Konečně jsem rozluštil „záhadu“, tj. v čem byl „zakopaný pes“ mezi tvrzením pana LUBOBa a mou interpretací LT, potažmo dilatací času.
(22.02.2014)

Verze LUBOBa :
t'(na rakete)=t(doma) * √(1-v^2/c^2)
LUBOB:

Verze JN, moje :
t'(na rakete)=t(doma) /√(1-v^2/c^2)

**.

Zdroj : http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/673-svetelne-hodiny-a-odvozeni-vztahu-pro-dilataci-casu

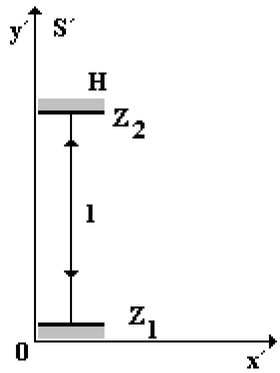
Hlavní strana » SPECIÁLNÍ TEORIE RELATIVITY » KINEMATIKA STR » Dilatace času » Světelné hodiny a odvození vztahu pro dilataci času
»

Světelné hodiny a odvození vztahu pro dilataci času

Dilatace času je jev, který se projevuje tím, že hodiny, které se pohybují (Říkejme soustava raketová .. **S_R ´** neboli soustava vagónu v pohybu) vzhledem k určité vztažné soustavě *S*, jdou pomaleji než hodiny, které jsou v soustavě *S* v klidu. (Soustavě **S_Z** říkejme soustava Země, domácí, základní, je to nádraží v klidu). I autor podlehl historickým zvyklostem lidí a popisuje „tok plynutí času“ jako *chod hodinek* a tedy při zpomalení času, že se prý zpomalily hodinky, že pomaleji jdou *ručičky hodinek*, a přitom je jasné, tj. mělo by být jasné, že zpomalil se „sám čas“, nikoliv mechanizmus hodinek. Výrokem : „hodiny jdou pomaleji“ se dozajista tu myslí, že „jde“ pomaleji čas soustavy v pohybu v porovnání s časem pozemským, který „jde“ rychleji.…proč ? Kdyby vagón na peróně stál, **onen děj** (přelet fotonu od zrcátka k druhému zrcátku a zpět) **by trval dobu stejnou i pro pozorovatele na peróně, i pro pozorovatele ve vagónu. = „jeden tik“ pozemský = etalon.**
(Bohužel písmenko „t“ nečárkované tu autor textu užívá pro soustavu čárkovanou S ´, a „t´ “ pro soustavu nečárkovanou S, tedy logicky obráceně, uvidíte to dále).
Pokud si toto uvědomíme, že doopravdy se mechanizmus hodinek nemění, ale mění se tempo plynutí času samotného, lze pak použít do výkladu přirovnání-metaforu s hodinkami, tj. použít, že *„hodinky“ jdou pomaleji*. Pro další úvahy je nutno zvolit „rozumný“ způsob měření času. Čas lze měřit libovolným periodickým dějem, který vhodným způsobem okalibrujeme. Jeden ze způsobů je použít tzv. **světelné hodiny**, s nimiž prováděl své

myšlenkové experimenty sám Einstein. Světelné hodiny ve skutečnosti neexistují, jedná se pouze o myšlenkový experiment, který je jednoduchý, ale pro pochopení základních úvah o měření času postačující.
Důležitý je pouze fakt, že světelné „hodiny" teoreticky měří čas. A prakticky měří interval času (interval = „tik" = sekunda) pro zvolený děj. O jejich konstrukci, použitý materiál, … se zajímat nebudeme.

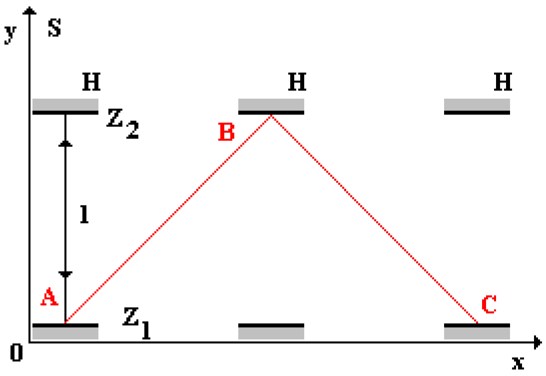
Světelné hodiny se skládají ze dvou vzájemně rovnoběžných rovinných zrcadel Z_1 a Z_2 ve vzájemné vzdálenosti *l*. Od těchto zrcadel necháme periodicky odrážet světelný paprsek (viz obr. 13). Máme tedy definované hodiny (co měří čas) a máme definovaný jeden jejich „tik" (perónový-pozemský „tik" jakožto praktický interval času = vteřina) bude čas, který paprsek potřebuje k překonání vzdálenosti $Z_1Z_2Z_1$. Tyto hodiny umístíme do soustavy S' a pro čas jednoho tiku („raketového" tiku, vagónového tiku) , který budeme („my"…Pozemšťan měřit ve vagóně ??? !!!) měřit v této soustavě vagónové, v raketové soustavě S´, dostaneme: $\Delta t' = \frac{2l}{c}$. Tato věta je nešikovně řečena. Nutno přísně poznamenat, že „tik" v soustavě v klidu na perónë jakožto **Δt = 2 l**/c je stejný jako „tik" v soustavě vagónové, který je také v klidu **Δt´ = 2 l/c** …; stále je vagón v klidu. (!) Teprve níže výklad „rozjede vagón" .



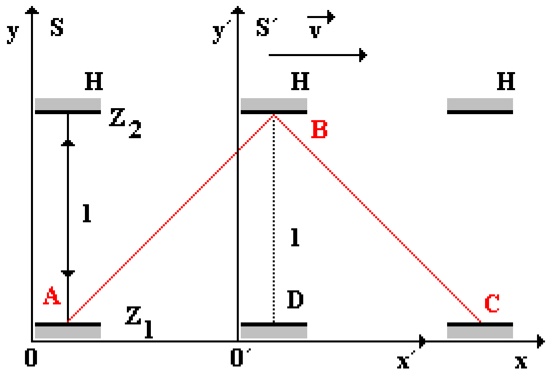
Obr. 13

Nyní budeme předpokládat, že se inerciální soustava S' pohybuje $\boxed{S´ = S´_R = S´_{raketa}}$ vzhledem k inerciální soustavě *S* rychlostí $\vec{v}$ $\boxed{S = S_D = S_{doma}}$, přičemž platí $v < c$. Takže teprve nyní se ve výkladu vagón (roz)pohybuje. Nyní my-pozemšťan v klidu $\boxed{S}$ naměříme (respektive vypozorujeme) u soustavy v pohybu $\boxed{S´}$, že stejný děj, jako byl v klidu, proběhl také ve vagóně (v raketě) v pohybu po delší dráze a tedy za delší dobu t´. V soustavě S' jsou umístěny světelné hodiny *H* tak, že jejich osa je kolmá k vektoru rychlosti $\vec{v}$. V obou soustavách jsou pozorovatelé P' a *P*, kteří měří čas na svých hodinách. Měří si každý „svůj vlastní čas", každý na svých hodinkách, ve vlastní soustavě, proto musí být **„t´ = t"**.
Měření času spočívá v odečítání vzdálenosti od spodního zrcátka Z_1.
Pozorovatel v soustavě S' Raketťan bude měřit „svůj" čas pomocí jednoho tiku - časového intervalu $\Delta t'$. Raketťan naměří ve vagóně *svůj vlastní čas* **Δt´** (Raketťan a vagón vůči sobě stojí) Pozorovatel v soustavě *S* Pozemšťan bude měřit čas pomocí „svého" tiku Δt. Pozemšťan naměří na perónë *svůj vlastní čas* **Δt** (Pozemšťan a perón vůči sobě stojí) (takže **Δt´ = Δt** pro Pozemšťana i pro Raketťana v jejich vlastních soustavách **se rovnají)** t = t´ je tedy interval-tik etalonový… pro raketťana i pozemšťana stejný (!) Vzhledem k pozorovateli v soustavě *S* Pozemšťanovi se ale za tuto dobu hodiny v pohybu posunou o vzdálenost $v.\Delta t$. O.K. … Raketťan v S´ anebo průvodčí ve vagónu žádný vodorovný posun ani svého vagónu ani zrcátek, nepozoruje. Světelný paprsek se mezi zrcátky v hodinách *H*

vzhledem k pozorovateli P' (tj. vzhledem k soustavě S') pohybuje ve směru osy světelných hodin (tj. kolmo na obě zrcátka) rychlostí o velikosti *c*. **Tohle je omyl.** Pozemšťan P z perónu nádraží pozoruje dvě události : i své hodinky v klidu na perónu, i hodinky ve vagónu v pohybu, čili obr. 15. Obojí pozoruje jeden pozorovatel P, tj. pouze Pozemšťan. Ve vagónu je jiný pozorovatel P´ a ten nepozoruje „svůj“ pohyb vůči vagónu, vůči „své“ vlastní soustavě. Takže pro Raketťana jeho hodinky jdou stejně rychle jako u Pozemšťana na perónu . Čas-„tik“ je pro oba **v jejich „vlastních“ soustavách** stejný. Vzhledem k soustavě *S* tj. vzhledem k Pozemšťanovi P se světelný signál pohybuje po lomené čáře *ABC* (viz obr. 14) také rychlostí o velikosti *c*. ano, lomenou čáru vidí-pozoruje pouze Pozemšťan P na perónu nádraží (sám je v klidu, **lomená čára není „ve vagónu“ pro Raketťana, ale „pro Pozemšťana“**) Velikost této rychlosti vyplývá z principu konstantní rychlosti světla. Čas, který světlo potřebuje na uražení dráhy *ABC*, je jeden tik pro pozorovatele *P*.



Obr. 14



Obr. 15

Vzhledem k tomu, že světelný paprsek má vzhledem k soustavě *S* urazit větší dráhu než vzhledem k soustavě S', musí být $\Delta t > \Delta t'$. Interval **Δt je čas-doba,** kterou naměří-vypozoruje Pozemšťan, „pro raketu“, ..kterou potřebuje světlo na pohyb mezi zrcátky „na raketě“.. Pozemšťan zjistí, že takový interval „vládne na raketě“, .. že takový je potřeba na stejný děj „tam na tělese“ jako na Zemi. Ale : Pozemšťan „**pozoruje**“, doma, že interval „ve vagóně“ pro stejný pozemský děj je delší ! (ve vagóně, nikoliv na peróně). To znamená, že **Δt je „raketový čas, raketový interval“** na stejný děj jako na Zemi. Čili „podle“ pozemského etalonu-tiku je měřen „interval“ na raketě…a ten je delší. Doba-čas na stejný děj pozemský je na raketě delší. Čili interval „vteřina“ pozemská je na raketě „jinou vteřinou“, proto zde označení ve výkladu musí být jiné : **Δt - interval na Raketě ; Δt´ - interval na Zemi ..**protože je stejný s etalonem pozemským. Měli bychom ve výkladu považovat soustavu S za „raketovou“ a a soustavu S´za pozemskou.
$\boxed{\Delta t > \Delta t'}$. Paradoxně Raketťan ve vagóně, ve své vlastní soustavě, měří Δt ´ !!!! jako Pozemšťan v klidu, ve své vlastní soustavě, taky Δt ´.

RESUMÉ : Pro pozorovatele v soustavě v klidu S platí, že „pozoruje“ !!!! „na tělese v pohybu“ časový interval etalonový jako delší než na Zemi, ač „ve vlastní soustavě“ tělesa v pohybu je etalonový interval nezměněn. Kvantitativní vztahy mezi oběma intervaly odvodíme nyní.

Z hlediska soustavy S' se dostane světelný paprsek za dobu $\frac{\Delta t'}{2}$ na horní zrcátko Z_2. ??

Z hlediska soustavy *S* se světelný paprsek dostane za čas $\frac{\Delta t}{2}$ také na zrcátko Z_2, ?? ale světlo při tom urazí jinou (delší) dráhu. Vzhledem k soustavě *S* se totiž zatím hodiny posunuly o dráhu $v.\Delta t$. Vztah mezi časovým intervalem Δt a $\Delta t'$ získáme na základě Pythagorovy věty v pravoúhlém trojúhelníku *ABD* na obr. 15. Platí: $|AB|^2 = |AD|^2 + |DB|^2$, což po dosazení je $\left(c\frac{\Delta t}{2}\right)^2 = \left(v\frac{\Delta t}{2}\right)^2 + l^2$

Zopakuji to :

$$\|AB\|^2 = \|AD\|^2 + \|DB\|^2$$

$$c^2.\Delta t^2 = v^2.\Delta t^2 + c^2.\Delta t'^2$$

$$c^2.\Delta t^2 - v^2.\Delta t^2 = c^2.\Delta t'^2$$

$$c^2 - v^2 = c^2.\frac{\Delta t'^2}{\Delta t^2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} = \frac{\Delta t}{\Delta t'}$$

$$\Delta t = \Delta t'.\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

kde ovšem bude znamenat, že :

Δt bude interval „raketový“ (pozorovaný ze Země) a **Δt** ´- interval pozemského etalonu = vteřina (pozorovaný v raketě Raketťanem, i na Zemi Pozemšťanem). Zpomalení času „na raketě“ očima Pozemšťana (nikoliv očima Raketťana) znamená pozorované (vypočítané) „prodloužení“ etalonového intervalu a…a protože takové prodloužení se „ve vlastní soustavě rakety“ nepozoruje, znamená to, že došlo k pootočení soustavy S – domácí vůči soustavě S´ tělesa v pohybu. Pozorovatel v soustavě v klidu “““pozoruje“““, tj. snímá z tělesa v pohybu (např. rudým posuvem ve spektrech) pootočený interval časový ze soustavy rakety. Jakoby foton, který vyletí z rakety směrem k Zemi byl informátorem stavu rakety, a tedy jakoby foton „byl emitován“ raketou už v pootočeném soustavě jakou má sama ta raketa a po cestě domů, cestou domů, se už „fotonová soustava vlastní“ nepootáčí, zůstává v poloze pootočené (rudý posuv) jakou má emitent. Raketa když zrychluje, tak pootáčí „vlastní“ soustavu vůči „základní soustavě“ pasované do klidu. Tímto zrychlováním se **mění** dilatace času **„na raketě“** pozorovaná Pozemšťanem. Když provedeme tomu zrychlenému pohybu „stop-stav“, dostáváme pro těleso-raketu rovnoměrný pohyb nezrychlený a…a právě v tomto „stop-stavů lze provádět Lorentzovou transformaci, tj. zjišťovat dilataci času (respektive dilataci intervalu časového) konkrétní , pro konkrétní véé-rychlost. Při pohybu rovnoměrném je dilatace času konstantní, nezvětšuje se. Pominu-li „*jak, čím, pomocí čeho, atd.*“ raketa provede kdesi „tam-někde“ otočku, tak pak zpět při vracení se do základny na Zem, musí po rovnoměrném (při němž dilatace je, ta která narostla zrychleným pohybem „tam“,ale nemění se při pohybu zpět), tak musí raketa při návratu někde začít brzdit a tím pádem se ono pootočení její „vlastní soustavy“ vrací do původního natočení (po přistání shodné s domácí soustavou) a tím pádem dilatace času je opačná, tj. Raketťan urychleně stárne vůči Pozemšťanovi a dohání tím jeho stáří. Při dosedání rakety na Zem, bude Raketťan stejně starý jako Pozemšťan. Dilatace, (natahovaný interval času, natahovaný etalon), která rostla se zpět zase smršťovala do původní velikosti, na původní etalon.

. Odtud již snadno vyjádříme čas Δt: $\Delta t = \frac{2l}{c}\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$. Víme ale, že pro 1 tik měřený v soustavě S' platí $\Delta t' = \frac{2l}{c}$. Můžeme tedy dosadit a dostáváme $\Delta t = \Delta t'\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$. Vzhledem k tmou, že $v < c$, je i $\frac{v^2}{c^2} < 1$ a proto $0 < \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}} < 1$. Odtud již plyne, že $\Delta t > \Delta t'$. Jeden tik hodin v soustavě domácí, vůči níž jsou hodiny v klidu (soustava S') chyba trvá tedy kratší dobu než jeden tik hodin v soustavě, vůči níž se hodiny pohybují (soustava *S*). ?? Tj. z hlediska soustavy *S* se pohybující hodiny zpožďují (jeden tik trvá totiž delší dobu). Z hlediska soustavy v klidu S, v níž je pozorovatel také v klidu, oba (soustava i pozorovatel) jsou vzájemně v klidu, naměříme etalonový interval **Δt´** , pak tento pozorovatel „vypozoruje- naměří" u tělesa v pohybu jiný časový interval pro stejný děj. Interval je delší a proto říkáme, oprava : neříkáme, ale POZORUJEME !!!!!!!!, že „plynutí času je na tělese v pohybu pomalejší".

Poznámka :

Bohužel výklad původní autorův je trochu nevhodně proveden, čtenář bude zmaten opačným čárkováním soustav S-S´ a t´-t.

Δt - interval na Raketě – soustava S´ ; Δt´ - interval na Zemi – soustava S

$$\Delta t = \Delta t'.\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

při v → c=1 $\qquad \infty = 1.\frac{1}{\sqrt{1-\frac{1^2}{1^2}}}$ $\qquad$ raketový interval **Δt** se prodlužuji

při v → 0 $\qquad 1 = 1.\frac{1}{\sqrt{1-\frac{0^2}{1^2}}}$ $\qquad$ modrá jednička je „interval etalonový"

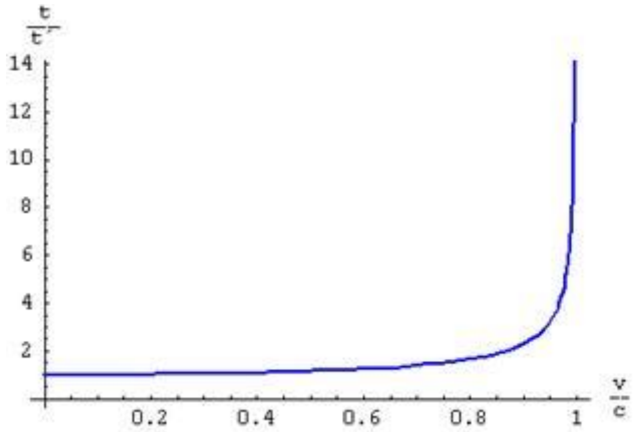
Analogický vztah platí i pro časy *t* a t': $t = t'\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$.

Čas t', který na svých hodinách měří pozorovatel, jenž je vůči hodinám v klidu, se nazývá **vlastní čas.** Ano, čas $\boxed{\mathbf{t'}}$ měří i Pozemšťan i Raketťan ve své vlastní soustavě. „t" je tu čas d i l a t o v a n ý….je to „natažený" interval soustavy v klidu. Natažený proto, že ho pozorovatel ze soustavy v klidu **pozoruje** jako pootočený , pozoruje soustavu pohybujícího se tělesa s natočeným intervalem. V literatuře bývá někdy značen τ.

V některé literatuře se používá označení $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$; tento koeficient se nazývá **Lorentzův koeficient**. Důvod zavedení tohoto označení spočívá ve zjednodušení zápisu většiny vztahů používaných ve speciální teorii relativity resp. vztahů, které z této teorie vyplývají. S využitím tohoto označení bude mít pak vztah pro dilataci času tvar: $t = t'\gamma$.

Grafické znázornění poměru $\frac{t}{t'}$ na velikosti rychlosti, kterou se hodiny vůči pozorovateli v klidu pohybují (resp. na poměru $\frac{v}{c}$), je zobrazen na obr. 16.

Pro malé velikosti rychlosti (tj. zhruba pro $\frac{v}{c} \in \langle 0; 0,2 \rangle$) nebude příliš velký rozdíl mezi časem, který měří pozorovatel, vůči němuž se hodiny pohybují, a vlastním časem. S rostoucí velikostí rychlostí se ale rozdíl mezi těmito časy začíná výrazně zvyšovat. Pro velikosti rychlostí blízké velikosti rychlosti světla ve vakuu roste čas měřený pozorovatelem, vůči němuž se hodiny pohybují, velmi prudce.



Obr. 16

Naprosto stejný závěr bychom dostali, kdybychom místo jedněch hodin vzali hodiny dvoje: hodiny *H* umístili do soustavy *S* a hodiny H' do soustavy S', přičemž soustava S' by se vzhledem k soustavě *S* pohybovala rychlostí $\vec{v}$.
Je možné tedy vyslovit závěr:

Hodiny, které se vzhledem k pozorovateli pohybují, jdou pomaleji než hodiny, které jsou vzhledem k pozorovateli v klidu.

Vztah pro dilataci času byl odvozen pro jeden výjimečně jednoduchý typ hodin. Platí ale pro libovolné hodiny jakékoliv jiné konstrukce a také pro všechny procesy, které jsou závislé na plynutí času (biologické, chemické, …).

Populárně se vztah pro dilataci času někdy formuluje větou: „Pohybující hodiny jdou pomaleji než hodiny v klidu.“ Takto vyslovený závěr dilatace čase ale nemá smysl, neboť není udána soustava, vůči níž čas měříme.

K dilataci času dochází při každém pohybu libovolných dvou soustav vůči sobě. Tedy i v případě běžných pohybů, s nimiž se setkáváme (cesta autem na chalupu, cesta autobusem do školy, …). V těchto případech je ale efekt způsobený dilatací času velmi malý. Běžné rychlosti, kterých jsme schopni dosáhnout, se pohybují v řádech jednotek až stovek metrů za sekundu ($100\ \mathrm{m.s^{-1}} = 360\ \mathrm{km.h^{-1}}$ - rychlost moderních vlaků, …), v letadlech pak s rychlostmi tisíce metrů za sekundu. Maximálně tedy velikost rychlosti v řádu $10^3\ \mathrm{m.s^{-1}}$. Velikost rychlosti

světla ve vakuu je $c = 3.10^8\ \mathrm{m.s^{-1}}$, tedy podíl $\left(\frac{v}{c}\right)^2$ vystupující ve většině vztahů v teorii relativity je řádu $\left(\frac{v}{c}\right)^2 = \left(\frac{10^3}{3.10^8}\right)^2 = \left(\frac{10^{-5}}{3}\right)^2 = \frac{10^{-10}}{9} \doteq 10^{-11}$. Tato hodnota je velmi malá a vzhledem k číslu 1 ve výrazu $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$ zcela zanedbatelná. Proto v běžném životě efekty teorie relativity nevnímáme.
Při vyšších rychlostech (řádově desítky procent rychlosti světla ve vakuu) efekty teorie relativity zanedbatelné nejsou - podíl $\left(\frac{v}{c}\right)^2$ se bude více blížit jedné a nebude proto vzhledem k číslu 1 zanedbatelný. Tyto efekty se musí brát v úvahu např. při stavbě urychlovačů částic, při používání systému GPS, …
JN, 22.02.2014
---.

Ještě visí v luftě druhý problém : zda doopravdy při paradoxu dvojčat to „raketové“ dvojče přiletí mladší, či ne. (toto rozřešení až příště) (v kombinaci s OTR to bude složitější)

Zdroj : http://krejcir.blog.idnes.cz/c/96445/Jak-je-to-vlastne-s-tim-paradoxem-dvojcat.html

Jak je to vlastně s tím paradoxem dvojčat?


http://www.physorg.com/news163738003.html

Žili byli dva bratři - Petr a Pavel. Byli jednovaječná dvojčata a až do svých 18 let vyrůstali oba spolu - takže byli oba pořád stejně staří.
Řeknete si: "Co je to za blbost, když se narodili ve stejný den, musí být pořád stejně staří, dokud jeden z nich neumře." Omyl! V osmnácti se Petr přihlásil do výpravy k hvězdě Proxima Centauri. Pavel zůstal na Zemi. Když se Petr vrátil domů, bylo mu 24 let, a s údivem zjistil, že Pavlovi už táhne na pětačtyřicet a má děti skoro stejně staré, jako je Petr.
Tak tuto pohádku nebo její variace vypravují fyzici již takových dobrých 60 nebo 70 let. Stal se z ní takový folklór, že odborné časopisy již odmítají články na podobné téma s tím, že celá aféra je již uzavřená, Petr byl náležitě poučen a vysvětlení akceptoval. Ještě, že máme blog.
To, že se účastník mezihvězdné výpravy vrátí domů mladší (pokud se tedy vůbec vrátí) se dnes ve vědě bere jako fakt tak hrubého zrna, jako že třeba zítra zase vyjde Slunce. Jenže

situace zdaleka není tak růžová, jak se nám to páni vědci snaží malovat. Podívejme se na to trochu hlouběji.

Z historie paradoxu

Krátce po zveřejnění Einsteinovy speciální teorie relativity přišli šťouralové s následujícím problémem. Pokud se jedna soustava pohybuje vůči druhé, pak pozorovatel v každé z těch soustav vidí, jak tomu druhém jdou hodiny pomaleji. Pokud se tedy dvě soustavy rozejdou a pak zase vrátí na jedno místo, čí hodiny budou ukazovat víc? Einstein tento problém postuloval jako "clock paradox", později byl přeformulován pomocí vesmírných cestovatelů a přejmenován na "twin paradox".
Tímto paradoxem chtěli vědci demonstrovat nekonzistentnost, a tedy neplatnost Speciální teorie relativity. Jenže relativisti nad nimi vyzráli, prohlásili, že prostě jeden z nich bude mladší a tím pádem se o žádný paradox nejedná. Tak zadání už máme a je prosté. Horší to je ale s řešením, to je pro fyziku učiněná noční můra - i když oni se tváří jako frajeři a dělají, že je to naprosto jasné. Pokud ale někdo tvrdí, že rozumí tomu, proč se cestující dvojče vrátí mladší, pak nad tím nejspíš ani nikdy nepřemýšlel.
Co se mi tedy na daném řešení nelíbí? Především to, že v podstatě neexistuje žádné řešení. Respektive neexistuje žádné jednotné řešení, existuje jich celá řada, a dá se říct, že jedno horší než druhé. Pojďme se podívat, jaké typy řešení rámcově existují. Tak především, co na to říkal sám Einstein? Těšíte se? Zbytečně, on o tom neříkal v podstatě nic. Aspoň byl férový, tvrdil, že je to zapeklitý problém a pokusil se najít nějaké rozuzlení pomocí jakési fiktivní gravitační síly. Očividně byl sám se svým řešením tak nespokojený, že ho ani nikdy formálně nesepsal a diskusi na toto téma se více méně vyhýbal.
To jeho následovníci již byli drzejší a vesele začali tvrdit prostému lidu, že je to jasné, až triviální, prostě ten, co cestuje, se vrátí mladší. Jenže ani přebujelé sebevědomí nezpůsobí, že se slova automatický změní v pravdu. Dodnes se páni fyzici například neshodnou v tom, zda k rozřešení paradoxu dvojčat je třeba obecná teorie relativity nebo ne. !!! V podstatě jsou rozděleni na dva tábory, jedni tvrdí, že ano, druzí, že ne. Zastánci řešení pomocí obecné teorie relativity tvrdí, že klíčovou roli hraje zrychlení, i zpomalení , říkám já ! tudíž je potřeba užít OTR. Naproti tomu odpůrci argumentují tím, že fáze zrychlování lze učinit libovolně krátká vzhledem k celkové délce letu, tudíž zanedbatelná. Na rozchod hodinek má skutečně vliv pouze doba, kdy se obě soustavy vůči sobě pohybují lineárně.
Další výklad je nutné revidovat, později →

Klasická argumentace symetrií

Takže, vědci to většinou radši moc nepitvají. Klasické vysvětlení je toto: Situace, kdy jeden letí ke vzdálené hvězdě, je nesymetrická. Jeden je stále v klidu, zatímco druhý zrychluje a zpomaluje (zastánci OTR) nebo že ten druhý musí někde během cesty "vyměnit inerciální vztažnou soustavu" (v prostém jazyce se jednoduše někde u cíle otočí a poletí zase zpátky, zastánci STR), což způsobí to, že jeho čas bude plynout pomaleji. Tak pozor: Toto je klasická ukázka demagogie, když dojdou argumenty, vymyslíme si výsledek, jaký se nám líbí, a pak ho zdůvodníme porušením symetrie. Ti hlupáci tomu stejně nerozumí.
Ano, četli jste dobře - výsledek je v podstatě vymyšlený tak, aby "se líbil". Velmi často se například v článcích o speciální teorii relativity dočtete toto: Omezení maximální možné rychlosti, kterou je hmotná soustava schopna dosáhnout, na rychlost světla, zásadně znesnadňuje případné budoucí výpravy ke hvězdám či dokonce jiným galaxiím. Na druhé straně ovšem, tam, kde nám teorie něco bere, tam nám zase přidává v podobě toho, že pro

cestovatele plyne čas pomaleji, takže teoreticky se mohou za jeden život dostat i k nejvzdálenějším místům ve vesmíru.
Tak tak, bylo by to strašné pomyšlení, že nejsme schopni doletět ani k té nejbližší hvězdě. Pokud by nám to STR neumožnila, 98% lidstva by patrně upadlo do těžkých depresí. A s tím cestováním tam a zpátky je to podobné - kosmonaut totiž na své cestě bude zažívat značné útrapy spojené s dlouhodobým pobytem ve stísněném prostoru. Je tedy nanejvýš spravedlivé, aby tato jeho strádání byla kompenzována v podobě pomalejšího stárnutí.
Celá úloha tím dostává naprosto nesmyslný podtext. Je to podobné, jako bychom si položili následující otázku. Víme, že při pohybu se předměty zkracují. Představme si, že Petr i Pavel má každý svoji tyč. Petr odletí a když se vrátí, čí tyč bude kratší? A samozřejmě rozřešení - kosmonaut, respektive jeho opuštěná manželka, budou muset podstoupit značné útrapy v odloučení. Je tedy navýsost spravedlivé, když Petrova tyč bude po návratu na Zem delší.

Co s tou porušenou symetrií?

Tak jsme se pobavili, a teď zase k vážné práci. Samozřejmě, že argumentace zrychlováním a nesymetrií je zcela scestná. Celý "gedanken" experiment totiž můžeme zformulovat tak, že nám zrychlení nebude nic platné. Například, po krátkém přeletu na nízkou oběžnou dráhu začne Petrova raketa zrychlovat přesně zrychlením 1g. To bude dělat pár měsíců, pak se otočí a bude brzdit, ? ? čili zase zrychlovat s 1g, ?? tentokráte dvojnásobnou dobu . ? ? Pak se zase otočí a bude brzdit 1g až se dostane zpět k Zemi. S výjimkou krátkého okamžiku cesty na oběžnou dráhu a zpět, jsou tedy obě dvojčata vystavena přibližně stejným podmínkám. Oba neustále pobývají v soustavě se zrychlením 1g. Ba co víc, Petr se na své cestě dostane daleko od Země i od Slunce, bude tudíž část cesty trávit v menším gravitačním poli než Pavel. Petrovi hodinky tedy zákonitě půjdou rychleji, čili by se měl vrátit na Zemi starší. (Sice o malinko, ale přece.) ? ?
Tak tím bychom se vypořádali s nesymetrií u řešení pomocí OTR, co ale klasičtí specialisti? Tam tu jednu soustavu musíme zkrátka vyměnit. Musíme? Všimněte si na tomto místě, že celý paradox dvojčat je formulován poměrně složitě. Je to patrně záměr, protože při jeho zjednodušení už nelze argumentovat tak snadno. My totiž můžeme převést celý problém na poněkud jednodušší situaci. Mějme dvě rakety dlící v téže inerciální vztažné soustavě v nějaké vzdálenosti od sebe. Jejich hodiny jsou synchronizované, takže v čase nula obě zažehnou motory a vydají se proti sobě. Fázi zrychlování můžeme libovolně zkrátit, takže rakety se po chvíli začnou pohybovat proti sobě lineárně a jejich časy se nutně začnou rozcházet. A teď je otázka, čí hodinky budou ukazovat méně v čase srážky? Je asi poměrně nemyslitelné, že oba astronauti uvidí, že hodinky toho druhého ukazují méně. Takže tímto jsme odstranili nesymetrii, ale vidíme, že nikam dál jsem se neposunuli.

Jak je to s experimentálním ověřením STR?

Tak, a teď namítnete: Speciální teorie relativity je ale víc než jasně potvrzena experimenty. Ano? Tak si pojďme shrnout jakými. Jednak tu máme Michelson-Morleyův experiment. To bych ale ani tak nepovažoval za důkaz STR, jako spíš podnět k jejímu vzniku. Dále tu máme částice v urychlovačích a putující k zemi. Ty skutečně stárnou pomaleji a zde STR patrně podporují. No a nakonec tu máme famózní Hafele-Keatingův experiment.
Ještě jste neslyšeli o Hafele-Keatingově experimentu? To si dva pánové usmysleli, že podniknou cestu kolem světa, ale že se jim to nechtělo platit, sehnali si grant, který jim to zasponzoroval. Samozřejmě, že nejde sehnat grant jen tak na cestu kolem světa. Museli to nějak zdůvodnit, takže vymysleli, že si vezmou na cestu hodinky a experimentálně prokáží platnost STR. No a na to grantové agentury slyší. Takže jak řekli, tak udělali. A výsledek?

Oba pánové svorně předpokládali, že se jejich hodinky zpomalí. Ale ejchuchu, ony se jim zrychlily. No, neúspěšný experiment je taky experiment, ale aby jim grantovka na příště ještě něco dala, bylo by lepší prohlásit experiment za úspěšný. A zde musíme smeknout klobouk - páni si asi pěkně zabrainstormingovali, ale nakonec to z nich vypadlo - výsledek je správně. Většinu letu se totiž pohybovali ve výšce 10 km nad zemí, tedy v místě s nižším gravitačním polem. Takže podle OTR se jejich hodinky správně zrychlily.
Takže Hafele-Keatingův experiment nakonec zase nic nevypovídá o paradoxu dvojčat ani o STR. Podobný experiment - i když mnohem dokonalejší a přesnější - dnes každý den provádějí družice GPS systému. Hodiny na nich jdou opravdu rychleji, zcela v souladu s OTR. Takže kupodivu, mnohem víc důkazů máme o správnosti OTR, než o STR. Můžete namítnout - dobře, ale OTR je na STR založena, takže prokážeme-li platnost OTR, máme tím implicitně dokázanou i platnost STR. Já bych byl s takovýmto tvrzením opatrnější. STR se sice v OTR vyskytuje, ale jaksi infinitezimálně - čili rovnice OTR se jakoby skládají s malých kousíčku STR. Lokálně tedy STR bez pochyby funguje, ale o tom, jak se důsledky STR projeví ve velkém měřítku, tak o tom ve skutečnosti zatím nevíme takřka nic. Všechny teoretické předpovědi typu paradoxu dvojčat jsou jenom hádání z karet.

Závěrečná doporučení

Takže závěr. Pokud si muž najde mladou milenku a argumentuje tím, že 15 let jezdí každý den do práce a z práce, zatímco jeho drahá manželka sedí doma a stará se o děti. Tím pádem on stárne pomaleji než ona, protože je neustále v pohybu. Takže je na čase najít si mladší, protože nikdo přece nechce žít se starší paní. Tak takovéto argumenty nemusí být nutně správné. Zrovna tak, pokud vás někdo bude lákat na výpravu ke hvězdě vzdálené 150 světelných let a bude vám tvrdit, že pro vás to bude cesta jenom na dva roky, nevěřte mu. Podle mě tam spíš vůbec nedoletíte, i když zatím nedokážu vysvětlit, proč.
JN, 22.02.2014