zakřiveném prostoročasu vypočítat (přesněji řečeno, Riemannova teorie ukazuje, jak vypočítat tvar geodetik při známém zakřivení prostoru, nenabízí ale žádný nástroj, jak dát do souvislosti zakřivení prostoru a hmotu, která by to zakřivení měla způsobovat).

To se Einsteinovi povedlo, musel ale nejprve svou teorii doplnit o prvek, který v Riemannově geometrii není – o rovnice určující, jak se prostoročas deformuje v blízkosti hmot (při známém zakřivení prostoročasu už lze díky Riemannově geometrii tvar geodetik spočítat). Tyto rovnice se nazývají Einsteinovy rovnice gravitačního pole. Plyne z nich nejen, jaké gravitační pole je buzeno v okolí hmot (přitom v limitě nepřilíhající extrémních hustot a nerelativistických rychlostí toto řešení „lícuje“ s řešením, jaké dává Newtonův gravitační zákon), ale jako bonus se ukazuje, že z nich plyne i existence gravitačních vln (podobný bonus vznikl i po objevu Maxwellových rovnic, které předpověděly existenci elektromagnetických vln; naopak v Newtonově gravitačním zákonu žádné vlnění z principu vzniknout nemohlo, protože příslušné rovnice neobsahovaly časovou derivaci).

Sféricky symetrické řešení Einsteinových rovnic gravitačního pole (prvně je odvodil Karl Schwarzschild, proto se nazývá Schwarzschildovo řešení) je právě to řešení, kolem kterého vznikají tak velké kontroverze a nepochopení. Je to popis zakřivení prostoročasu, jak jej kolem sebe zakřivuje každé sféricky symetrické těleso, v dobrém přiblížení i naše Země. Plyne z něj nejen, po jakých trajektoriích musí obíhat např. umělé družice kolem Země, ale také např. jak se dilatují délky a zpomaluje čas v závislosti na výšce nad povrchem – tyto korekce musí být nutně započítávány i v algoritmech používaných GPS, bez jejich započtení by totiž polohy počítané pomocí GPS vykazovaly až několikasetmetrovou chybu (to, že je tato chyba až tak velká, je

způsobeno hlavně tím, že světlo je tak rychlé, nikoliv že je prostoročas v okolí Země až tak extrémně zakřivený – polohu totiž v GPS počítáme na základě rozdílů v časech příchodu elektromagnetických signálů vysílaných z družic, takže i velmi malá dilatace času způsobuje velký rozdíl ve vypočtené poloze).

Schwartzschildovo řešení obsahuje právě ten zmíněný horizont. Pro Zemi činí jeho hodnota pouze asi osm milimetrů, tzn. celá hmota Země by se musela zmáčknout pod tento poloměr, abychom tento horizont a jeho neuvěřitelné vlastnosti mohli „zakoušet“. Je evidentní, že v případě Země, pokud by se její hmota opravdu podařilo pod ten poloměr vmáčknout, tak nějaký „bezújmový“ průchod horizontem opravdu nehrozí – slapové síly působící na „padajícího kosmonauta“ by byly obrovitánské, nehledě na to, že už samotný pohled na nebožáka vcucávaného do oblasti o velikosti třešně by byl opravdu jen pro hodně silné žaludky.

Proto tvrzení, že se na horizontu naprosto nic neděje, může být bráno jako vyhovující pouze s mnoha dodatečnými výhradami – jednak ten horizont musí být obrovský, aby šlo zanedbat slapové síly. U černých děr běžných hvězdných velikostí tyto slapové síly kosmonauta spolehlivě roztrhají na cucky. Teprve u gigantických černých děr o hmotnostech miliard Sluncí by kosmonaut průlet horizontem mohl teoreticky přežít, pokud by mu nehrozilo uškvaření Hawkingovým zářením na horizontu, k čemuž se dostaneme níže.

Také nelze obecně říct, že na horizontu se „nic neděje“ – toto platí pouze v padající soustavě, ve které v souladu s principem ekvivalence lokálně vynulujeme gravitaci. Ve statické soustavě se děje - vždyť přece tady na Zemi musíme započítávat ty obecně-relativistické korekce času, bez nichž by nám nefungovalo správně GPS. Tyto korekce času nejsou něco fiktivního, ty atomové hodiny tady na povrchu Země se vůči těm atomovým hodinám na GPS satelitech reálně rozcházejí (toto rozcházení je dílem dáno speciálně-relativistickými korekcemi v důsledku pohybu satelitů, a jednak dílem gravitačního zpomalování času – obě korekce mají vůči sobě opačná znaménka, ale neodečtou se úplně, protože překvapivě ta gravitační korekce je výrazně větší než ta speciálně-relativistická). S blížícím se k horizontu se postupně zvětšují právě tyto korekce, které pro dobrou funkčnost GPS musíme brát v úvahu i

ve vzdálenosti sedmsetmiliónkrát větší, než je velikost horizontu pro černou díru hmotnosti Země. Je omyl myslet si, že zpomalování času v blízkosti horizontu nedochází – ono k němu dochází i na povrchu Země.

Jak to, že tedy padajícímu pozorovateli se jeho čas nezpomalí? Jemu se jeho vlastní čas nezpomalí v důsledku principu ekvivalence, on totiž tento pozorovatel během svého pádu žádnou gravitaci nezakouší, tedy pokud lze zanedbat slapové síly, protože právě v té jeho padající soustavě je gravitace lokálně vynulována. Čas STATICKÝCH (tj. nepadajících) hodin se ale bude tím dál více zpomalovat, čím blíže horizontu budou, až se na horizontu zastaví úplně. Ve skutečnosti přesně na horizontu žádné reálné hodiny být nemůžou, protože na statické objekty působí na horizontu nekonečné gravitační síly. To je mimochodem další taková zvláštnost horizontu – gravitační síla u Schwarzschildova řešení velice věrně kopíruje sílu Newtonovu v oblastech daleko od horizontu, ale v oblastech blíže k němu začíná vzrůstat rychleji, a to tak, že na horizontu, kde by podle klasické Newtonovy gravitace bylo gravitační zrychlení konečné, tak ve skutečnosti tam bude nekonečné. Padajícímu pozorovateli to přesto bude jedno, protože on lokálně bude mít po celou dobu gravitační zrychlení nulové.

Nekonečnost gravitačního zrychlení na horizontu souvisí s dalším jevem charakteristickým pro horizont – na horizontu a pod ním už totiž nelze zkonstruovat reálnou statickou soustavu, a to z žádného materiálu. Cokoliv se dostane pod horizont, tak už nemůže zůstat na místě, žádným způsobem. Matematicky se to projeví tak, že ve statické soustavě se na horizontu obrátí signatura metrického tenzoru – často se pak říká, že pod horizontem si čas a prostor vymění role, což je ale spíše jenom takové klišé, než aby to mělo nějaký skutečný význam. To, co je tam skutečného, je právě ten vzrůst gravitačního zrychlení na horizontu na nekonečnou hodnotu (pouze ale ve statické soustavě!), což samozřejmě žádný materiál nemůže vydržet. V padající soustavě zůstává prostoročas lokálně plochý, nic se tam neobrací, gravitační zrychlení je v ní stále nulové.

Kromě gravitačního zrychlení se při blížení se k horizontu zvyšuje k nekonečnu i energie dopadajících těles. Opět to platí pouze ve statické soustavě. Takže pokud



byste postavili z nějakého superzáračného materiálu slupku jeden milimetr nad horizontem, tak bude čelit nejen obrovskému tlaku v důsledku obrovského gravitačního zrychlení, ale i extrémně energetickému bombardování, protože každý foton vyzářený ze vzdálených hvězd získá neuvěřitelnou energii.

Nárůst energie fotonů při dostatečném přiblížení se k horizontu funguje i opačně pro fotony vyzářené z blízkosti horizontu směrem ven. Tyto fotony budou mít v nekonečnu tím menší energii, čím blíže horizontu byly vyzářeny (gravitační rudý posuv). Fotony vyzářené na horizontu už ale neuniknou, protože na horizontu je světelný kužel (množina všech přípustných směrů světelných paprsků) skloněn v důsledku vlastností Schwarzschildova řešení tak, že všechny tyto směry míří pod horizont, žádný už vně (tj. dokonce i paprsek vyzářený ve směru přesně od centra skončí uvnitř). Populárně se to opisuje slovy, že na horizontu je úniková rychlost rovna rychlosti světla – to je ve skutečnosti naprosto zavádějící přirovnání, protože úniková rychlost určuje rychlost nutnou pro únik od centrálního tělesa do nekonečna, a když má unikající těleso rychlost menší, tak se vzdálí jen do konečné vzdálenosti a potom zase spadne zpět na centrální těleso. Oproti tomu u černé díry se pod horizontem vyzářený paprsek nevzdálí ani trošičku, rovnou padá dolů. Totéž platí i pro tělesa „vržená“ zpod horizontu vzhůru, bez ohledu na velikost vrhající síly.

Padající kosmonaut, pokud by přežil průchod horizontem, spadne za svůj vlastní konečný čas do singularity v centru černé díry. Během celého toho pádu mu jeho vlastní hodiny půjdou pořád stejně rychle, i pod horizontem totiž pro něj nadále bude platit princip ekvivalence, který lokálně gravitaci vynuluje. Ta velikost té lokální oblasti se ale bude postupně zmenšovat s tím, jak porostou slapové síly, které bude čím dál těžší ignorovat. Říci, že čas se zastaví v singularitě, je také zavádějící, v singularitě totiž nelze čas ani prostor definovat, je to bod s nekonečnou křivostí prostoročasu, tedy i s nekonečně velkými slapovými silami a s nekonečnou hustotou hmoty. Také říct, že čas se na horizontu nezastaví, je tvrzení, které obecně pravdivé není – čas se na horizontu nezastaví pro padajícího pozorovatele, jemuž poběží stále stejnou rychlostí, ale ve statické soustavě se čas na horizontu zastaví.

Co se týče Hawkingova záření a jeho údajné zanedbatelnosti, tak tam to taky není

pravda. Hawkingovo záření běžných černých děr je zanedbatelné na nekonečno – odpovídá záření černého tělesa o teplotě cca  $6,17 \cdot 10^{-8} \text{ K } M_s/M$ , kde K je Kelvin,  $M_s$  je hmotnost Slunce a M hmotnost černé díry. Pro černé díry hmotnosti Slunce jde tedy o teplotu mnohem menší než je teplota reliktního záření, což ale neznamená, že Hawkingovo záření je bezpečné – uvedená teplota totiž platí pro nekonečno, a protože Hawkingovo záření vzniká v těsné blízkosti horizontu, je tam naopak extrémně energetické.

Není pravda, že Hawkingovo záření zmizí při změně souřadného systému. Pokud by snad mělo zmizet, tak by vznikl právě ten Susskindem zmíněný paradox, kdy padající kosmonaut by z pohledu z vnějšku měl zahynout v důsledku upečení extrémně energetickým Hawkingovým zářením, zatímco z pohledu jeho soustavy by se nic nedělo. Takovýto „rozštěp reality“ ale není ve fyzikální teorii přípustný, byť o něm Susskind a spol. spekulují. Pokud Hawkingovo záření existuje, tak je do nekonečna odnášena nějaká reálná energie v podobě fotonů (a jiných částic) Hawkingova záření. My tuto energii umíme spočítat, v nekonečno je nenulová. Na horizontu tím pádem musí být nekonečná, platí-li obecná teorie relativity. Změna souřadné soustavy na tom nezmění vůbec nic, v padající soustavě bude ta energie Hawkingova záření ještě větší, protože padající pozorovatel se bude pohybovat proti směru toho záření. Lze pouze vytvářet dodatečné spekulace na bázi teorií strun apod., které se pokoušejí onen „rozpad reality“ do toho popisu zamontovat – a přesně o to se pokouší Susskind v jeho knize Válka o černé díry. Ve skutečnosti se tím Susskind pokouší „prodat“ určitý náhled na tuto problematiku, který jde opravdu hooooódně daleko za obecnou teorii relativity. Buďto můžeme Susskindovi věřit, že má pravdu, a že budoucí teorie ten jím propagovaný rozpad reality posvětit, anebo mu věřit nemusíme a můžeme si myslet, že i v budoucí teorii zůstane osud kosmonauta stejný nezávisle na pozorovací soustavě.

Jo a topologie černé díry s tím opravdu nesouvisí, protože ta se uplatní až pod horizontem, zatímco zmíněný Susskindův paradox se odehrává ještě těsně nad horizontem.

[Odpovědět](#)

Re: Re: Re: Re: Myslím si že Hawkinovo záření

Karel Rabl,2017-01-22 16:33:05

Děkuji za fundovaný výklad byť ani OTR ani Susskind či Hawkin nemusí mít pravdu protože vycházejí z matematického modelu který vymyslel "nedokonalý" člověk, který si myslí že všechno jde spočítat naší "nedokonalou" matematikou, nikdo však zatím nic lepšího nevymyslel, ale matematika se může stát v budoucnu stejnou brzdou pokroku jakým bylo ve středověku tmářství. A svět se bude znovu obracet na představy a úvahy jaké měl matematicky "nenadaný" Einstein.

Děkuji tedy znovu a velmi si vážím času který jste nám Laikům a jiným lidem vyložil svůj pohled a pohled ostatních vzdělaných lidí v oboru na danou problematiku.

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Myslím si že Hawkinovo záření

Pavel Brož,2017-01-22 18:30:30

Rádo se stalo. Chtěl jsem laikům poskytnout jakési vodítko, jaké měli před lety čtenáři scienceworld.cz díky sérii podobných článků od Pavla Housera. Navíc pokud by Pavel hodlal v podobných člancích zde na oslu pokračovat, tak třeba se pak něco z toho může hodit :-)

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Myslím si že Hawkinovo záření

Lukáš Fireš,2017-01-27 18:43:24

Děkuji za rekapitulaci, ale musím trvat na tom, že si opět hraje s nekonečny a dělením nulou (či nekonečno dělené nekonečnem). V tom je celý ten matematický problém - čas zpomalený natolik, že stojí, energie znásobená donekonečna. Copak nevidíte tu matematickou singularitu?

Hawkingovo záření nejspíše existuje, o tom se rozhodně nepřu. Jeho síla není

podstatná, protože ji stejně násobíme nekonečnem z pohledu statické soustavy, kde nám ale zároveň zkolaboval čas, takže dostáváme výraz nekonečno násobené nulou (vyzářená energie za jednotku času). To je problém souřadného systému a proto dává nesmysly, jakým je i ohnivá zeď nekonečně znásobeného Hawkingova záření.

Proto věřím spíše tomu, že u gigantické černé díry (kde můžeme zanedbat slapové jevy) se na horizontu nic moc neděje. A možná ani pod ním, pokud je ta díra "dutá". Samozřejmě pouze hypotéza, představa človíčka, co skončil dávno před horizontem kvůli matematickým artefaktům a neví, jakou soustavu použít a jak modifikovat transformace, aby to vůbec fungovalo :)

[Odpovědět](#)

Re: Myslím si že Hawkinovo záření

Karel Rabl,2017-01-21 22:29:51

A nejen Hawkinovo záření ale i gravitace by nám nemusela ublížit kdybychom padali po okraji černé díry dostatečně rychle a před horizontem událostí bychom odhazovali zátěž, která by za námi vytvářela prostor(čas) který by nás tlačil do vnitřního okraje dostatečně velké černé díry.

[Odpovědět](#)

Může počítač projít řadu nekonečně čísel?

Marcel Borna,2017-01-19 10:53:24

Nemůže. Je to  $|A|=n$ .

[Odpovědět](#)

Re: Může počítač projít řadu nekonečně čísel?

Milan Krnic,2017-01-19 17:48:23

Můžete to  $|A|=n$  prosím vysvětlit?

## [Odpověď](#)

ad rozpad reality

Pavel Brož, 2017-01-19 02:23:34

Musím se omluvit Pavlovi Houserovi, se kterým jsem tuto problematiku na jeho žádost v několika emailech prodiskutoval, ale chyběly mi detaily, proto jsem dospěl ke špatnému závěru. Dnes jsem si uvědomil, že tu Susskindovu knihu mám, dokonce už pár let, mezi mnoha dalšími knihami, na které jsem si holt ještě nenašel čas je přečíst – takže jsem ji otevřel až teď a našel si příslušnou kapitolu, kde je odsouzenec na smrt odsouzen k upečení v blízkosti horizontu černé díry – tam jsem zjistil, jak to celé bylo myšleno a jaká je podstata toho sporu. Omlouvám se, že vynechám systematický výklad nezbytných obecně-relativistických konceptů, a spolehnu se tak pouze na čtenáře, kteří dílčí vlastnosti černých děr znají (např. že gravitační zrychlení je z pohledu statické soustavy na horizontu nekonečné, atd.).

Nejprve jen stručně zrekapituluju kostru toho paradoxu – odsouzenec na smrt má být vhozen do černé díry obrovitánských rozměrů – mnohem větší, než o jakých víme, že existují v jádrech galaxií (kde ty nejhmotnější mohou mít hmotnost řádově až deset miliard Sluncí).

Susskind argumentuje – každá černá díra se vypařuje Hawkingovým efektem, sice tím méně, čím je větší (i její teplota je tím menší, čím je černá díra větší), nicméně energie odnášená do nekonečna Hawkingovým zářením je konečná. Protože se ale naopak energie záření o konečné energii padající obráceným směrem zvětší na horizontu do nekonečna, tak původní energie Hawkingova záření vznikajícího v blízkosti horizontu je obrovská, a to natolik, že umí upéct odsouzence.

Susskind zároveň nabízí také druhý pohled, pohled odsouzence, a právě tento druhý pohled tím, že protirečí tomu prvnímu, vytvoří ten paradox – z pohledu odsouzence se nic strašného nestane, protože platí princip ekvivalence, který říká, že gravitační pole lze lokálně vyeliminovat ve volně padající soustavě. Nejdou tak sice vyeliminovat slapové síly, tj. že v nehomogenním gravitačním poli (jakým pole černé

díry bezesporu je) působí na spodnější část odsouzence větší gravitační síla než na vrchní část, a rozdíl těchto sil ho „šponuje“. Tato slapová síla je při průchodu horizontem běžné černé díry hvězdné velikosti natolik velká, že by odsouzence roztrhala ještě nad horizontem. Je ale tím menší, čím je černá díra větší, a u dostatečně velkých černých děr by horizontem prolétl kosmonaut i s platem rakviček (myšleno zákusků, pokud to někomu evokuje morbidní představy, tak třeba indiánků - no ale vlastně – takže rakviček), aniž by se cokoli špatného stalo. I při úspěšném průletu horizontem se ale slapové síly zvyšují s blížícím se k centrální singularitě, takže nakonec kosmonaut či odsouzenec roztrhání neuniknou, velikost černé díry ovlivní pouze to, jestli se tak stane už nad horizontem, nebo až pod ním. Každopádně ale u superobří černé díry jsou slapové síly nad horizontem zanedbatelné, a ty neslapové gravitační síly jsou vynulovány tím volným pádem. Takže z tohoto druhého pohledu se odsouzení při průletu horizontem nemá stát nic.

Takže v tomto smyslu se lze bavit o tzv. rozpadu reality – Hawkingovo záření na horizontu má odsouzence zabít, na druhou stranu princip ekvivalence nám říká, že z pohledu kosmonauta je horizont černé díry celkem nezajímavým místem, které je lokálně (tj. při zanedbání nehomogenit gravitačního pole vedoucích ke slapovým silám) neodlišitelné od kterýchkoli jiných míst daleko od černé díry (globálně ale odlišitelný je, např. tím, že se zpod horizontu nejde vrátit nad něj). Princip ekvivalence má tedy odsouzení garantovat, že (u dostatečně superobří černé díry) nebude lokálně pociťovat nic jiného, než kdekoli daleko od černé díry, takže by měl být v bezpečí. Ve sporu s tím by jej ale Hawkingovo záření mělo zabít.

Tady je nutné říct, co je příčinou toho paradoxu. Je jí to, že se dohromady míchají dva pohledy, každý založený na jiné teorii. Princip ekvivalence je bytostně nekvantová záležitost, je to hlavní stavební princip obecné teorie relativity (OTR), se kterou tato teorie stojí a padá. Samotná OTR kvantové jevy nezná, proto o nich neříká vůbec nic. Oproti tomu Hawkingovo záření je koncept, který byl získán fenomenologickým skloubením některých prvků z OTR a některých prvků z kvantové teorie pole. Z OTR si vzal jednosměrnost horizontu černé díry, a z kvantové teorie pole si vzal fluktuace pole, které umíme popisovat nejčastěji v termínech tzv. virtuálních částic. O vlastnostech virtuálních částic koluje mezi širokou veřejností

velké množství hovadin, nechci se teď do toho dlouze nořit, pro náš účel pouze zmíním, že fluktuace pole ve vakuu si můžeme představit (což neznamená, že to tak doslovně je), jako by se zrodil pár částice-antičástice, a rychle zase zanikl. Principiálně existují i jiné, ekvivalentní popisy těchto procesů, které představu virtuálních částic vůbec nepotřebují, my teď ale budeme pracovat právě s tou představou dočasného vzniku páru částice-antičástice. Když ve vakuu vznikne virtuální pár částice-antičástice, tak má dohromady nulovou energii (tedy i hmotnost) a nulovou hybnost (mimořádně už zde nastává spor s rozšířenou chybnou představou, že tento pár má dohromady nenulovou hmotnost a nenulovou energii, kterou si díky Heisenbergovým relacím neurčitosti na kratičký čas „vypůjčí na dluh“). Díky celkové nulovosti energie a hybnosti takovéto páry mohou ve vakuu neomezeně vznikat, a pokud by nebyly přítomny jiné, reálné (tj. nikoliv virtuální) částice či objekty, tak by se tyto vznikající a zanikající virtuální páry ani nemohly nijak projevit. V přítomnosti reálných částic se ale projeví.

Tyto virtuální částice mají dohromady nulovou energii a nulovou hybnost, neznamená to ale, že každá z nich odděleně má nulovou energii a nulovou hybnost. Nikoliv, pouze součet energií obou dvou částic virtuálního páru, a stejně tak i součet hybností obou dvou je nulový. Takže jedna má nějakou hybnost, a druhá opačnou, což nijak nepřekvapí, to známe i u reálných částic. To, co je krajně nezvyklé, je že jedna má kladnou a druhá přesně opačnou zápornou energii. To už je bomba, reálné částice zápornou energii mít nemůžou. Aby toho nebylo málo, tak energie virtuálních částic není nijak závislá na hybnosti. To je další bomba, protože reálné částice musí mít energii (řeč je samozřejmě o relativistickém vztahu pro energii) určenou jejich hybností a klidovou hmotností podle vztahu  $E = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$ . Ve fyzice se o reálných částicích také říká, že jsou „on shell“, tedy „na obálce“, a to proto, že když se reálné částice zobrazí v grafu, kde na vodorovné ose je hybnost  $p$  a na svislé je energie  $E$ , tak reálné částice se mohou nacházet právě jen na hyperbole  $E = \sqrt{p^2 c^2 + m_0^2 c^4}$ . Oproti tomu virtuální částice se v tomto grafu mohou vyskytovat naprosto kdekoliv, jejich hybnost a energie z nich nejsou vázány žádným vztahem (to platí, pokud tam vyneseme jenom jednu částici jako jeden bod - pokud tam vyneseme dva body pro virtuální pár vzniklý spontánně z vakua, tak první bod sice může být kdekoliv, ale druhý musí být vůči prvému umístěn souměrně vůči

počátku, aby součty energií obou částic byly nulové, a stejně tak součty jejich hybností).

Existuje možnost „konverze“ virtuálního páru na pár reálných částic? Ano, existuje, ale je k tomu třeba dodat právě aspoň takovou energii (a event. i hybnost), která oběma virtuálním částicím umožní dostat se „na obálku“, tedy aby obě byly na zmíněné hyperbole. Protože částice na této hyperbole mají kladnou energii, a protože součet energií částic virtuálního páru je nulový, je jasné, že odněkud budeme muset nějakou energii schrastit. Dejme tomu, že máme k dispozici např. vysoce excitované jádro, a že navíc k tomuto jádru existuje jádro jiné, s o jedničku větším protonovým, přitom však stejným nukleonovým číslem, které má energii menší aspoň o hodnotu, kterou potřebujeme. Potom existuje nenulová pravděpodobnost následujícího procesu: v blízkosti jádra vznikne virtuální pár elektron-pozitron, kde elektron bude „on shell“, ale pozitron tím pádem „off shell“, protože bude mít zápornou energii (jelikož součet energií je u virtuálního páru nulový). „On shell“ elektron odcestuje do někde, a osiřelý virtuální pozitron bude adoptován excitovaným jádrem, ve kterém proběhne přeměna neutron plus virtuální pozitron na proton plus elektronové antineutrino, při které se zvýší protonové číslo. A protože naším výchozím vymíněným předpokladem bylo, že nově vzniklé jádro má aspoň o tolik nižší energii, aby to celé energeticky klaplo, tak potom je právě tento proces příkladem toho, jak lze dodáním vnější energie „zreálnit“ původně virtuální pár. Abych byl korektní, měl bych dodat, že kromě výše uvedeného procesu existují i mnohem „obyčejnější“ beta rozpady, kde se prostě v jádru rozpadne neutron na proton, elektron a elektronové antineutrino, a stejně tak existují inverzní beta rozpady, kde se proton rozpadne na neutron, pozitron a elektronové neutrino – v obou případech musí být každopádně splněna podmínka, že cílové jádro má o tolik nižší energii, aby to umožnilo zrod uniknuvšího elektronu a antineutrina, resp. pozitronu a neutrina – proto se např. v deuteronu nemůže rozpadnout neutron, protože by zbyly dva protony, a vázaný stav dvou protonů neexistuje (a na to, aby ve výsledku byly dva volné protony, elektron a antineutrino, zase nemá deuteron dost energie).

Mohli bychom si ještě klást filosofující otázky typu, jak to ta příroda zařídí, že dopředu ví, že na daný proces bude mít ušetřeno dost energie – vždyť co když se celá ta



procesní kaskáda rozběhne, a ke konci se ukáže, že tam není dost energie na dokončení toho procesu? S tím si nemusíme lámat hlavu, to si zařídí kvantová teorie sama – můžeme si představit, že takovéto „energeticky švorcové“ procesy tam neustále probíhají, ale ten nedostatek energie neumožní produkty takového „virtuálního procesu“ pustit dostatečně daleko, podobně jako sice teoreticky můžeme najít elektron v základním stavu atomu libovolně daleko od jádra, ale s exponenciálně klesající pravděpodobností.

Nyní k Hawkingovu záření – bylo sice odvozeno jinak, ale dá se ekvivalentně popsat právě jako proces s účastí virtuálních párů vykreovaných z vakua. Výše jsem zmínil, že existují možnosti, jak aspoň jednu z částic virtuálního páru zrealitit, a to dodáním energie. V případě černé díry je tou dodanou energií energie gravitační. Takže energetickou podmínku splnit lze, potřebné je pouze, aby ta částice, která neunikne, získala při pádu aspoň takovou energii, jaká je potřebná pro její „zrealnění“. Právě zde se využije vlastnost horizontu černých děr, protože z pohledu statické soustavy spjaté s okolím černé díry vzniká u horizontu nekonečný gradient gravitačního pole (právě zde spoléhám na dílčí znalosti čtenáře, proto nevysvětluji proč tam je ten nekonečný gradient), a proto o energii získanou z rozdílu gravitačního potenciálu v blízkosti horizontu nouze nebude. Pokud byste se zarazili, proč zdůrazňuji to „z pohledu statické soustavy spjaté s okolím černé díry“, tak připomínám princip ekvivalence, podle nějž gravitační pole lze lokálně vynulovat přechodem do volně padající (tím pádem nestatické) soustavy. Jinými slovy, zatímco ve statické soustavě tam panuje obrovské, na horizontu až nekonečné gravitační zrychlení, tak padající kosmonaut (pokud padá do dostatečně luxusně velké černé díry) je naprosto v pohodě a v klidu si žere z tácku svoje rakvičky. Vzniká tam ještě další rozdíl v pohledu z obou soustav, kde z pohledu statické vnější soustavy kosmonaut k horizontu nikdy nedoletí – což je způsobeno nekonečnou dilatací času měřeného V TÉTO STATICKÉ SOUSTAVĚ. Oproti tomu kosmonaut prolétne horizontem za svůj konečný vlastní čas, načež si vypořádá svou závěť – vlastně ani to ne, vždyť pro koho? – a duševně se vyrovná se svým zánikem v singularitě. Eventuálně – pokud by byl dostatečně předvídatelný a skočil do superobří ROTUJÍCÍ černé díry – tak by se centrální zkáze mohl vyhnout, protože singularita v takovéto černé díře nemá tvar bodu, ale kružnice, kterou by při šikvých manévrech s využitím gravitace okolních

padajících těles mohl donekonečna prolétat (sice by tam stejně umřel hlady, ale aspoň s nějakým pocitem zadostiučinění).

My ale víme, že energetická podmínka není jediná, kterou je nutné splnit, stejně důležitou podmínkou je, aby existoval finální stav, který má aspoň o tolik menší energii, než jakou potřebujeme ke zrealizování virtuální částice. V případě „diskrétních“ systémů, jako jsou atomová jádra, není vždy jednoduché tuto podmínku splnit, protože spektrum energií atomových jader je dáno složitými zákonitostmi silné interakce, která drží v jádrech nukleony pohromadě. V případě černých děr ale můžeme být úplně v klidu. Jediné faktory, které černou díru plně charakterizují, jsou její hmotnost, její elektrický náboj a její moment hybnosti. Vše ostatní je při pádu pod horizont „zapomenuto“. Černá díra nemůže mít např. neceločíselný násobek elektrického náboje, ale může mít naprosto spojitou hmotnost (teoreticky ji totiž můžete vytvořit srážkou dvou opravdu extrémně energetických protiběžných fotonů, jejichž energii ale můžete libovolně spojitě zvětšovat, a stejně spojitě se bude zvětšovat hmotnost a tím i energie jimi vytvořené černé díry). Ze spojitosti celkové energie černé díry tím pádem plyne, že k libovolné (myšleno ale aspoň makroskopické, tedy ne třeba velikosti protonu) černé díře vždycky najdete černou díru s o tolik nižší energií, o kolik zrovna potřebujete. To je rozdíl oproti těm atomovým jádrům, kde v některých případech odpovídající jádro s dostatečně nižší energií prostě neexistuje – energie všech možných jader tvoří diskrétní spektrum, zatímco energie všech možných černých děr tvoří spektrum spojitě.

Jinými slovy, černá díra nabízí v blízkosti horizontu dostatečně vysoký gradient gravitačního pole, který poslouží jako energetický sponzor pro virtuální částici s ambicemi stát se částicí reálnou, a zároveň nabízí neomezené možnosti ve výběru možné energie koncového stavu, aby celá ta transakce byla formálně legální (tj. aby byl jednak zachován zákon zachování energie mezi počátečními a konečnými účastníky transakce, a jednak aby finální stav byl legitimním stavem, ne např. „jádro složené ze dvou protonů“).

Zatím uvedený popis je pouze kvalitativní, a aby byl co k čemu, je nezbytné ho doplnit popisem kvantitativním, ze kterého vyplyne, jakou rychlostí se u jak hmotných

černých děr tvoří částice, jaké je procentuální zastoupení různých druhů částic generovaných Hawkingovým efektem, atd. atd.. Ale to už by byla jiná, mnohem delší pohádka, pro opravdu vážné zájemce mohu doporučit např. Fyzika černých děr od Novikova a Frolova, kde najdete podrobné výpočty (je to v ruštině, Nauka 1986, v češtině se obávám že nic ...).

Nyní se konečně vrátím k tomu Susskindovi a jím zmíněnému paradoxu – jak už bylo řečeno, paradox tkví v tom, že zatímco podle principu ekvivalence při průchodu horizontem opravdu obří černé díry kosmonautovi (či odsouzenci) hrozí maximálně tak cukrovka z příliš mnoha sežraných rakviček, tak podle Hawkingova efektu bude na horizontu usmažen Hawkingovým zářením. Připomínám, že Hawkingovo záření udává KONEČNÉ NENULOVÉ energie vyzářených částic v nekonečnu – tj. těch půlek z těch virtuálních párů, které odletěly směrem ven od černé díry – čemuž odpovídá neomezeně velká energie těch částic na horizontu (ve skutečnosti ty částice nemusí vznikat přesně na horizontu, ale postačí kousek nad ním, kde je dostatečný potenciální rozdíl pokrývající energetickou režii zrealnění virtuální částice, takže vůbec nemusíme předpokládat nekonečnou energii toho záření, nicméně i tak je ta energie dostatečná, aby odsouzenci vážně ublížila).

Problém u tohoto paradoxu je ale právě míchání dvou teorií – jednak klasické „nekvantové“ obecné teorie relativity, ve které samozřejmě žádné kvantové efekty neexistují. A jednak fenomenologické Hawkingově teorii, která kloubí vybrané kvantově-polní efekty s vybranými obecně-relativistickými. Proto si osobně myslím, že ve skutečnosti tady žádný skutečný paradox neexistuje. Pokud budoucí fundamentální (tedy nikoliv jen fenomenologická) teorie kvantová gravitace (aspirují na ni např. mnohé verze teorií superstrun, ale i smyčkové gravitace či jiné) potvrdí platnost Hawkingova efektu, tak také potvrdí to, že kosmonaut či odsouzenec průlet horizontem nepřežije. Pohled založený na pouhém principu ekvivalence bez zohlednění kvantových efektů bude popisem mimo oblast aplikovatelnosti obecné teorie relativity jakožto „nekvantové limity“ nějaké fundamentálnější teorie, podobně jako je např. klasická představa kolotoče rotujícího nadsvětelnou rychlostí už popisem mimo oblast aplikovatelnosti Newtonovské fyziky coby limity speciální teorie relativity pro nerelativistické rychlosti. Ten paradox ve skutečnosti vzniká pouze

proto, že Susskind věří, že princip ekvivalence, na němž stojí obecná teorie relativity, musí zůstat v identické platnosti jako v OTR. Může to být ve skutečnosti úplně jinak – např. zákon skládání rychlostí, tak, jak jej známe z Newtonovské fyziky, o němž se celé generace fyziků domnívala, že je prostě „nevyhnutelně daný“, se ukázal být nepřesný a musel být v teorii relativity modifikován, stejně tak jako obrovské množství dynamických vztahů. Neexistuje žádný důvod pro to si myslet, že princip ekvivalence oproti tomu musí zůstat naprosto nedotčený v nové, fundamentálnější teorii.

#### [Odpověď](#)

Je mi to o něco jasnější, ale ne o moc,

Josef Blecha,2017-01-19 22:10:29

ale děkuji za vysvětlování.

#### [Odpověď](#)

Re: Je mi to o něco jasnější, ale ne o moc,

Pavel Brož,2017-01-19 22:46:47

On se s tím autor Pavel Houser taky nijak nemaže :-). Před dávnými lety vedl cyklus podobných článků na scienceworld.cz, kde byl šéfredaktorem, a kde jsem mu také občas přispíval v komentářích. Dneska jako by po těch letech navázal plynule zde na oslu, jako vždy opět na vyšší úrovni, prostě jako by zcela samozřejmě předpokládal, že čtenáři ovládají všechny předešlé díly jeho seriálu :-). To není jeho kritika, ale tento článek opravdu předpokládá u čtenáře už relativně pokročilou orientaci v problematice, byť alespoň na populární úrovni.

#### [Odpověď](#)

Nekonečné výpočty

Jáchym Barvínek,2017-01-18 14:46:27

Počítači, který by měl zkontrolovat vlastnost všech přirozených čísel by nestačil nekonečný výpočetní čas. Potřeboval by též neomezeně velkou paměť a (zřejmě) s ohledem na Landauerův princip by též spotřeboval nekonečno energií.

### [Odpověď](#)

Re: Nekonečné výpočty

Milan Krnic,2017-01-18 19:00:53

a nekonečně krát výkonnější by pak musel být počítač, který by prováděl analýzu chyby. Je to prekérka.

### [Odpověď](#)

Re: Re: Nekonečné výpočty

Marcel Borna,2017-01-19 12:09:05

Není to prekérka, je to prostě blbost. Jak bylo uvedeno výše: počítač je  $|A|=n$  nikoli  $\infty$ . Podobně:"Skutečným důkazem, proč většina vědců astrologii nevěří, však nejsou vědecké důkazy, či lépe řečeno jejich nedostatek, ale to, že není v souladu s jinými teoriemi, které byly ověřeny pokusem. Když Koperník a Galilei objevili, že planety obíhají kolem Slunce, a nikoli Země a když Newton objevil zákony, které řídí jejich pohyb, začala být astrologie vysoce nepravděpodobná. Proč by polohy ostatních planet na pozadí oblohy, jak se jeví při pohledu ze Země, měly mít nějakou souvislost s makromolekulami na jedné menší planetě, které samy sebe nazývají inteligentním životem? A právě tomu bychom podle astrologie měli věřit. Některé teorie popisované v této knize nejsou podloženy více experimentálními daty než astrologie, a přece jim věříme, protože jsou v souladu s teoriemi, které testování přestály. [...]" Hawking. Hmmm, a co s tím, že zakřivení časové osy vlastně neznamená nic jiného než různý chod hodin v různých místech. Tady není spojitost s ovlivněním biologických entit?

### [Odpověď](#)

A je za horizontem vůbec tentýž svět?

Jiří Pospíšil,2017-01-18 14:25:59

Neztrácejí přechodem přes horizont smysl i pojmy? Vidět, dávat zprávu, budoucí historie.

Nevíme přece o "vnitřku" černé díry vůbec nic. Všechna pozorování jsou nepřímá a zvenčí a v našich pojmech.

A možná, že je dobře, že i ty nejbližší jsou pro nás nedosažitelné, pěkně pěstujme ta pozorování, nepřímá, zvenčí a pěkně zdaleka. Kdyby byly blíž, tak jak znám lidi, určitě by do těch černých děr ze zvědavosti lezli.

[Odpovědět](#)

teleso

Maroš Štulajter,2017-01-18 13:15:13

môže sa vôbec nejakej hmotné teleso dostať k horizontu udalosti? ja osobne si myslím, že nadobudne takú relativistickú hmotnosť, že fakticky sa roztrhá na fotóny.

[Odpovědět](#)

Re: teleso

Maroš Štulajter,2017-01-18 13:19:08

to roztrhať na fotóny som myslel obrazne, bude mať takú kinetickú energiu, že hmotnosť sa neudrží pokope

[Odpovědět](#)

pavel houser,2017-01-18 01:15:08

--- Pokud padajícímu do červí díry nelze poslat informaci "z venku", tak ani nemůže vidět celé budoucí dějiny vesmíru - to je taky jen informace "z venku". --- no vsak prave na rozpornost technu dvou konceptu bylo cilem upozornit. jinak nejake

zpomalování a zastavování padajícího na horizontu z pohledu vnějšího pozorovatele - není důvod, proč? normálně zrychleně pada a přejde přes horizont, čímž zmizí (pokud pomineme právě onen sporný scénář se spalením).

### [Odpověď](#)

Ondřej Miha, 2017-01-17 23:29:53

Nemusí být vůbec důvod roztrhání na horizontu událostí. Pokud bude černá díra dostatečně velká, makroskopický objekt projde horizontem aniž by se s ním cokoli destruktivního stalo. Prostě gradient gravitace je vzhledem k rozměru objektu velmi malý. Dostatečně velká ČD může mít údajně hustotu klidně i menší než hustota vody. Pokud hustotu ČD definujeme jako hmotnost na objem prostoru uzavřeného horizontem.

### [Odpověď](#)

Re:

pavel houser, 2017-01-18 01:02:47

o roztrhání slapovými silami nejde, však to se píše v článku (jak píšete, roztrhání nemusí nastat a pokud nastane, pak prostě roztrhá při pohledu roztrhaného i při pohledu vzdaleneho pozorovatele, tam žádný spor nevznikne); jde o uskvření na horizontu jiným mechanismem.

### [Odpověď](#)

jak dostat informaci z černé díry

Jakub Beneš, 2017-01-17 18:30:47

horizont událostí je místo v prostoru, kde gravitace převyšuje únikovou rychlost světla. její poloměr je dán především hmotností černé díry. předpokládáme, že kromě pomalého vypařování se hmotnost černé díry nesnižuje, a tedy horizont je stále stejně velký nebo větší, pokud do černé díry dále padá materiál. To ale přece není pravda. představte si jednoduchou situaci, kdy se k sobě přiblíží dvě černé díry a

jejich horizonty sebou "projedou". v tom místě dotyku se gravitace výrazně sníží a jistě půjde najít i oblast kde nebude žádná. veškeré světlo tam uvězněné začne v místě dotyku unikat ven, protože horizont se tam výrazně zdeformuje. důsledek bude, že se informace dostane z černé díry ven a to dokonce úplně snadno.

[Odpovědět](#)

Re: jak dostat informaci z černé díry

Petr Kr,2017-01-17 18:41:24

Podmínkou ovšem je, že ta "informace" zůstala stát na místě, zatímco světlo putuje rychlostí 300 tis. km a to kterým směrem, a horizont se deformuje a z jeho povrchu uniká něco? Opravdu to tak je? Není to třeba něco jako balón, který se deformuje a obsah nevypouští?

[Odpovědět](#)

Re: Re: jak dostat informaci z černé díry

Lukáš Fireš,2017-01-17 20:26:50

Dle mého názoru nemůže deformace dosáhnout informaci, neboť je obojí limitováno rychlostí světla - i gravitační vlny se šíří rychlostí světla, že?

Tím pádem nevěřím ani jedné z uvedených hypotéz.

1. Z vnějšku nevidíme nic, protože žádné světlo neunikne. Můžeme si však představovat, že padající se zpomaluje až se úplně zastaví (a na tomto horizontu je vše, protože se tam zastaví i čas - díra nemá vnitřek, jen povrch).
2. Pro padajícího se vnější svět zrychlí natolik, že okamžitě zažije smrt vesmíru či alespoň vypaření se černé díry. Každopádně bude mrtev, ihned.
3. I kdyby ten superpočítač něco spočítal, tak nám to pod horizontem k ničemu nebude, protože budeme padat rychleji než jakákoliv informace k nám vyslaná (a v mžiku navíc zemřeme).



### [Odpověď](#)

Neuvidí nic ani LIGO

Josef Hrcirik,2017-01-17 21:44:59

### [Odpověď](#)

Nikdo neunikne živý. Kdo byl pod obzorem, zůstane pod ním a po spojení děr obzor pozře další zvědavé nešťastníky. Amen až do vypaření.

Josef Hrcirik,2017-01-17 21:53:20

### [Odpověď](#)

knizku jsem necetl, ale...

Jakub Beneš,2017-01-17 18:21:56

cituji z článku: "Z pohledu pozorovatele venku se ale skokan střetne s vysokoenergetickým zářením, které ho spálí na popel, tvrdí Greene a Susskind." s tím zářením se střetne kdy? pod horizontem? a to vidí vnější pozorovatel jak? vždyť i tato jedna věta si sama sobě odporuje :) vnější pozorovatel uvidí buď obraz padajícího zamrzlý na horizontu, nebo uvidí jak zmizí. ale bude zároveň předpokládat, že uvnitř padá dále. takže žádná realita není porušena a ani si nikdo nebude myslet, že byl padající spálen. tedy pokud to je poučený pozorovatel :) nebo snad je realita porušena pokaždé, když si někdo něco špatně vyloží???

### [Odpověď](#)

Re: knizku jsem necetl, ale...

Peter Somatz,2017-01-18 00:11:28

To ziarenie/firewall su virtualne castice, ktore sa vraj tvoria nahodne v paroch vsade vo vesmire. Za normalnych okolnosti hned vzajomne zanihiluju, ale ked sa vytvoria presne na horizonte udalosti tak "preziju". Jedna ide dole, druha hore - pomaly. A ta

hore vytvori ten firewall.

Ja sa skor cudujem, ze autor nepridal dalsiu Susskindovu "specialitu" - holograficky vesmir. :)

### [Odpověď](#)

Re: Re: knizku jsem necetl, ale...

pavel houser,2017-01-18 01:05:30

holograficky vesmir, to uz bychom se zase dostali uplne jinam. uz takhle se "honi vice zajicu najednou". navic slo o to vytvorit spor, ted zrovna nevim, s cim by byl ve sporu holograficky vesmir.

### [Odpověď](#)

Re: knizku jsem necetl, ale...

pavel houser,2017-01-18 01:09:31

vnejsi pozorovatel uz z deni pod horizontem samozrejme neuvidi nic, v tom je shoda. ale uvidi vysokoenergeticke fotony (tvrdi susskind, ne ja), respektive primo spaleni padajiciho - k tomu ma dojit na horizontu.

### [Odpověď](#)

Informace pro padajícího...

Petr Hájek,2017-01-17 16:19:35

Pokud padajícímu do červí díry nelze poslat informaci "z venku", tak ani nemůže vidět celé budoucí dějiny vesmíru - to je taky jen informace "z venku".

Stejně tak pozorovatel z venku neuvidí nic "pod" horizontem událostí. Chápu to tak, že pozorovatel uvidí padajícího zpomalovat až se na horizontu událostí zastaví.

Padající ze svého "pohledu" bude zrychlovat. Na horizontu události by měl teoreticky dosáhnout rychlosti světla.... nebo ne?

