

Navíc experiment OPERA není první případ, kdy se zdálo, že neutrina jsou rychlejší než světlo. V roce 1987 byla pozorována Supernova SN 1987A umístěná ve Velkém Magellanově mračně. Neutrino tehdy byla pozorována přibližně tři hodiny před tím, než na zemi dorazilo světlo. Avšak pokud bychom chtěli tento jev vysvětlit nadsvětelnou rychlostí neutrin a užili bychom rychlost naměřenou během experimentu OPERA, došli bychom k závěru, že neutrino měla dorazit na Zemi zhruba o čtyři roky dříve než světlo.

Odzvonilo definitivně teorii relativity? - O důsledcích nadsvětelné rychlosti neutrin pro fyziku.

Astronomická přednáška

09.11.2011 st (18:30)

Přednáší Prof. RNDr. Petr Kulhánek, CSc.

Pořadatel

[Štefánikova hvězdárna](#)

Adresa: *Petřín 205, Praha 1, 110 00, Hl. m. Praha*

Tel.: 257 320 540

E-mail: informace@observatory.cz, www.observatory.cz

Kdy nás můžete navštívit? Otevřeno denně kromě pondělí út-pá 18-20 h, so-ne 11-20 h, 17.11. 11-20 h. Výpravy škol a institucí mají možnost navštívit hvězdárnu denně i mimo otvírací dobu, podle předem sjednaného termínu.

Jak se k nám dostanete? [najít na mapy.seznam.cz](#)

.....
<http://www.blogger.com/email-post.g?blogID=37327472&postID=6499393973214328195>

Problém je v tom, že pokud jsou výsledky Opery správně, tak neutrino nemohou být těmi tachyony, které jsou hypoteticky přípustné ve speciální teorii relativity, protože v rámci speciální relativity nelze dát do souladu výsledky z Opery s výsledky pozorování třeba ze supernovy SN1987A. Pokud jsou výsledky Opery správně, tak neutrino narušují Lorentzovskou invarianci. Což by mělo velké důsledky pro celou fyziku.

Myslím, že jsem Vás zmátl ve své předchozí reakci tím důrazem na plynulost toho zrychlování. Chtěl jsem tím zdůraznit, že s pomocí elektromagnetického pole (např. při urychlování částic v urychlovači) ani gravitačního pole (např. částice spirálovitě padající na černou díru) nelze podle speciální teorie relativity urychlit podsvětelně se pohybující částici na nadsvětelnou rychlost. Na přeměny částic v důsledku jejich rozpadů nebo srážek se ale toto omezení striktně vzato nevztahuje.

Ta situace je trochu komplikovanější.

Einstein konstantní rychlost c v speciální teorii relativity postuloval, nikoliv vysvětloval.

Stejně tak je nutné říct určitá "ale" k tvrzení, že konstantní c vyplývá z Maxwellových rovnic. Ze samotných Maxwellových rovnic, pokud k nim nepřidáme Einsteinovy postuláty, na nichž Einstein vystavěl svou speciální teorii relativity, totiž konstantní rychlost světla neplyne.

Před vznikem Einsteinovy teorie relativity existovaly dvě odlišné dynamiky - Newtonova mechanika hmotného bodu a kontinua, a Maxwellova elektrodynamika. První z nich byla v souladu z Galileiho principem relativity (přesněji řečeno, dnes jej tak zpětně nazýváme, abychom jej odlišili od Einsteinova principu relativity). Galileiho princip relativity říkal, že když přejdeme z nějaké inerciální pozorovací soustavy, do jiné inerciální soustavy (všechny inerciální soustavy se vůči sobě musí pohybovat rovnoměrně přímočaře), tak že forma fyzikálních zákonů se nezmění. Tudíž mezi všemi možnými vůči sobě se rovnoměrně přímočaře pohybujícími inerciálními soustavami nelze žádným způsobem vybrat nějakou preferovanou. Tj. nelze definovat žádný absolutní prostor, který by byl v klidu a který by definoval význačnou stojící soustavu, zatímco všechny jiné soustavy by mohly být absolutně určeny svou rychlostí vůči tomuto absolutnímu prostoru.

Ve skutečnosti právě zmíněná Galileiho relativita platí pouze pro tu první z obou dynamik, tj. pro Newtonovu mechaniku (bez ohledu na to, jestli vezmeme Newtonovu mechaniku hmotného bodu anebo Newtonovu mechaniku kontinua).

Po nějaké době po odvození Maxwellovy elektrodynamiky začalo být zjevné, že Maxwellovy rovnice nevyhovují Galileiho relativitě, které vyhovuje Newtonova mechanika. Z Maxwellových rovnic přitom vyplývala existence elektromagnetických vln (světlo jsou přitom elektromagnetické vlny mající specifické frekvenční rozmezí), šířících se rychlostí c . Tato rychlost c se dá v rámci Maxwellovy elektrodynamiky získat jako převrácená hodnota z odmocniny součinu permitivity vakua a permeability vakua. Tolik lze říct k tvrzení, že hodnota c vyplývá z Maxwellových rovnic.

Bohužel z Maxwellových rovnic samotných nijak nevyplývá, že by se světlo mělo šířit rychlostí c v JAKÉKOLIV inerciální soustavě. Místo toho se ve druhé polovině devatenáctého století a během několika let na začátku století dvacátého věřilo, že pomocí Maxwellových rovnic, potažmo pomocí měření rychlosti světla v různých inerciálních soustavách, budeme moci zjistit význačnou stojící klidovou inerciální soustavu, alias absolutní prostor, alias éter. Éter byla hypotetická materie, jejíž vibrace se projevují jakožto elektromagnetické vlny, podobně jako když se vibrace hmotného prostředí (plynu, kapaliny, pevné látky), projevují jako zvuk.

Hypotéza éteru byla celkem logická, zvláště, když se zpočátku vůbec nevědělo, že by se světlo mohlo pohybovat tak neuvěřitelně, že jeho rychlost bude ve všech inerciálních soustavách stejná. To se totiž zdálo odporovat zdravému rozumu, a normálním každodenním lidským zkušenostem se to zdá odporovat dodnes. Dodnes totiž všichni bereme jako samozřejmost, že když se vůči nám pohybuje vagón rychlostí třeba 20 km/h, a cestující ve vagóně jde rychlostí 5 km/h ve směru jízdy, tak že se vůči nám stojícím na nástupišti pohybuje rychlostí 25 km/h. Podle Galileiho principu relativity se one cestující vůči nám

rychlostí 25 km/h opravdu pohybuje, ale podle Einsteinova principu relativity ne, podle něj se vůči nám pohybuje rychlostí malilinko menší, než je 25 km/h.

Vycházejíc z celkem logické hypotézy éteru bylo logickým následujícím krokem měření rychlosti světla v různých inerciálních soustavách za účelem zjištění význačné inerciální soustavy, ve které éter stojí. Byl to opravdu veliký šok, když i přes opakovaná všemožně alterovaná měření vycházelo, zdravému lidskému rozumu navzdory, že světlo má vůči svému zdroji rychlost stejnou bez ohledu na pohyb soustavy, v níž se zdroj světla nachází. Analogie k pohybu cestujícího ve vlaku by byla taková, že vlak se vůči nám pohybuje rychlostí c , a když cestující v něm do té doby sedící vystartuje rychlostí c ve směru pohybu, bude se vůči nám stojícím na nástupišti pohybovat stále rychlostí c . A pokud místo ve směru pohybu vyrazí v protisměru (takže bychom čekali, že se vůči nám pohybovat nebude, neboť rychlost pohybu cestujícího by se měla odečíst od rychlosti pohybu vlaku), tak se oproti našemu očekávání vůči nám stále budem pohybovat rychlostí c . A pokud by se cestující ze zoufalství nechal vystřelit z vlaku libovolným směrem, např. by se katapultoval kolmo nahoru rychlostí c , tak se oproti našemu očekávání vůči nám bude pohybovat stále rychlostí c .

Pokud toto někomu nepřijde zvláštní, tak ve skutečnosti o speciální teorii relativity nikdy nepřemýšlel. Nicméně ačkoliv toto skládání světelných rychlostí, které dává paradoxně stejný výsledek c bez ohledu na soustavy, vypadá sebevíce podivně, tak právě toto bylo na základě měření rychlosti světla opakovaně experimentálně potvrzeno.

Samozřejmě vznikla potřeba, jak s tímto výsledkem naložit. Brzy se našla fenomenologická vysvětlení v podobě tzv. Fitzgeraldovy kontrakce. Éteru byla přisouzena dodatečná vlastnost, která měla způsobit, že když se nějaká hmotná látka vůči němu pohybuje, měla se ve směru pohybu zkracovat. Tato kontrakce délek měla vysvětlovat, proč rychlost světla vycházela numericky stejně ve všech soustavách. Podobně se zjistilo, že jindy je pro vysvětlení jiných měření nutno transformovat kromě délek i časové intervaly. Přechodem k novému, zvláštním způsobem transformovanému systému, který se vůči původnímu nejen pohyboval, ale který měl také speciálním způsobem škálované délky a časové intervaly, bylo možné převést Maxwellovy rovnice vyjádřené v původní soustavě, do úplně stejné formy těchto rovnic v oné nové soustavě.

Ta podivná transformace zahrnující i škálování délek a časových intervalů se nazývá po svém objeviteli Lorentzovou transformací. Záhy se ukázalo, že Lorentzova transformace znamená pro Maxwellovy rovnice naprosto totéž, co znamená Galileiho transformace pro Newtonovu mechaniku. Galileiho transformace ponechává formu Newtonových zákonů tutéž, když z původní soustavy přejdeme pomocí Galileovy transformace do jiné pohybující se soustavy (říkáme, že Newtonova mechanika je vůči Galileiho transformaci invariantní). Podobně Lorentzova transformace ponechává invariantní Maxwellovy rovnice.

Čistě jen pomocí Newtonovy mechaniky nebylo možné objevit žádnou význačnou inerciální soustavu právě v důsledku Galileiho relativity. Stejně tak nelze čistě jen pomocí Maxwellových rovnic najít žádnou význačnou soustavu v důsledku Lorentzovy invariance Maxwellových rovnic.

Pokud se ale vezmou obě dynamiky dohromady, Newtonova i Maxwellova, tak potom tam žádná společná invariance není - Newtonova dynamika změní svou formu při Lorentzových transformacích, zatímco Maxwellova dynamika změní formu při Galileiho transformacích, takže formálně nemělo být problém význačnou soustavu objevit. Jenže právě to se nedařilo,

ony Fitzgeraldovy kontrakce totiž způsobovaly právě to, že vše se v hmotném pohybujícím se prostředí smrklo právě tak, že nešlo nic naměřit. To ostatně nebyl takový div, protože tyto kontrakce byly právě takto vymyšleny. Co ale následně začalo být opravdu mrzuté, bylo to, že se nedařilo najít žádný alternativní způsob, jak najít jakýkoliv fyzikální děj, který by se těmto kontrakcím vymykal, anebo pomocí kterého by se dal vliv těchto kontrakcí potlačit. Kdyby se takový děj našel, zámeček střežící tajemství éteru by byl odemčen.

Mezitím se stále věřilo, že Galileiho transformace je ta pravá, která nám říká, jak se souřadnice v pohybujících se soustavách transformují. O tom nebylo dlouhá léta žádných pochyb, ostatně, bylo to v souladu s naší každodenní zkušeností. Všechny paradoxy speciální teorie relativity ve skutečnosti vypovídají právě o tom, že naše každodenní zkušenost s pomalu se pohybujícími se objekty (pomalu ve srovnání s rychlostí světla, tzn. v reálu všechny hmotné objekty, se kterými přicházíme během celého našeho života skrze naše vlastní smysly do přímého kontaktu) se nedají extrapolovat do světa rychlostí srovnatelných s rychlostí světla.

No a když se tedy věřilo, že Galileiho transformace je ta pravá, tak co se mínilo o Lorentzově transformaci? O ní se věřilo, že dává pouze jakési fiktivní, pomocné souřadnice, ve kterých se jakousi matematickou hříčkou zachovává forma Maxwellových rovnic, nicméně které ale nelze chápat jakožto skutečné souřadnice měřící skutečné délky a čas. Toto si po dlouhou dobu myslel jak sám Lorentz, tak Poincaré, kterého bychom dost možná měli pokládat za skutečného otce speciální teorie relativity. Poincaré, ale nejen on, totiž odvodil drtivou většinu relativistických dynamických zákonů ještě před Einsteinem.

Když tedy byla většina relativistických dynamických zákonů objevena ještě před Einsteinem, tak jakto, že je za objevitele speciální teorie relativity považován Einstein, a ne Lorentz či Poincaré?

Rozdíl je v interpretaci právě těch souřadnic. Lorentz i Poincaré považovali za pravé (skutečné) pouze souřadnice získané na základě Galileiho transformace. Podle této transformace mají elektromagnetické vlny, tudíž i světlo, rychlost c pouze v soustavě stojící vůči éteru. V soustavě pohybující se vůči té první rychlostí v se pak světlo šíří rychlostí $c+v$, nikoliv rychlostí c . To, že je experimentálně změřena rychlost šíření světla jakožto c nezávisle na pohybu soustavy, bylo Lorentzem a Poincarem chápáno ne jakožto prvotní vlastnost světla, ale jakožto jakési nedopatření působené těmi Fitzgeraldovými kontrakcemi. Maxwellovy rovnice měly v pohybujících se soustavách jinou formu, než ve stojící soustavě, což bylo v rámci Lorentzova a Poincareho paradigmatu naprosto v pořádku. Lorentzově transformaci, která na rozdíl od Galileiho ponechávala Maxwellovy rovnice invariantní, byl přisuzován význam pouhého matematického kuchtění, na základě kterého lze získat jakési fiktivní souřadnice, ve kterých jakousi náhodou vypadá dynamika stejně, jako v těch originálních, skutečných souřadnicích.

Staré paradigma ale začínalo povážlivě erodovat právě s postupně se kupícími se vzorečky, které postupně modifikovaly původní Newtonovu mechaniku do dnešní relativistické dynamiky. Do roku 1904 už vlastně chyběl jeden jediný čistě Einsteinův relativistický vztah $E=mc^2$ (E rovná se m cé na druhou). Spousta fyziků aktivně přispívala ke vzniku relativistické dynamiky, o které se psala spousta článků a knih. Dlužno ale také dodat, že kromě těchto relativistických vztahů, které používáme dodnes, vznikalo také spousta knih pojednávajících a vypočítávajících všemožné vlastnosti éteru, jako např. jeho pružnost, napětí, atd.. Tak z těchto článků a knih se dnes oprávněně nepoužívá vůbec nic.

Einstein přišel s tím, že přeformuloval celou v té době už vzniklou relativistickou dynamiku tak, že stála na dvoujednoduchých postulátech: postulátu, že světlo se pohybuje ve všech inerciálních soustavách toutéž rychlostí c , a na postulátu, že všechny fyzikální zákony mají stejnou formu ve všech inerciálních soustavách.

Říká se, že ďábel se skrývá v detailu, a v případě Einsteinových postulátů to platí vrchovatě. Stačí když si uvědomíme, že předpoklad, že fyzikální zákony mají stejnou formu ve všech inerciálních soustavách, byl formulován už nedlouho po Newtonovi. Mezi inerciálními soustavami se přecházelo Galileiho transformací (všimněme si mimochodem, že Einsteinovy postuláty nic explicitního o tom jaká transformace má být užitá, neříkají). Newtonova mechanika byla invariantní už dlouho. Problém vznikl až později s Maxwellovou dynamikou, která vůči Galileiho transformaci invariantní nebyla. Také to, že rychlost světla vycházela stejná ve všech inerciálních soustavách byl v té době dlouho známý experimentální fakt, takže v čem vlastně vězela Einsteinova genialita?

Vězela právě v tom detailu. Invariance vůči Galileiho transformaci byla dlouho známa, nicméně právě použitím této transformace vycházela rychlost světla různá v různých inerciálních soustavách. To, že rychlost světla vycházela stejná, bylo už také léta známo, ale tato skutečnost se chápala jakožto jakýsi zlomyslný vedlejší efekt kontrakcí. A celá do té doby velice složitě a pomalu se rodící relativistická dynamika byla až po uši ponořená v tisících stránkách pojednávajících o vlastnostech éteru. Éteru, který vlastně nikdo nemohl díky mnohem různým zlomyslnostem změřit, což ale nebránilo tomu, aby se o něm psaly stohy odborných pojednání.

Einsteinova genialita byla právě v tom, že ukázal, že celá ta složitá mašinerie okolo éteru je naprosto zbytečná. Kolikrát se mylně říká, že Einstein vyvrátil existenci éteru. Není to pravda, Einstein hypotézu éteru ve své teorii prostě nepoužil, byla nepotřebná. Vzal dva v té době už svým způsobem a s výhradami akceptovatelné fenomény - konstantní rychlost světla a invarianci fyzikálních zákonů - a ukázal, vezmou-li se tyto dva fenomény jako prostá afkta a bez výhrad (tj. ne jako jenom jakási náhodná shoda ve vhodně zvolených fiktivních souřadnicích, ale jakožto platné bez výhrad v reálných souřadnicích), tak lze získat všechny do té doby velice pracně získané relativistické vztahy. To vše na pár desítkách stránkách papíru. A jako řešničku na dortu poslal do redakce dodatečné rozšíření jeho článku obsahující jeho rovnici $E=mc^2$ - kterou nikdo před ním neodvodil.

Ukázalo se, že **správná interpretace pouhých dvou jednoduchých postulátů** měla neuvěřitelné konsekvence - **na několika stránkách z nich byla odvozena Lorentzova transformace**, bylo ukázáno, že právě Lorentzova, a nikoliv Galileiho transformace, udává ty skutečné souřadnice, které udávají vztah mezi inerciálními soustavami, získaly se všechny relativistické dynamické vztahy včetně vztahu pro závislost hmotnosti částice na jeho rychlosti (a odtud nemožnost urychlit podsvětelně se pohybující hmotné těleso dodáním konečné energie na rychlost světla), a také se získal světoznámý vztah $E=mc^2$. Ten byl o pár desetiletí později tragicky využit v atomové bombě, později ale také k mírovému využití v jaderných reaktorech - ale to už je úplně jiný příběh.

-

Z tohto príspevku by mohol byť aj samostatný článok.

Děkuji Pavlu Brožovi

[Ota Beran](#) 06.10.2011 v 11:09

za to, že mi pomohl po létech osvěžit dávno zapomenuté souvislosti vývoje fyziky. Je to moc pěkně a srozumitelně napsané i pro fyzikálního analfabeta jako jsem já.

[Jiří Havránek](#) 06.10.2011 v 23:04

podle nějakých diskusí dokonce i vztah $E=mc^2$ byl odvozen někým před Einsteinem. Podrobnosti toho tvrzení si nepamatuji.

Velmi zajímavé vysvětlení.

[Karel Rabl](#) 05.10.2011 v 17:50

Omlouvám se, jsem jen laik.

Ale tohle mě zajímá i když mám pořád pocit, že něco v té hmotě chybí, možná je to ta temná hmota.

[Odpověď](#)

Doplnění k vědecké hypotéze

[Jan Turoň](#) 05.10.2011 v 14:19

(doufám, že se toto zobrazí jako odpověď panu Wagnerovi na příspěvek "Co je to vědecká hypotéza" - jinak se omlouvám)
Souhlasím - ověřitelná nebo vyloučitelná předpověď je ale jen taková, která je jednoznačná a

opřená o dříve dokázané věci. Nevím však, o co se opírá kupříkladu tvrzení "Ked' však má fyzikálna veličina imaginárnu hodnotu nemôžeme ju v našom svete pozorovať.". Proč bychom nemohli? K odpovědi je třeba definovat pojem imaginární hmotnosti - modelem či efektem (fenomémem) - nestačí, že to pasuje do nějaké rovnice, fyzika přece není matematika. Ten efekt nemůže být nadsvětelná rychlost - to by byl důkaz kruhem. Navíc nabývám dojmu, že Petrovo tvrzení je také založeno na dvojznačnosti slova "reálné": v matematickém smyslu "neimaginární" a ve fyzikálním smyslu "skutečně existující" - to jsou přeci dva zcela odlišné pojmy.

Nesouhlasím, že nenalezení takových částic hypotézu vyvrací - je přeci možné, že jsme jen špatně hledali. (Samozřejmě, pokud se budou pohybovat jinak, je to vyvrácení mimo vši pochybnost.) Nezdá se mi postup, kde by se matematické rovnici dávala fyzikální interpretace: všechny příklady, co znám, dávají fyzikálnímu fenoménu matematickou interpretaci, nikdy ne naopak. Jako fyzik ale určitě takové příklady znáte - mohl byste mě na ně odkázat? Někde jsem četl zmínky (ale ne z odborného zdroje), které tvrdí, že sama STR je ten případ.

[Odpověď](#)

Hypotéza

[Vladimír Wagner](#) 05.10.2011 v 22:36

Vážený pane Turoni. Hypotéza nesmí odporovat věcem které se pozorovaly před tím, ale může to být klidně i něco úplně nového. Navíc "meta- relativita" (není to teorie vymyšlená Peterem Kluvánkem, takže možná by bylo dobré, kdybyste nahlédl do odkazovaného článku v Physics Today) není nic nového a jednoznačná a je opřená o dříve dokázané věci :-). Speciální teorie relativity je dříve dokázaná věc a tedy i Lorentzova transformace a daná rovnice popisující vztah mezi energií a rychlostí. V principu předkládaná tachyonová hypotéza pouze interpretuje řešení této rovnice, která jsou pro záporná čísla pod odmocninou.

Abych předešel nedorozumění, poznamenávám, že věc je složitější a "meta- relativita" nevystačí jen s tím.

Jestli je hypotéza správná a i tato řešení popisují reálný svět, musí prokázat experiment. Ten buď hypotézu potvrdí nebo vyloučí. Pokud se žádné částice, které by odpovídaly této hypotéze nenajdou, tak prostě zůstane pouze v oblasti hypotéz. Podobné to bylo i s předpovědí samotného neutrina Paulim. Dokud nebylo detekováno, tak byla hypotéza o jeho existenci pouze hypotézou. Příklad s předpovědí antičástic, které bylo hypotézou interpretující záporná řešení Dirackovy rovnice, jsem už zde referoval.

Hypoteza odpovedi :-)

[Marek Fucila](#) 06.10.2011 v 00:25

Pan Turon a dalsi, co sa Vam nedari odpovedat na zamyslane prispevky.

Podľa mňa je problém čisto v prihlásení sa do diskusie. Ak nie ste na oslovi prihlásení, tak kliknutím na "Odpovedeť" sa Vám zobrazí vyzva na prihlásenie, a potom už formulár na odpoveď. Tento formulár už ale nedostane informáciu o tom, na ktorý príspevok ste zamysľali reagovať, a preto sa Vaša odpoveď zobrazí ako najnovšia, mimo zelaňého príspevku.

Všetko čo treba urobiť je kliknúť na príslušné "Odpovedeť" aj druhý krát, po prihlásení. Až potom písať svoju odpoveď.

V prípade písania odpovede si môžete skontrolovať, či sa po odoslaní táto správne zaradí jednoducho tak, že nad formulárom bude uvedené:

"Odpovědět na příspěvek

od: {autor} nadpis: {nadpis}". Ak je tam len "Přidat příspěvek do diskuse", treba opäť kliknúť na príslušné "Odpovědět".

Toto správanie už z princípu nemá nič spoločné s prehliadacmi, ale keďže ja som doteraz písal len cez Chrome, túto hypotézu si práve overujem cez Explorer.

Správnym zaradením tohto príspevku sa táto odpoveď stane teóriou, ktorú ešte stále možno vyvrátiť, ak to nepojde napríklad cez Firefox. :-) Inak si myslím, že Vaša polemika o tom, či je nejaká matematická myšlienka hypotézou vhodnou pre fyziku, pokiaľ sa jej prínos (zatiaľ) neopiera o pozorovanie, nemá v princípe riešenie. Každý používa inú definíciu fyzikálnej hypotézy. Oboja majú v obhajobe pravdu. Z časového hľadiska všetky nové teórie v pojmoch pána Wagnera sa stavajú hypotézami pána Turona. :-) Osobne sa mi vidí praktickejšie mať "naskok" aj za cenu toho, že sa potom nejaký teoretický fyzik možno zbytočne zaoberá niečím, čo je mimo hmotnej reality.

PS: Este je možná jedna možnosť, ako sa príspevok nedostane kam bol určený, a sice ak ho človek píše dlhšie ako je stanovený limit servera pre odhlásenie kvôli nečinnosti. Ak píšete príspevok dlho, server nevie, či ste ešte pri počítači. Po odoslaní pravdepodobne bude vyžadovať opätovné prihlásenie a sú 3 možnosti, čo sa môže stať: 1. všetko bude OK, 2. príspevok skončí nesprávne zaradený, 3. o svoj príspevok pridete. :-) Skúsam odoslať...

usudzoval by som

[Maroš Štulajter](#) 04.10.2011 v 23:07

s toho, že v tej dobe vedeli rozoznať iba elmg. žiarenie (svetlo) reprezentované fotónom, ktorý je vlastne výsledkom pôsobenia elmg. síl. kritizoval to aj Nikola Tesla, tiež bol toho názoru, že "c" by nemusela byť konečná rýchlosť, lebo nezohľadňuje neutrálne častice, ktoré sa nerozpadajú. Neutrína sú inej povahy ako fotóny, hlavný rozdiel je v tom, že nereagujú s el. nábojom a preto sú ťažko identifikovateľné.

[Odpovědět](#)

s čoho usudzujem

[Maroš Štulajter](#) 04.10.2011 v 22:51

že by mala platiť iba pre častice el. nabité, presnejšie len pre leptony ktoré majú náboj lebo ostatné sa rozpadajú fakticky ostáva nám len elektrón, ten pri vyšších energiách vyžaruje synchrotrónne žiarenie, a tak sa bráni dosiahnúť "c". v dobe einsteina sa nevedelo o leptone ktorý by bol neutrálny. ja som hovoril o leptone nie o hadrone keďže vieme neutrálne hadróny sú poskladané s kvarkov ktoré majú el. náboj. pri neutrínach je to podstatne iné, tiež sú leptóny s podstatne menšou hmotnosťou a hlavne im chýba el. náboj čiže nemôžu interagovať s elmg. silami. interagujú len so slabimi silami vnútri hadrónu, tzn. že ich identifikácia je veľmi ťažká. preto ich einstein nemohol zapracovať do jeho str. nakoniec aj samotné odvodenie "c" je odvodené od el. hodnôt vákua. pri neutrínach je zaujímavá aj antičastica ktorá tiež prechádza hmotou len produkt jej interakcie je opačný.

[Odpoveď](#)

Re:

[Vít Výmola](#) 05.10.2011 v 20:26

Ale Einstein nemusel nijak do STR zapracovávať neutrálne leptony, i kdyby už v té době byly známy. Teorie relativity nemá nic společného s elmag interakcemi, nemá nic společného s podstatou částic. Pracuje s hmotou jako takovou. Omezení na rychlosti menší než c opět nijak nesouvisí s interakcemi, vychází z něčeho úplně jiného.

toto není hypotéza

[Jan Turoň](#) 04.10.2011 v 16:14

Pane Wagnere, nesouhlasím, že se jedná o hypotézu. Mohu kupříkladu tvrdit, že částice mohou letět rychleji než světlo díky kouzlu. Není to hypotéza, dokud nevysvětlím, co mám tím kouzlem na mysli. Stejnětak Petr nevysvětluje, co je to imaginární hmotnost. Každá hypotéza by proto měla být ucelená, souhlasíte?

Fyzika se liší od matematiky tím, že operuje s reálnými fenomény. Hmotnost lze definovat třeba fenoménem gravitačního působení na okolí (A) nebo tlakem na podložku váhy (B). Definice B tvrdí, že vodík má zápornou hmotnost. Mohu to prakticky využít: protože $F=m \cdot g$, mohu vypočítat antigravitační sílu vodíkového balónu. Z definice A dostanu vždy kladnou hmotnost (vodíkové hvězdy planety vždy přitahují) a pro balónové létání bych musel vymyslet jiný teoretický model (třeba Archimedův zákon). Oba modely by ale popisovaly totéž: fenomén reálného světa.

Petr se pohybuje v říši matematiky, která se neopírá o fenomény, jinými slovy nemá s realitou nic společného, jinými slovy je z říše pohádek.

Jako laika mě (především z gnoseologického hlediska) pozadí výzkumu u Diracovy rovnice a záporné energie velmi zajímá. Nepsal jste o tom někde ve svých popularizačních člancích?

Odpověď

-

ZZ 04.10.2011 v 17:05

Petr nevysvětluje, co je to imaginární hmotnost.

To nemusí, išlo o imaginárnu kludovú hmotnosť a hypotetický tachyón by v klude, podľa tej hypotézy, nikdy byť nemohol. Rovnako je hypotetická nulová kludová hmotnosť fotónu - tú tiež nikto neodmerá. Podľa tej hypotézy by bola hmotnosť (pohybujúceho sa) tachyónu reálna kladná (E/c).

Co je vědecká hypotéza

Vladimír Wagner 04.10.2011 v 21:09

Vážený pane Turoni, jak definujete pojem hypotéza. Ovšem vědecká hypotéza je vědecký předpoklad, jehož platnost teprve potřebuje ověřit. Nutnou podmínkou u ní je, že musí hypotéza dávat předpovědi, které jsou ověřitelné nebo vyloučitelné.

A hypotéza o meta-relativity je opravdu typická hypotéza. Předpovídá existenci částic, které se pohybují rychlostí větší než je rychlost světla ve vakuu, a navíc dokonce předpovídá, jak bude vypadat pohybové rovnice pro takové částice. Hypotézu lze potvrdit tak, že se najdou částice rychlejší než světlo a budou se pohybovat podle uváděných rovnic. Vyvrátit tak, že se žádné částice rychlejší než světlo nenajdou nebo že se budou pohybovat jinak.

Hypotéza pochopitelně (a týká se to i potvrzené teorie) nemusí vysvětlit vše. V hypotéze "meta-relativity se vysvětluje, že imaginární hmotnost v dané rovnici je spojená s nadsvětelnými částicemi a reálná s podsvětelnými.

Teorie "meta-relativity" předpovídá "reálné" fenomény (nevíme jestli existují) a dává matematickým rovnicím fyzikální interpretaci.

O Diracově rovnici a historii předpovědi a objevu antičástic přednáším studentům, psát jsem o tom speciálně nepsal, ale možná že bych v budoucnu nějaký takový historický článek mohl napsat

imaginarne cisla

peter hrasko 04.10.2011 v 15:15

Mňa by aj tak zaujímal nejaký laicky pochopiteľný geometrický model popisujúci princíp imaginárnych čísel.

Už dávnejšie som čítal Penroseho road to reality a on sa tam vyjadril že komplexné čísla sú niečo čomu nikto nerozumie. Je to naozaj pravda?

Odpoveď

Peter Mak 04.10.2011 v 19:31

Možno celý problém z vulgarizujem ale podľa mňa ide o niečo podobné ako v nasledujúcom prípade:

Bača má 10 oviec. Susedovi ich predá 11. Nie je to divné lebo do zmluvy napíšu, že posledných 5 dodá až na jar.

Žiadna záporná ovca neexistuje ale na dlhy sme si privykli. Záporné čísla nás nefascinujú tak ako imaginárne. Pritom sa jedná rovnako len o užitočnú myšlienkovú konštrukciu.

Byla to nadsázka

Pavel Brož 04.10.2011 v 19:36

Komplexní čísla využívajú matematici, fyzici, inžinieri atd. už niekoľko storočí, vyučujú sa i na stredných školách, tvorí samozrejmu náplň štúdia matematiky na vysokých školách pre mnoho rôznych odborov, takže by bolo nereálne očakávať, že jim nikdo nerozumí.

Na druhú stranu je otázka, kto to hovorí. Asi každý z nás si myslí, že vie, čo sú to prirodzené čísla. Ale ak by nejaký matematik, špecialista na teóriu čísel, povedal analogicky ako Penrose, že prirodzeným číslom nikdo nerozumí, mal by svojím spôsobom samozrejme pravdu. Existuje dodnes obrovské množstvo nezodpovedaných vlastností prirodzených čísel (napr. len prvočísel), a jejich vzťah k iným dôležitým oblastiam matematiky. Napr. dôkaz veľkej Fermatovej vety, ktorá je výrokem len o prirodzených číslach, trval pres dve storočia a zabral pres dve storočia veľmi hutnej a ťažkej matematiky.

ako by asi vyzerala einsteinová teória relativity

Maroš Štulajter 04.10.2011 v 12:37

keby poznal neutrína. v tej dobe o nich netušil. neutrína vznikajú pri beta rozpade a pôsobia iba na slabé interakcie, nemajú el. náboj tzn. nevieme ich priamo identifikovať. tu je asi kameň úrazu pri definícii t.r. einsteinom. einsteinová teória podľa posledných zistení by mohla platiť len pre častice ktoré majú el. náboj. po takej dlhej dobe keď poznáme hmotu oveľa lepšie tak by aj t. r. mohla byť doplnená. z grafou pre čas extrakcie neutrín nie je mi celkom dobre známe odkiaľ sa odoberá začiatok impulzu, či z dopadu protónov na terčik alebo detekciou neutrín

[Odpoveď](#)

Myslím, že by vypadala stejně

[Vladimír Wagner](#) 04.10.2011 v 21:24

Z čeho usuzujete, že by speciální teorie relativity platila pouze pro elektricky nabitě částice? Je dobře potvrzená i pro částice elektricky neutrální.

Ještě jeden dodatek k této tachyonové teorii

[Vladimír Wagner](#) 04.10.2011 v 08:23

Obrázek 1, který ukazuje Peter Kluvánek, je trochu zavádějící (je však správný). Má pravou a levou stranu symetrickou. To je ovšem dáno čistě tím, kde Peter na pravé straně závislost uřízl. Na levé straně je omezení nulou, ale na pravé se může táhnout do nekonečna. To vede k tomu, že pro velmi vysoké rychlosti přesahující dvojnásobek rychlosti světla můžeme při daším ubírání energie dostat energie menší než energie klidová (alespoň vzpomínaná závislost to dovoluje) až téměř k nule. I to je jeden z řady problémů, které by se musely v této teorii řešit.

[Odpoveď](#)

[Dagmar Gregorova](#) 04.10.2011 v 09:32

:)

Myslím, že nemá velký smysl dohledávat nepřesnosti a neúplnosti na článku Petra Kluvánka. Je to rozumně napsaný článek o tom, že teorie umožňuje dostatečně odvážným fyzikům uvažovat i o zatím hypotetických částicích, rychlejších než světlo - a také se zabývá oblasti okolo této magické limity. Nejde napsat vše v relativně krátkém popularizačním článku, kde

autor musí uvažovat na jaké úrovni je nutné začít vysvětlovat odborníkovi pojmy jasné a samozřejmé. Myslím si, že dobrým, promyšleným způsobem přibližuje lidem, kteří jsou sice odborníci, ale v jiném oboru, než fyzikálním (kde jsou laiky) "vo co go", tedy aby alespoň měli "tušáka", že existují tachyony a o co jde. Takovým lidem - a těch je mezi čtenáři nejvíce - dodatky již máloco řeknou a diskuze pak oslovuje hlavně autora a několik nadšenců. Mně samotné tento článek hodně napověděl.

Jistě není lehké psát o něčem, co je čistě teoretické, manipuluje "to" s imaginárními hodnotami a je děsně kontraintuitivní, co se běžného života týče. Vždyť pro nás laiky je otázkou, jako vůbec registrovat tachyon, letící rychleji, jako případná informace o něm. Bezpochyby by to chtělo "upgrade" i v souvislosti s výsledky OPERY. Ale napsané srozumitelně i pro "laiky". Takže to, fyzikové, berte jako výzvu... :) :)

Ta upřesnění jsou ale naprosto legitimní

[Pavel Brož](#) 04.10.2011 v 11:40

Myslím, že je naprosto legitimní, přinést v diskuzi upřesňující informace. Od toho ty diskuze jsou, aby bylo možno dovysvětlit, upřesnit či přímo opravit dílčí tvrzení v článku. I když ten článek je dobrý, tak bohužel jeho uvedení v kontextu s posledními neutrinovými experimenty může hodně mást.

Mimochodem, úplně stejně může mást ta příšerná reklama na tu knihu Energie tachyonu, uvedená pod tímto článkem. Nemálo čtenářů si může myslet, že je to nějaká odborná či popularizační kniha o částicové fyzice. Kdepak, je to naprostý blábol. Už jsem se o tom bavil s Josefem, bohužel ty reklamy tam cpe příslušný inzertní systém a není možné do toho jednoduše šáhnout a vysmahnout to pryč.

Článek Petera Kluvánka není špatný, ale v kontextu posledních objevů může mnohé čtenáře poněkud zmást. Proto naprosto souhlasím s tím, že dílčí informace byli Vladimírem Wagnerem doupřesněny.

Smysl diskuze pod článkem

[Vladimír Wagner](#) 04.10.2011 v 22:37

Je několik oblastí, kde může být diskuze přínosem. Je možné doplnit informace v článku. Upřesnit něco, co autor za příliš důležité nepovažuje, ale jiní mohou. Druhou oblastí je možnost dotazu do fóra či k autorovi o problému, který je s tématem spojen. Je jasné, že se lidé budou různit v pohledu, jak důležité jsou upřesnění, doplnění či dotazy. Nevidím však důvod, proč by se na to měla dělat "nějaká autocenzura" a propouštět jen to, co by mohli považovat za důležité všichni (jak to poznat?). Diskuzi nemusí číst, každý, takže nemusí vadit i rozbor detailů.

Tím se dostávám k třetí oblasti, kterou v diskuzi považuji za pozitivní. A to je možnost autora se poučit, kde by se příště mohl vyhnout nepřesnostem či ještě srozumitelněji předložit své

myšlenky čtenáři. Ve vlastním článku člověk často přehlédne to, co druhý jasně uvidí. Pro mě je pak pro další psaní diskuze pod články velkým přínosem. Proto prosím, pod mými články určitě pište všechny poznámky, třeba i k "drobným" nepřesnostem a místům, které mohou být zavádějící.

Pokud je diskusní příspěvek slušný, bez invektiv a k věci, tak je vždy přínosem.

Peter popisuje pouze jednu tachyonovou teorii

[Vladimír Wagner](#) 03.10.2011 v 22:31

Možná, že došlo k nedorozumění. Nemám nic proti článku. Považoval jsem a považuji za nutné pouze vysvětlit několik hodně podstatnou věc, která může být pro fyziky neznalého čtenáře dost zavádějící. Článek redakce uveřejnila v souvislosti s posledním experimentem OPERA a jeho výsledkem. Takže neznalý čtenář může nabýt nesprávného dojmu, že by třeba tachyony popsané v článku mohly výsledek tohoto experimentu vysvětlit a popsat. To ovšem nemohou. To, co Peter Kluvánek osvětluje, nejsou tachyony a tachyonové teorie obecně, ale pouze teorie "meta-relativity", která předpokládá, že pohyb tachyonů (jen v této teorii, tedy jednoho vybraného druhu ne obecně) lze popsat stejnou rovnicí jako pohyb "podsvětelných" částic. Jen se zavede popis jejich hmotnosti pomocí hmotnosti imaginární. V tomto případě však je křivka závislosti energie na rychlosti pouze zrcadlově převrácená a přibližuje se shora k rychlosti světla úplně stejným způsobem jako závislost podsvětelných částic zdola. A to u známé limity na velikost hmotnosti neutrina vede k tomu, že se u 30 GeV neutrin (v podstatě u všech neutrin s takovou energií, abychom je dokázali detekovat) jejich rychlost od rychlosti světla bude lišit o mnoho řádů méně než je výsledek OPERY. Proto nemůže být právě tato tachyonová teorie, kterou popisuje Peter, uplatněna pro tento případ. A musí se pro případné vysvětlení pozorování OPERY použít úplně jiná. Moje poznámka neměla být kritikou Petera, redakce či kohokoliv jiného, pouze chtěla osvětlit podle mě důležitou okolnost, kterou ani článek a ani redakce nevysvětlily.

[Odpověď](#)

Omluva

[Vladimír Wagner](#) 03.10.2011 v 22:38

Omlouvám se za špatné přiřazení, mělo jít o odpověď na poznámku Josefa Pazdery.

Souhlasím

[Pavel Brož](#) 03.10.2011 v 22:49

Myslím si, že je velice dobře, že toto bylo řečeno, protože hodně čtenářů by si opravdu chybně spojilo tento pět let starý článek s výsledky Opery (přiznám se, že i já jsem se po prvním rychlém čtení nejprve chytal za hlavu, teprve reakce Josefa mě přiměla přečíst si znovu tiráž článku, kterou jsem na první čtení přehlédl).

Ačkoliv se opravdu o tachyonech spekovalo v minulosti už vícekrát, tak pokud jsou současné výsledky z CERN správně, tak to znamená úplně odlišný vztah pro závislost energie na rychlosti, než může poskytnout standardní relativistický vztah, bez ohledu na to, jakým způsobem se rozhodneme interpretovat (či ignorovat) imaginární hodnoty z tohoto vztahu vyplývající.

[Gf Fs](#) 04.10.2011 v 00:25

Argument hmotnosti neutrina je velice dobrý, ovšem klasicky argument proti tehle konkrétní tachyonové teorii v případě neutrin je Čerenkovovo záření. Neutrino letící rychleji než světlo ve vakuu bude emitovat 1. foton, 2. pár neutrina-antineutrino, 3. pár elektron-positron. Nic takového žádný experiment nikdy nepozoroval. V případě experimentu OPERA je tenhle argument dotazeny do konce třeba tady:

<http://arxiv.org/abs/1109.6562v1>

Nemůže jít o Čerenkovovo záření

[Vladimír Wagner](#) 04.10.2011 v 08:08

V tomto případě nemůže jít o Čerenkovovo záření. Čerenkovovo záření mohou vyzařovat pouze nabitě částice. Kdyby neutrino vyzařovalo Čerenkovovo záření, tak by je pochopitelně vyzařovalo i při téměř každém pohybu libovolným materiálem (vždy je rychlejší než světlo v tomto materiálu). Proto je v tom odkazovaném článku řečeno "něco jako Čerenkovovo záření". I tato formulace je podle mého názoru velice nevhodná a zavádějící, a navíc zbytečná. V článku se pak v jiných místech referované záření označuje jako brzdné. I v tomto případě je toto označení zavádějící. Brzdné záření vzniká v případě, když nabitá částice (v tomto případě nemusí jít o elektrický náboj ale také třeba náboj silné interakce) je jinými náboji či poli ovlivněna a působí na ni zrychlení (zpomalení). Pak vyzařuje částice příslušného pole, tedy buď fotony nebo gluony. Pokud správně chápu článek, tak by se podle autorů mělo jednat o interakci elektroslabého pole ve vakuu se "slabým" nábojem neutrina a vyzařování neutrálních polních částic elektroslabé interakce, tedy fotonu nebo Z bosonu. Z boson se pak mění na pár neutrina a antineutrino nebo elektron a pozitron. Ale řekl bych, že to není proces, který by musel probíhat na základě standardního modelu. Jeho existence či neexistence je modelově závislá. Takže asi nemůže být důkazem nemožnosti jevu OPERY. Ale nejsem na takové teorii expert. V žádném případě však nejde o Čerenkovovo záření a už vůbec ne o "klasický" argument proti meta relativistické tachyonové povaze neutrina. Buď by

popsané záření existovalo a pak by byly vyloučeny všechny tachyonové teorie, nebo ne a pak nevyloučí žádnou.

preco trocharit

[Pavel Ondrejovic](#) 03.10.2011 v 22:16

Pri vhodne zavedenej komplexnej rychlosti a komplexnej kludovej hmotnosti, dostaneme realnu energiu tiez ;)

Pripadne staci sa naucit stuchat do gulecnikovej gule v imaginarnejsi ose a urychlime ju na rychlost $2c$ obidenim problemovej rychlosti " c " vrchom :)

Odpovedět

slabé odvozování

[Jan Turoň](#) 03.10.2011 v 21:29

Jaké opodstatnění má dogma "v reálnom svete sú prítomné len reálne čísla"? Imaginární čísla jsou konstrukt, který řeší problémy reálného světa (původně kubickou rovnicí). Obecně vytváříme konstrukty (např. sčítání, desítková soustava), abychom uměli popsat reálný svět. Je ale neprůkazné dělat to naopak - z konstruktů zkoumat reálný svět: z toho může vyplynout nejvýš hypotéza - aby se stala teorií, musíme na ní stejně aplikovat ten první přístup. Můžeme se opájet představami typu "obdélník s imaginární hranou má záporný obsah" - to ale nepopisuje žádný reálný problém, proto je toto tvrzení bezobsažné. Hypotézy lze tvořit jednodušeji: prostým plácáním do větru. Tedy pro termín "imaginární hmotnost" je nutné mít nějaké opodstatnění (například popsat hmotnost jako interakci s higgsovým bosonem pomocí rovnice, která by dávala imaginární řešení). Bez tohoto pozadí tedy článek pouze tvoří bezobsažné problémy místo aby REÁLNÉ problémy ŘEŠIL. Proto si myslím, že článek není popularizační, ale zavádějící: výsledkem může být pouze diletantská úvaha "ono se mi to nesmyslně vykrátí, takže to dává smysl". Nejprve je nutno vysvětlit, jaký REÁLNÝ fenomén zavádí pojmy "imaginární energie" a "imaginární klidová hmotnost" - pak teprve můžeme tyto fenomény zkoumat a zjišťovat, jestli i na ně platí STR.

Odpovedět

-

[ZZ](#) 03.10.2011 v 21:54

Tedy pro termín "imaginární hmotnost" je nutné mít nějaké opodstatnění (například popsat hmotnost jako interakci s higgsovým bosonem pomocí rovnice, která by dávala imaginární řešení)

No veď presne to je v článku spravené. Riešenie v množine reálnych čísel rovnice (1) pre $v < c$ a E :

Pre $v=0$

Pre $v=c$ platí $m_0=0$

Pre $v>c$ platí že m_0 je rýdzoimaginárne

Ak by ten hypotetický tachyón existoval, tak by bol pojem jeho klúdovej hmotnosti podobne nezmyselný ako pojem klúdovej hmotnosti fotónu - napriek tomu fotón existuje.

Nutnost fyzikální interpretace

[Vladimír Wagner](#) 03.10.2011 v 22:52

Pravdou je, že zdánlivě "nesmyslné" řešení fyzikální rovnice může dostat smysl jedině díky jeho nové fyzikální interpretaci. To je v daném případě předpověď tachyonu, který se přibližuje rychlosti světla z druhé strany. Jde o hypotézu. Teorii by se stala pouze, pokud by takové tachyony, které by šly touto rovnicí popsat, byly pozorovány.

Podobné nalezení nové fyzikální interpretace zdánlivě nesmyslného řešení (záporná energie jako řešení Dirackovy rovnice) vedlo k předpovědi antičástic a jejich pozdější objev změnil hypotézu na velice plodnou teorii.

doplnění, co je to vědecká hypotéza

[Jan Turoň](#) 05.10.2011 v 14:16

Souhlasím - ověřitelná nebo vyloučitelná předpověď je ale jen taková, která je jednoznačná a opřená o dříve dokázané věci. Nevím však, o co se opírá kupříkladu tvrzení "Kde však má fyzikální veličina imaginární hodnotu nemůžeme ji v našem světě pozorovat.". Proč bychom nemohli? K odpovědi je třeba definovat pojem imaginární hmotnosti - modelem či efektem (fenomémem) - nestačí, že to pasuje do nějaké rovnice, fyzika přece není matematika. Ten efekt nemůže být nadsvětelná rychlost - to by byl důkaz kruhem. Navíc nabývám dojmu, že Petrovo tvrzení je také založeno na dvojznačnosti slova "reálné": v matematickém smyslu "neimaginární" a ve fyzikálním smyslu "skutečně existující" - to jsou přeci dva zcela odlišné pojmy.

Nesouhlasím, že nenalezení takových částic hypotézu vyvrací - je přeci možné, že jsme jen špatně hledali. (Samozřejmě, pokud se budou pohybovat jinak, je to vyvrácení mimo vši pochybnost.) Nezdá se mi postup, kde by se matematické rovnici dávala fyzikální interpretace: všechny příklady, co znám, dávají fyzikálnímu fenoménu matematickou interpretaci, nikdy ne naopak. Jako fyzik ale určitě takové příklady znáte - mohl byste mě na

ně odkázat? Někde jsem četl zmínky (ale ne z odborného zdroje), které tvrdí, že sama STR je ten případ.

[ZZ](#) 03.10.2011 v 17:01

Keď už sa čaruje s komplexnými číslami, tak majú možno tachyóny reálnu hmotnosť, možno aj zápornú, a imaginárnu energiu. Alebo sú skoro celkom imaginárne, so slabými reálnymi zložkami v niektorých fyzikálnych veličinách.:-)

[Odpoveď](#)

Takové tachyony výsledok OPERY nevysvětlí

[Vladimír Wagner](#) 03.10.2011 v 16:03

Je však dobré říci, že tachyony popisované Petrem Kluvánkem nemohou výsledek experimentu OPERA v žádném případě vysvětlit. Popsaná teorie tachyonů vychází z toho, že i svět tachyonů je popsán uvedeným vztahem speciální teorie relativity mezi energií a rychlostí. Jen hmotnost je imaginární. Ovšem velikost hmotnosti a tedy i kvadrátu hmotnosti (ten by byl záporný) pro neutrino by musel být stejně malý jako pro neutrino netachyonová. Tedy třeba z rozpadu tritia by vycházelo, že velikost hmotnosti (imaginární) by byla menší než 2 eV. Připomínám, že rozdíly mezi hmotnostmi neutrin jsou menší než desetina eV. A při energii 30 GeV by tak rozdíl mezi rychlostmi neutrina a světla vypočtený z uvedené rovnice o velký počet řádů menší než pozoruje OPERA.

Jen pro zajímavost, právě záporná hodnota kvadrátu hmotnosti byla důvodem, proč polský fyzik Jakub Rembielinsky uvažoval s možností vysvětlit přebytek elektronů s maximální energií v rozpadu tritia pozorovaný v Heidelbergu i Troicku tím, že jsou neutrino tachyony (viz <http://hp.ujf.cas.cz/~wagner/popclan/neutrino/neutrino.html>).

Pro vysvětlení experimentu OPERA by byla potřeba úplně nová fyzika, ve které by se pohyb tachyonů v žádném případě nedal popsat speciální teorií relativity, Ani v případě interpretace imaginárních výsledků pro dané imaginární hodnoty odmocniny a hmotnosti

[Odpoveď](#)

článek není reakcí na výsledky exp. OPERA!

[Josef Pazdera](#) 03.10.2011 v 20:03

Článek Petra Kluvánka si vyžádala redakce protože jde o zajímavé a laikům srozumitelné vysvětlení co jsou tachyony. Jak je v článku dvakrát zmíněno, byl napsán v roce 2006 a tedy není reakcí ani možným vysvětlením nových výsledků experimentu OPERA.