

## Fyzikálně astronomické úvahy III.

Pavel Oupický,

Centrum pro optoelektroniku TOPTec Turnov, Ústav fyziky plazmatu AV ČR, v.v.i.

### Úvod

V loňském a předloňském roce jsem se pokusil o pár úvah o fyzikálně astronomických problémech (dále FAU I. a II.), v nichž jsem neměl jasno a nebo naopak jsem si myslel, že o nich něco tuším ... v ničem jsem si ale moc jistý nebyl a zvláště u některých problémů je mi stále jasné, že některé moje úvahy mohou být jak se říká úplně vedle .. to se nijak nemění ani zde .. a je to stále jedna z motivací, která mne ještě pobízela k tomuto pokračování .. už poslednímu .. protože se přeci říká do třetice všeho dobrého i špatného .. v něčem zde budu opět pokračovat, něco korigovat a snad se mezi tím objeví opět i něco nového a zajímavého . Takže i tentokrát se hodlám zabývat některými stále problematickými oblastmi fyziky a astronomie, které už jsem začal rozebírat v úvahách předchozích ..

### Prostory

Výchozím prostorem úvah byl prostor Newtonův se třemi nezávislými souřadnicemi a časem :

$$\text{Newtonův prostor} \quad \mathbf{P} \sim \{ \mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}, \mathbf{t} \} \quad (1)$$

Lorentz tento prostor doplnil závislostí souřadnic na rychlosti :

$$\text{Lorentzův prostor} \quad \mathbf{P} \sim \{ \mathbf{x}(\mathbf{v}), \mathbf{y}(\mathbf{v}), \mathbf{z}(\mathbf{v}), \mathbf{t} \} \quad (2)$$

Jinou verzí prostoru byl prostor Minkovského, kde souřadnice jsou závislé na čase :

$$\text{Minkovského prostor} \quad \mathbf{P} \sim \{ \mathbf{x}(\mathbf{t}), \mathbf{y}(\mathbf{t}), \mathbf{z}(\mathbf{t}), \mathbf{t} \} \quad (3)$$

Einstein spojil prostor Lorentzův a Minkovskému a ještě k tomu přidal závislost na gravitaci :

$$\text{Einsteinův prostor} \quad \mathbf{P} \sim \{ \mathbf{x}(\mathbf{g}, \mathbf{v}, \mathbf{t}), \mathbf{y}(\mathbf{g}, \mathbf{v}, \mathbf{t}), \mathbf{z}(\mathbf{g}, \mathbf{v}, \mathbf{t}), \mathbf{t}(\mathbf{g}, \mathbf{v}) \} \quad (4)$$

takže jedinými nezávislými proměnnými zůstaly gravitace a rychlost pohybu ...

Proč jsem si s tím zapisováním dal práci .. byl jsem na jedné přednášce dr. Grygara, už se nepamatuji, jaký problém tam tenkrát řešil .. ale pamatuji si metodu, kterou tam k tomu doporučoval používat ... Occamovu britvu : Když nevíš, které řešení je správné, tak vyber to nejjednodušší ..

Podle této britvy, pojmenované po jednom františkánském mnichovi, by nejjednodušším řešením byl jistě prostor Newtonův .. to ale nesnižuje hodnotu ostatních prostorů, které stejně dobře mohou popisovat zákonitosti pohybu hmotných objektů ..

A nezapomínám, že i ty souřadnice jsou jenom geometrie a čas a gravitace zase fyzika ....

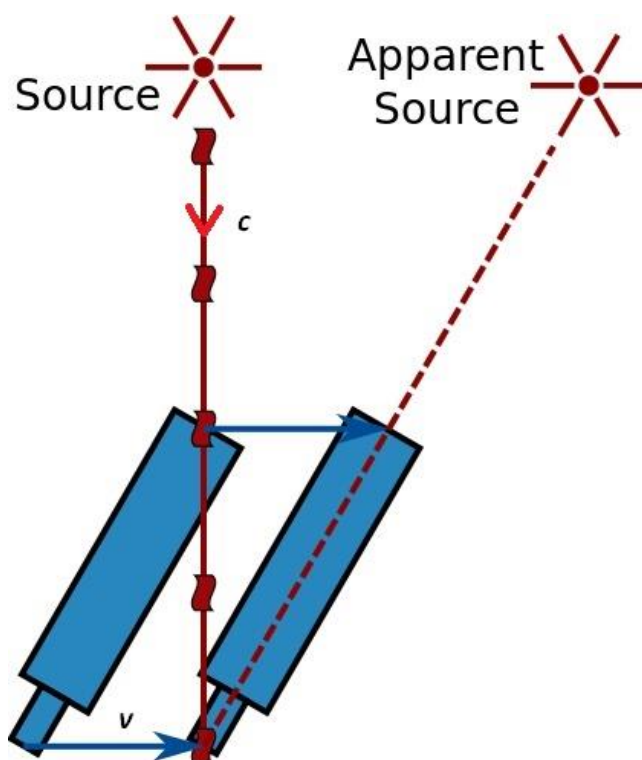
### Rychlost světla

byla několikrát měřena a výsledky byly postupně zpřesňovány, uvedu zde měření aberace stálic, Fizeauova, Foucaultova a Michelsonova metoda asi nejpřesnější s rotujícím šestihřanným zrcadlem.

V případě třech posledně uvedených experimentů se světlo pohybovalo vždy směrem tam a zpět a tak se kompenzoval vliv pohybu Země .. ten byl v případě aberace stálic přímo použit k jednomu z prvních výpočtu přibližné rychlosti světla .. byl proveden i zajímavý experiment, kdy byl dokonce k měření aberace použit dalekohled naplněný vodou .. ale podle citace od Michelsona to však nemělo na naměřený výsledek vliv .. což by podle mne vliv mít mělo a výpočet by mohl být přesnější .. komplikovanost takového experimentu je však evidentní ..

Vzhledem k původně převládající vlnové teorii světla se fyzici z konce 19. století domnívali, že podobně jako se vlny šíří vodou a nebo vzduchem, šíří se i elektromagnetické vlny a světlo nějakým prostředím, kterému se říkalo světelný éther .. a byly možné hned tři varianty této teorie, podle jedné byl tento éther vzhledem k zemi nehybný a podle druhé byl úplně a nebo podle třetí teorie jen částečně strhován pohybujícími se hmotnými objekty a tedy i Zemí .. krom toho už zde byli i zastánci teorie emisní .. bez étherové ..

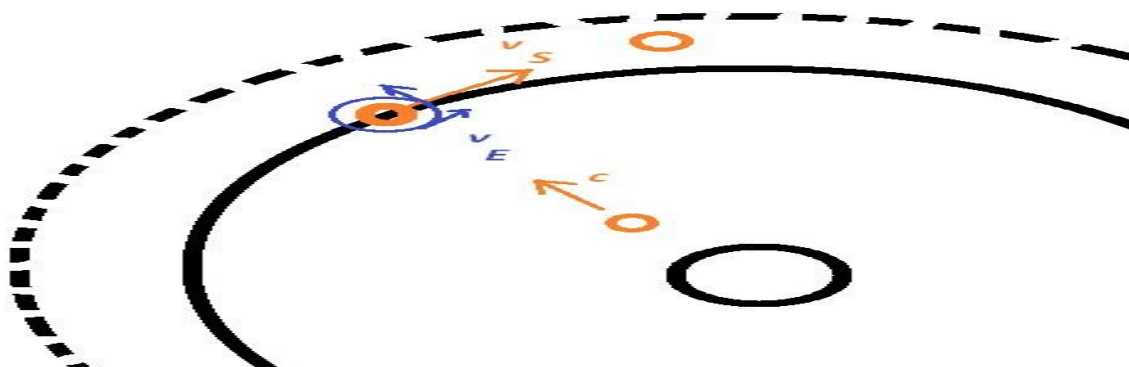
V naší době už tyto diskuze o existenci či neexistenci étheru vypadají i dost nepochopitelně .. nicméně jsem se snažil sám pochopit, jaké teorie fyzici v té době vlastně řešili a jak ..



Obr. 1 - Aberace stálic

Pro aberaci stálic existuje jednoduchý vzorec :  $\text{tg}(\text{aberce}) = vt / ct = v / c$

Je však otázka, jaká rychlost se má správně použít ....



Obr. 2 - Zjednodušené schema Mléčné dráhy

Země jednak obíhá kolem Slunce rychlostí cca 29.7 km/s a společně s ním obíhá i kolem středu mléčné dráhy rychlostí cca 254 km/s ...

Vzhledem k hodnotám rychlosti světla, tak, jak byly naměřeny jinými metodami a k naměřené hodnotě aberace cca 20".49552 .. rychlosti  $v$  ve vzorci vzorci pro aberaci odpovídá oběžná rychlost  $v$  Země kolem Slunce.

Výpočtem ze známé rychlosti světla a známé aberace lze stanovit rychlost pohybu Země kolem Slunce .. po dosazení hodnot z Wikipedie mi vyšlo 29.7889578 km/s .. s výpočtovou chybou cca 7.87 m/s .. a při Lorentzově korekci se chyba zmenší na 6.39 m/s ... což je v dobré shodě s jinými metodami výpočtu této rychlosti ...

Zde je vhodná úvaha o možnosti měření rychlosti světla v soustavě pohybující se nějakou relativní rychlostí, zde vůči stálicím .. a zda je zde možné přesně měřit jak rychlost světla, tak i relativní rychlost pohybu těles, zde naší matičky Země ..

Vraťme se však nyní zpět k problémům s éterem ...

Rozsoudit hned čtyři zmíněné teorie měl a mohl Michelson s jeho právě zkonstruovaným interferometrem (MI) a později zdokonalený experiment Michelsona s Morleyem (MMI) umožňující již velkou přesnost měření interference světla procházejícího dvěma různě orientovanými směry ..

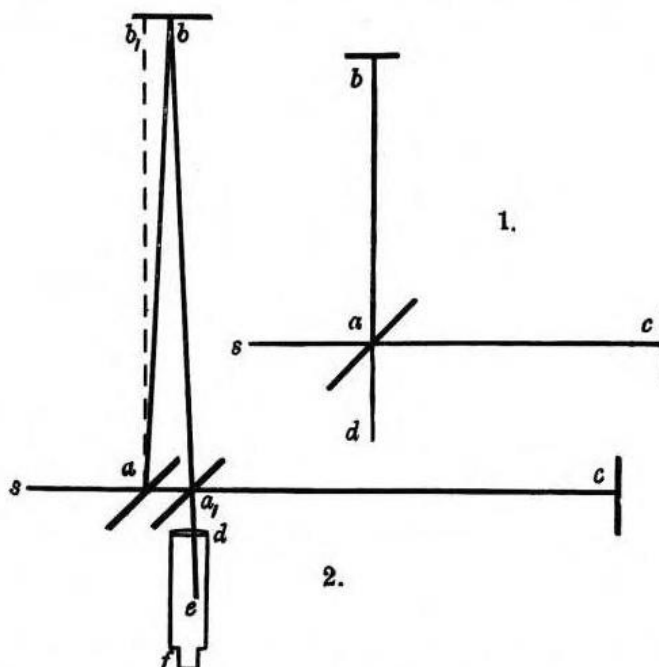
V řadě literatury se rovněž píše, že MMI experiment potvrdil, že rychlost světla je konstantní a nezávislá na pohybu emitujícího zdroje, s čímž jsem se i já v předchozích FAU jistě ztotožňoval ..

Nicméně vzhledem k mým trvajícím pochybnostem o opodstatněnosti Lorentzovy transformace délek a potažmo speciální teorie relativity jsem se na MMI pokus zaměřil a znovu jej prostudoval ..

Světlo se v MI interferometru před interferencí pohybuje po rozdělení děličem dvěma navzájem různými větvemi .. transmisní a reflexní .. a ramena a dělič se nastavují tak, aby oba světelné paprsky po odrazu na koncových zrcadlech interferovali a při pozorování v monochromatickém či v bílém světle vytvářely charakteristické interferenční kruhy a nebo pruhy.

Díky těmto dvěma ramenům se M interferometr dá nastavit tak, že jeden jeho směr je kolmý k pohybu Země a druhý směr je s ním co nejvíce rovnoběžný ..

Let  $sa$ , fig. 1, be a ray of light which is partly reflected in  $ab$ , and partly transmitted in  $ac$ , being returned by the mirrors  $b$  and  $c$ , along  $ba$  and  $ca$ .  $ba$  is partly transmitted along  $ad$ ,

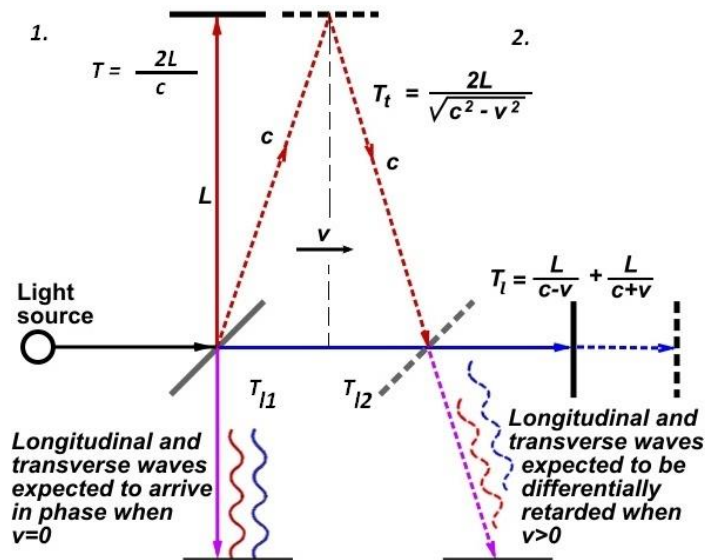


Obr. 3 - Michelsonův náčrt jeho experimentu

Pokud by byl ether zcela strhován zemí, aberace by neměla vliv a chod paprsků by odpovídal pozici 1. v obr. 3 .. a situace by se projevila velkým posuvem interferenčních pruhů při otočení obou ramen.

Pokud by ether nebyl Zemí strhován, pak by se aberace uplatnila a posun interferenčních pruhů by byl odpovídajícím způsobem menší . A pokud by byl jen částečně strhován, posun interferenčních pruhů by byl někde mezi těmito dvěma krajními hodnotami.

Pokud budeme předpokládat úhel ramen nastavený přesně na  $90^\circ$  a dělič s úhlem cca  $45^\circ$  a délka obou ramen bude  $L$ , pak časy pro pohyb světelných paprsků budou odpovídat (přibližně nebo přesně) následujícím vztahům z obr. 4 :



Obr. 4 -Michelsonův experiment - výpočtové schéma

V obr. 4 jsou vzorce, s nimiž kalkulovali v MMI a které se při popisu experimentu objevují dodnes. Původní MMI experiment byl proveden s dráhou ramen 11 m (v učebnicích se uvádí i 15 m zřejmě z později ještě zdokonaleného experimentu) a hledal se vliv rychlosti Země, s kterou tato krouží kolem Slunce .. což je cca 29.7 km/s ... pro tyto hodnoty se očekával dráhový posun vlnových délek, konkrétně pro vlnovou délku cca 500 nm cca  $\lambda/4$  .. resp.  $-\lambda/4$  podle směru natočení průběžného ramene ve směru pohybu Země resp. kolmo či obráceně k němu .. viz. obr. 4 pro případ 2. Tyto vzorce jsou dnes uvedeny i ve Wikipedii. V případě 1. by posun byl ještě větší, ale jelikož teorie éteru a jeho strhování Zemi byla již dávno odmítnuta, tento případ se již dnes většinou ani neřeší .

Vzorce jsem si naprogramoval a na obr. 5 je příklad výpočtu (ramena jsem označil y kolmé a x rovnoběžné) :

br 5.

L [ m ]	v [ km / s ]	v [km/s] max	Desetiny pro čas : 20	Typ vypočtu PO
15	29.7	500.0	Casova jednotka : sec	<input type="checkbox"/> Lorentz
tx1	tx2	tx		
0.00000005003948115000	0.00000005002956747000	0.00000010006904863000		
ty1	ty2	ty		
0.00000005003452407000	0.00000005003452407000	0.00000010006904813000		
Lx [ m ]	Ly [ m ]	tx - ty		
3.00000002944362E+0001	3.00000001472181E+0001	4.91065802688574E-0016		
Lambda [nm]	delta lambda [nm]	delta / lambda (full)	delta/lambda	Perioda T
500.0	147.21809018541	0.2944361803708313	0.294436180	1.66781746071456E-0015

Mor

leyova interferometru pro délku ramene 15m

Výsledek MMI experimentu však byl ve své době překvapivě téměř nulový, což vedlo k hledání nějakého důvodu pro takový v té době nejméně neočekávaný výsledek ..

Pozitivní bylo, že teorie éteru byla většinou tehdejších vědců definitivně opouštěna a bylo konstatováno, že světlo je samostatná fyzikální entita, která se šíří prostorem díky svým vlastnostem a nikoli díky vlastnostem prostoru, v kterém je registrujeme . Pokud jde o vysvětlení téměř nulového zjištěného fázového rozdílu, hledalo se a nabízelo se zde více řešení ..

S jedním takovým vysvětlením přišel H.Lorentz, který navrhl hypotézu, že těleso se ve směru pohybu jaksi zkracuje (stlačením jeho atomů resp. jejich elektronových obalů ?) .. a pro toto zkrácení navrhl známou transformaci.

Toto řešení bylo později všeobecně přijato a našlo své použití v Einsteinově teorii speciální relativity, která všechny souřadnicové systémy pokládá za zcela ekvivalentní a bez vlivu gravitace a zrychlení nerozlišitelné ..

Michelsonův pokus je tedy jedním z úhelným kamenů všech teorií o speciální a potažmo obecné relativitě ..

Je na místě otázka o nějakém jiném možném vysvětlení výsledku tohoto experimentu ? A lze o všeobecně přijatém řešení ještě pochybovat?

Podle filosofa myslím Sokrata jsem si připomněl jeho poučku " .. o všem pochybuj .." a zkusil jsem pochybovat ..

První námitka proti Lorentzově transformaci je jednoduchá - Lorentzova transformace délky pouze matematicky kompenzuje negativní výsledek experimentu .. po této korekci lze za rychlost dosadit cokoliv a vždy vyjde správný výsledek .. podobný trik lze v matematice uplatnit kdekoli .. když Vám něco evidentně nevychází, uděláte transformaci a ejhle, výsledek se dostaví ...

Druhá námitka je ta, že existuje řada rychlostí, které dají stejný výsledek, tj. bez fázového posunutí ..

Třetí námitka je, že experiment nekalkuluje s rychlostí světla, ta nemusí být nutně konstantní a může se měnit v souladu s rychlostí emitujícího zdroje ..

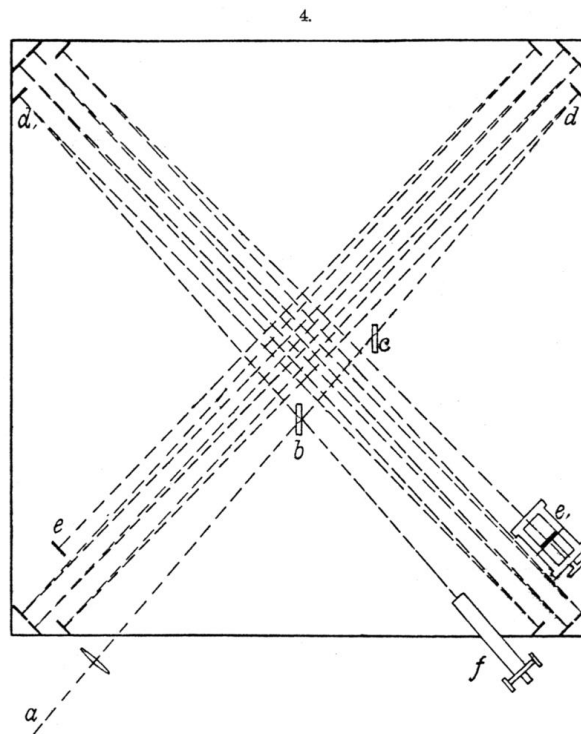
Čtvrtá námitka se týká uvažovaných rychlostí .. viz již uvedený obr. 2 . ...

Ve vzorcích pro výpočet interferencí se dosazuje relativní rychlost soustavy, která je spojená s interferometrem .. je ovšem otázka, která rychlost by se tam měla dosazovat .. jak je to na obr. 2 znázorněno ..

Země se totiž pohybuje i se Sluncem v rámci naší galaxie a je dost dobře možné, že i naše galaxie koná nějaký rotační pohyb v rámci našeho pozorovatelného vesmíru ..

Žádná z těchto námitek, až na tu matematickou, však není a ani mně nepřipadala zcela relevantní .. Zbývala mi poslední námitka proti experimentu samotnému .. takže jsem se pustil do jeho podrobnějšího studia ..

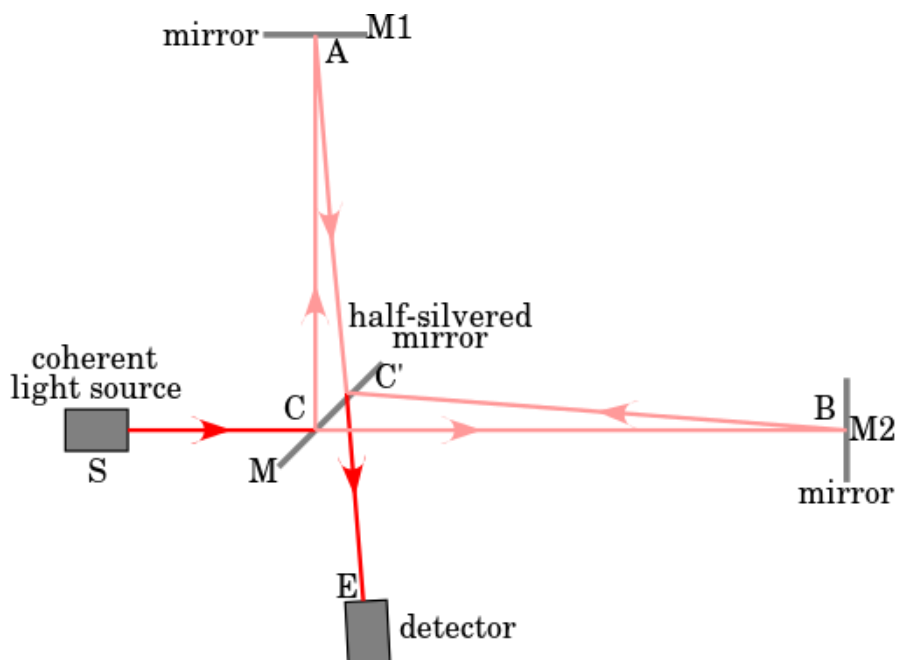
Ačkoli se posunutí interferenčních proužků počítá z všeobecně přijímaných vzorců, vlastní uspořádání MMI aparátu těmto vzorcům neodpovídalo, viz obr. 6 :



Obr. 6 - schema interferometru použitého v Michelsonově a Morleově experimentu

Dráhy paprsků jsou kvůli prodloužení délky chodu paprsků vedeny šikmo a to v obou drahách, ve vzorcích se však počítá pouze s natočením děliče v odrazné větvi pro kompenzaci aberace. A dále v přímé větvi je ve třech osách posuvné zrcátko, kterým se výchozí interference nastavuje a posléze dostavuje. Díky tomu se experimentátorům vždy po otočení pro každou pozici otáčení aparátu podařilo opět dosáhnout nové interference .. Pokud by však uspořádání MMI odpovídalo výpočtovému uspořádání, tak po jeho otočení by k žádné interferenci zřejmě nedošlo a nebylo by co měřit ..

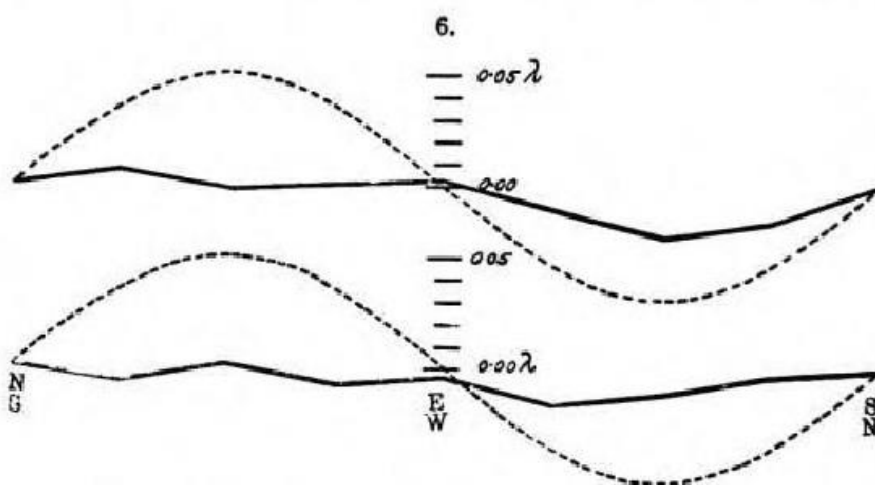
Uspořádání MM použitého interferometru tudíž odpovídalo uspořádání dle obr. 7 :



Obr. 7 - obvyklé asymetrické uspořádání Michelsonova interferometru

Toto uspořádání má tu výhodu, že vliv aberace je díky mírně šikmým drahám paprsků minimalizován i při běžném otáčení celého přístroje.

Dá se proto napsat, že úhel, kterým jsou dráhy paprsků v MM aparátu vedeny, je mnohem větší než úhel aberační, a jelikož se dá seřídít i délka jedné z drah, dá se dále předpokládat, že obě dráhy jsou po většinu měření téměř identické a nebo jejich rozdíl odpovídá celým vlnovým délkám. A tomu rovněž odpovídali naměřené výsledky .



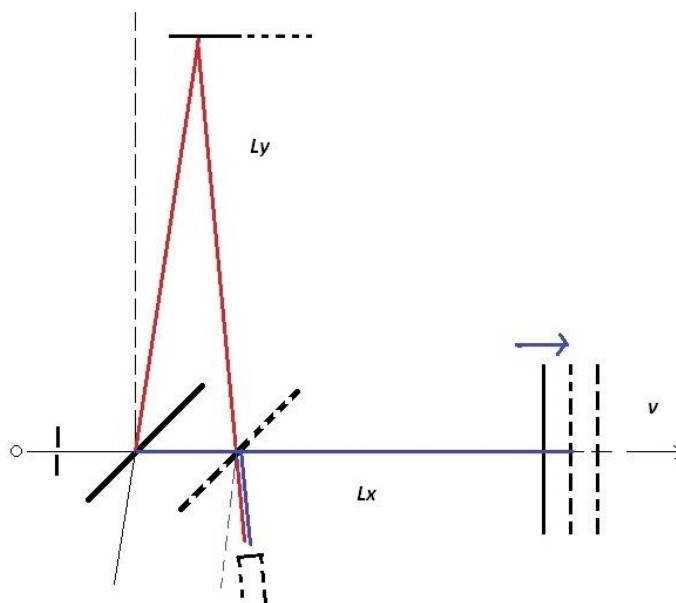
Obr. 8 - výsledky MMI experimentu graficky znázorněné

Další námitka je proti způsobu prováděného měření .. podle mne stačilo aparát ráno klimatizovat (v předminulém století?), v poledne seřídít a pak s ničím nehýbat a v klidu vyčkat do šesté hodiny odpolední a provést odečet případného posunutí interferenčních pruhů, v tehdejší době zřejmě utopie ...

Píše se, že tento experiment byl mnohokrát opakován .. jednak je možné, že stejný aparát dával stejné výsledky, ale o žádném opakování tohoto pokusu jsem se v běžně dostupné literatuře bohužel nedočel ..

Moje poslední námitka je asi ta, že takto zajímavý výsledek experimentu s MM interferometrem by si zasloužil nějaké fyzikálně přijatelnější vysvětlení a ne pouze matematickou kompenzaci Lorentzova typu ..

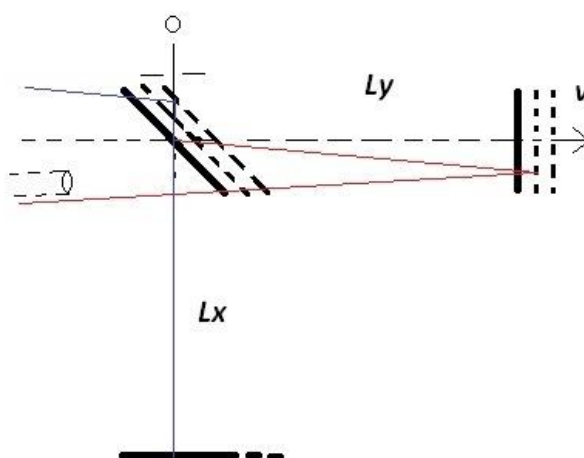
Pokusím se blíže vysvětlit, v čem vidím podstatnou nepřesnost v tomto experimentu. Začnu opět zjednodušeným výchozím schématem použitým při výpočtu :



Obr. 9 - zjednodušené detailní schéma Michelsonova experimentu

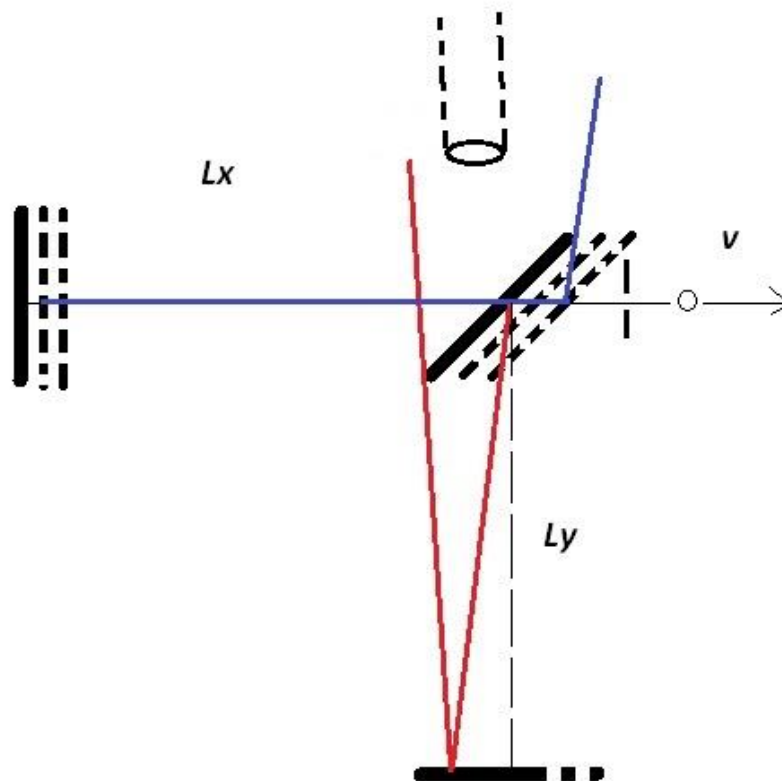
Aby byla kompenzována aberace světla způsobovaná pohybem Země kolem Slunce, musí se dělicí zrcadlo natočit do potřebného úhlu a příslušným způsobem se musí posunout a natočit i objektiv pozorovatele interferenčních pruhů .. teprve potom by mohla být pozorována zřetelná interference, a i z obr. 9 je vidět, že pokud by délka ramen byla velká, mohl by to již být problém.

Pokud bychom takto seřízený interferometr pouze otočili, stane se následující :



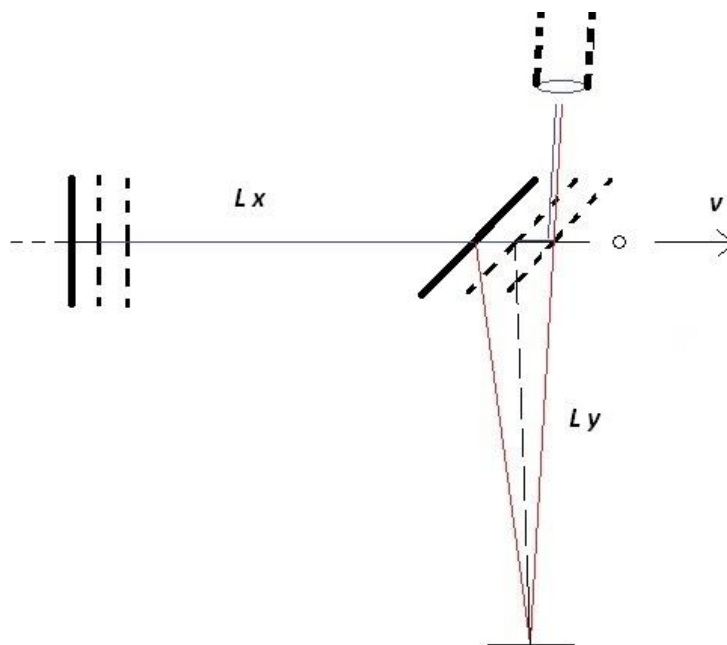
Obr. 10 - vliv prvního otočení Michelsonova schematického interferometru

Pokud by nedošlo k přestavení dělicího zrcadla, odrazných zrcadel a k přestavení objektivu, prošlý a odražený paprsek světla spolu nemohou při použité délce ramen a rychlosti pohybu Země vůbec interferovat. Totéž nastane, i kdybychom interferometrem dále otáčeli :



Obr. 11 - vliv druhého otočení Michelsonova schematického interferometru do další pozice

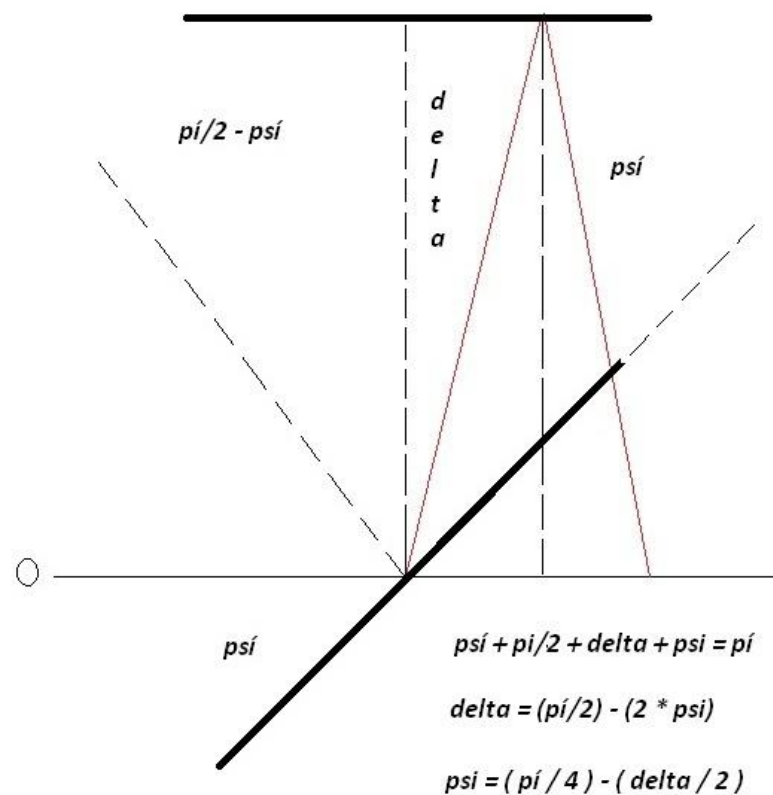
I z tohoto obrázku je zřejmé, že ani v této následující pozici by nedošlo k interferenci paprsků.



Obr 12 - natočení dělicího zrcadla pro dosažení opětné interference paprsků dle obr. 11



Aby bylo opět dosaženo interference prošlého a odraženého paprsku dle obr.11 , je potřeba natočit dělicí zrcadlo do správné polohy a odpovídajícím způsobem přesunout objektiv pozorovatele , jak je to zakresleno v obr. 12 . Jakým způsobem je potřeba upravit polohu dělicího zrcadla je naznačeno a zakresleno v následujícím obrázku .



Obr. 13 - výpočet úhlu psi z úhlu delta, odpovídajícího aberaci odraženého paprsku světla

Výpočet obou úhlů jsem doplnil do programu následujícím způsobem :

L [ m ]	v [ km / s ]	v [km/s] max	Uhel alfa	Krok	Delta ["]	Psi [grad]	Cas. jedn. :	Return
11.0	29.7	500.0	0	5	0.0056767611	44.9971616194	sec	Vypocet PO u
tx1	tx2	tx	Desetiny pro cas : 20					
0.00000003669561951000	0.00000003668834948000	0.00000007338396899000	Vypocet Klas.					
ty1	ty2	ty	Vypocet PO					
0.00000003669198432000	0.00000003669198432000	0.00000007338396863000	Vypocet vx					
Lx [ m ]	Ly [ m ]	tx - ty	Vypocet PO 3					
2.20000002159199E+0001	2.20000001079599E+0001	3.60114919324643E-0016	Vypocet Psi					
Lambda [nm]	delta lambda [nm]	delta / lambda (full)	delta/lambda	Perioda T		Vypocet Alfa		
500.0	107.95993200905	0.2159198640181854	0.215919864	1.66781746071456E-0015				
Michelson-vx-list		<input type="checkbox"/> Lorentz	Typ vypoctu		Psi			

Obr. 14 - program na výpočet úhlů delta a psi

Výsledky výpočtu úhlu psi a delta pro rychlosti pohybu Země 29.7 km/hod a délku ramen interferometru 11 m jsou uvedeny zde :

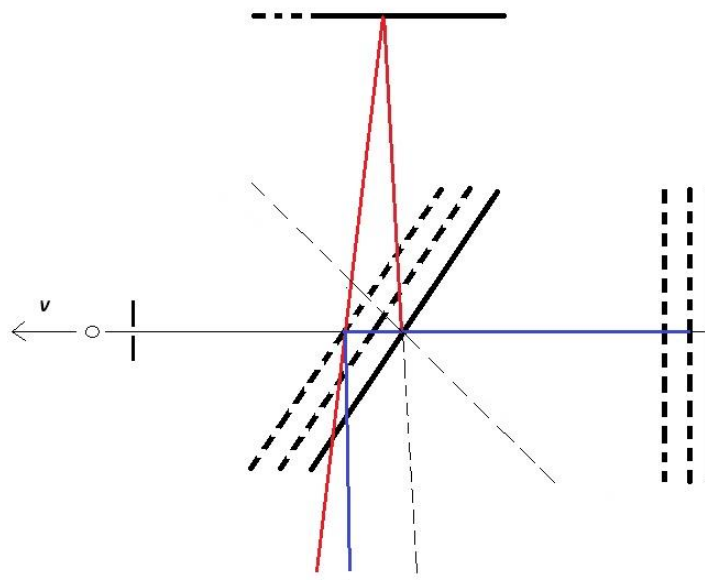
Michelson experiment	Michelson experiment
===== Typ vypoctu : Psi Lorentz : no =====	===== Typ vypoctu : Psi Lorentz : no =====
L [m] : 11.0	L [m] : 11.0
v [km/s] : 29.7	v [km/s] : -29.7
alfa [grad] : 0	alfa [grad] : 0
delta [grad] : 0.0056767611	delta [grad] : -0.00567656365
psi [grad] : 44.9971616194	psi [grad] : 45.0028378182
tx1 [sec] : 0.00000003669561951000	tx1 [sec] : 0.00000003668834948000
ty1 [sec] : 0.00000003669198432000	ty1 [sec] : 0.00000003669198432000
tx2 [sec] : 0.00000003668834948000	tx2 [sec] : 0.00000003669561951000
ty2 [sec] : 0.00000003669198432000	ty2 [sec] : 0.00000003669198432000
tx [sec] : 0.00000007338396899000	tx [sec] : 0.00000007338396899000
ty [sec] : 0.00000007338396863000	ty [sec] : 0.00000007338396863000
tx-ty [sec] : 3.60114919324643E-0016	tx-ty [sec] : 3.60114919324643E-0016
Perioda T [sec] : 1.66781746071456E-0015	Perioda T [sec] : 1.66781746071456E-0015
Lx [m] : 2.20000002159199E+0001	Lx [m] : 2.20000002159199E+0001
Ly [m] : 2.20000001079599E+0001	Ly [m] : 2.20000001079599E+0001
Lambda [nm] : 500.0	Lambda [nm] : 500.0
Delta Lambda : 107.9599320090926682	Delta Lambda : 107.9599320090926682
Delta / Lambda (full) : 0.2159198640181854	Delta / Lambda (full) : 0.2159198640181854
Delta / Lambda (rdct) : 0.2159198640181854	Delta / Lambda (rdct) : 0.2159198640181854

Obr. 15 - tabulky výsledku výpočtu úhlů psi a delta pro rychlost pohybu Země 29.7 km/hod

Z tabulek je zřejmé, že při určitém natočení dělicího zrcadla podle aktuálního vlivu aberace světla a při použití původních vzorců by nemělo na interferometru v pozicích na obr. 9 a 11 dojít k žádnému posuvu interferenčních pruhů .

Závěr: v pozici na obr. 9 nemůže k interferenci dojít, aniž by nebyla provedena korekce pozice děliče i obou odrazných zrcadel a tím by zřejmě byl vliv aberace eliminován a vzhledem ke stejné délce ramen by tím bylo dosaženo stejného délkového i fázového posunutí jako v pozicích na obr. 9 a 11 .

Jak původní výpočet Michelsonův tak tento výpočet s natočením dělicího zrcadla o úhel psi však nejsou zcela korektní, což je naznačeno na dalším obrázku. Přesné koincidence paprsků nelze dosáhnout, aniž by bylo současně provedeno vhodné natočení odrazných zrcadel, jak je to zřejmé již z obr. 9 .



Obr. 16 - znázornění nekorektnosti při teoretických výpočtech vlivu aberace světla v M interferometru

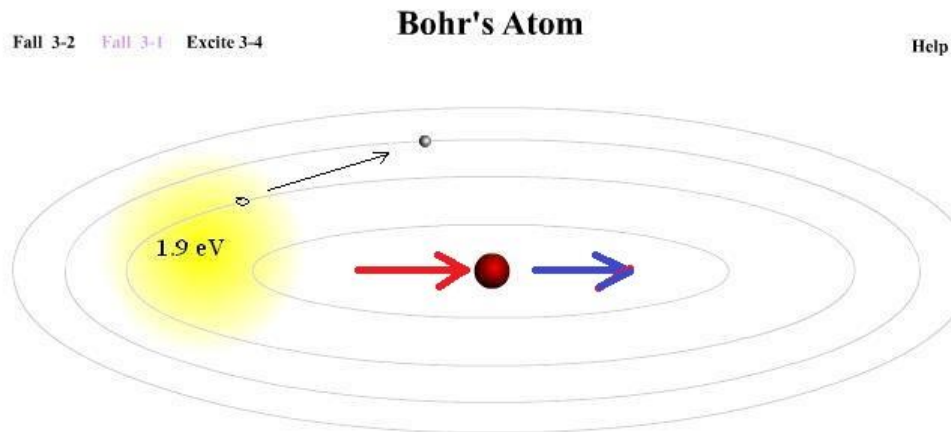
V současné době pracuje řada zajímavých interferometrů v optickém (Ligo, Virgo, Harpa) a v mikrovlnném oboru (VLBA, VLBI) a určitě by bylo zajímavé se seznámit s jejich zkušenostmi a problémy. Bohužel informace ze zde probírané tematiky jsou velmi skoupé a pokud jde o princip interferometrie s M interferometrem, jsou zde pouze odkazy na Wikipedii ...

## Lorentzova transformace

Zde je na místě úvaha o Lorentzově transformaci (LT) a potažmo o speciální teorii relativity a tím i o Lorentzově prostoru. LT původně byla určena jako hypotéza pro konstantní rychlost šíření světla pohybujícím se etérem .. později byla použita k vyjádření hypotézy, že žádné těleso nemůže překročit rychlost světla .. s tím jde i nadále souhlasit, ale o doprovodných jevech (kontrakce délek a času) se dá s úspěchem pochybovat ..

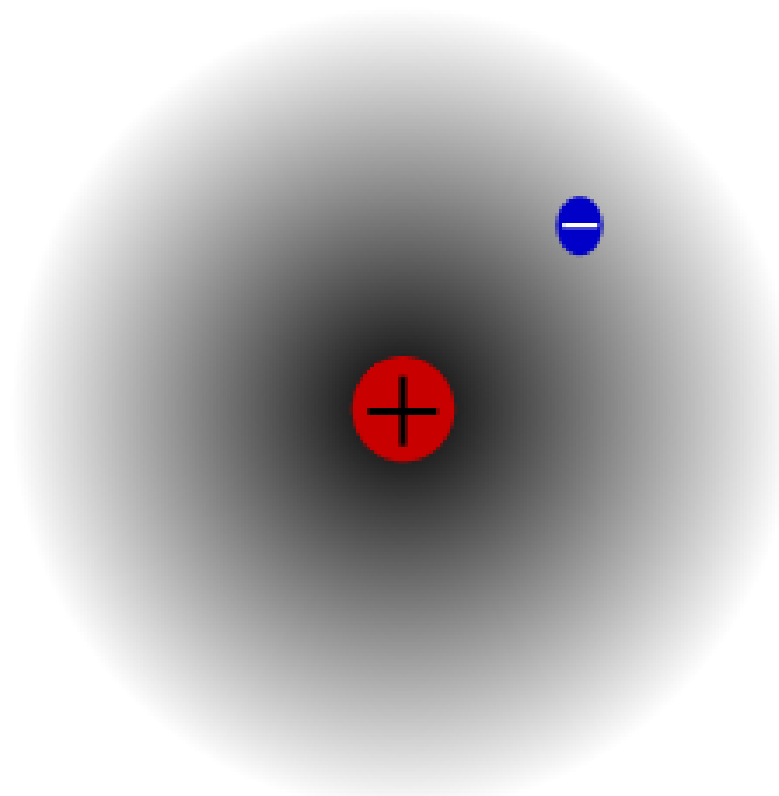
Pokud jde o LT samu, tak o jejím uplatnění v elektrodynamice není pochyb .. její extrapolace na všechna tělesa je podle mne ale sporná ..

V předchozích mých FAU a dalších jsem se zabýval spektry atomů a vlivu pohybu jádra atomu na frekvenci emitovaných fotonů.



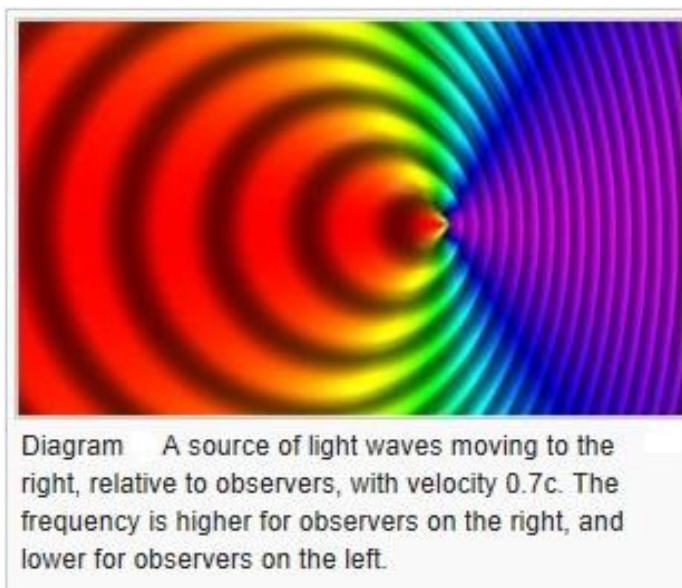
Obr. 17 - Bohrov model atomu s naznačeným vlivem pohybu jádra

Typický Bohrov model atomu je kreslen jako rovinná záležitost ovlivněná naší planetární soustavou. Mnohem pravděpodobnější je však 3D model, kdy atom spíše připomíná bublinu než planetární soustavu.



Obr. 18 - 3D model atomu ve tvaru bubliny či plynného oblaku

V tomto případě si elektronový obal můžeme představit jako plynný oblak či plynnou atmosféru kolem naší Země v patřičných rozměrech .

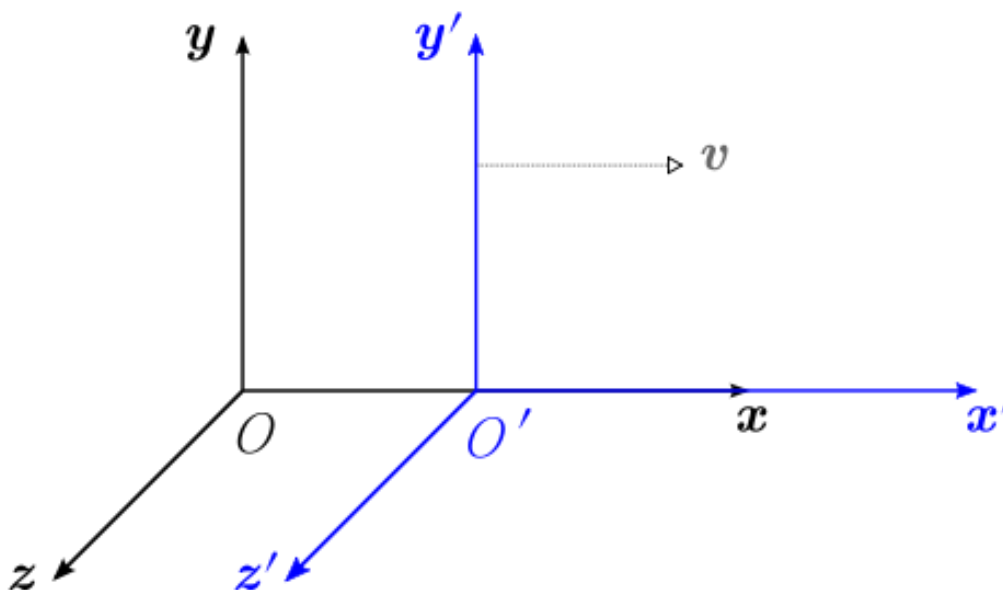


Obr. 19 - v centru tohoto obrázku si představte jádro atomu

Představíme-li si v obr. 19 v centru jádro atomu stlačující svým pohybem svůj elektronový obal a zhušťující tak svůj vlastní elektronový éther , máme zde názorné vysvětlení pro Dopplerovský efekt ve změně frekvence emitovaných fotonů a s velkou pravděpodobností i opodstatnění Lorentzovy transformace pro tento případ. Je zde tedy i nějaký předpoklad, že pohyb jader atomů by mohl zhušťovat a případně i zkracovat jejich elektronové obaly .. avšak i z obr. 19 spíš plyne, že za zhuštěnou částí elektronového obalu následuje patřičně zředěná část, takže jeho celkový objem ani tvar se nemění, což ostatně i odpovídá teorii rudého posuvu ve spektrech objektů, které se od nás vzdalují velkými rychlostmi.

### Inerciální systémy a rychlost světla

Touto problematikou jsem se zabýval již FAU II. , avšak poněkud komplikovaněji .. jde obecně o to, co se děje v systémech pohybujících se stejným směrem různými rychlostmi. Obvykle v učebnicích a literatuře najdete tento obrázek dvou soustav, z nichž jedna je v klidu a druhá se pohybuje relativní rychlostí  $v$  :

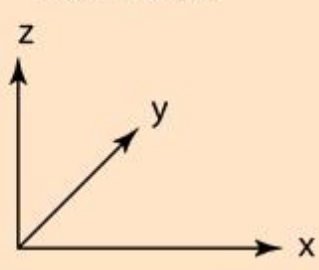


Obr. 20 - dvě inerciální soustavy - učebnicový příklad

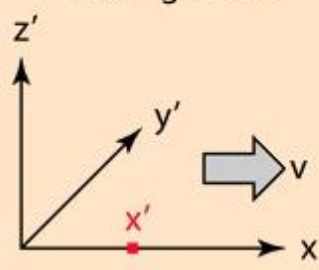
K těmto soustavám se pak vztahuje Lorentzova transformace, kde v soustavě s rychlostí  $\mathbf{v}$  se uplatňují příslušné kontrakce :

## Lorentz Transformation

Fixed frame



Moving frame



$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$y' = y$$

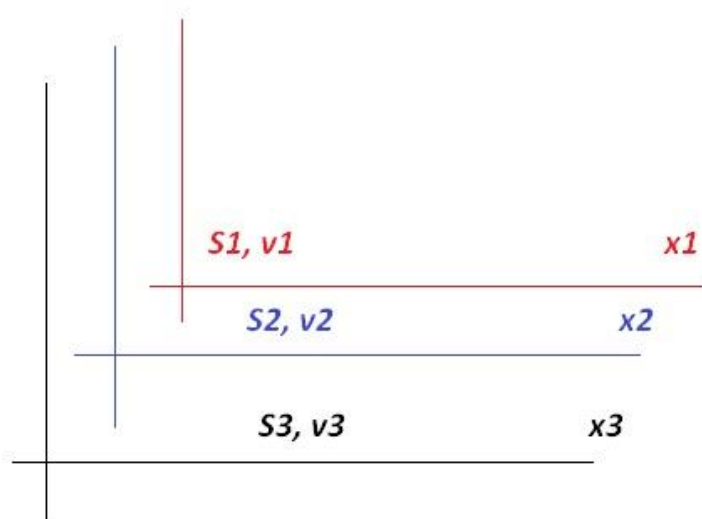
$$z' = z$$

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

The primed frame moves with velocity  $v$  in the  $x$  direction with respect to the fixed reference frame. The reference frames coincide at  $t=t'=0$ . The point  $x'$  is moving with the primed frame.

Obr. 21 - Lorentzova transformace (Hyperphysic)

První problém je v tom, že  $\mathbf{v}$  je pouze relativní rychlost, kdežto v Lorentzově transformaci se vyskytuje absolutně v relaci k rychlosti světla. Správný příklad inerciálních soustav je proto následující :



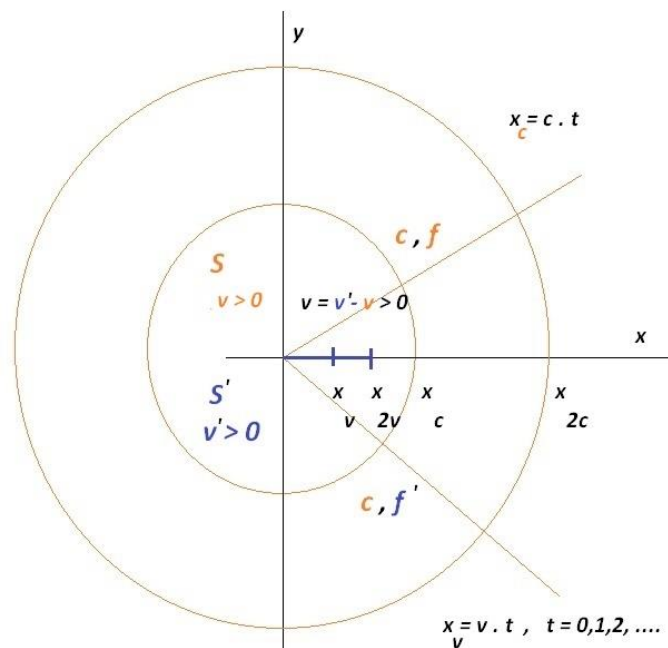
$$v1 = v3 \Rightarrow v1 - v3 = 0 \quad v3 = ???$$

$$v2 > v1 \Rightarrow v2 - v1 = v > 0$$

Obr. 22 - tři inerciální systémy

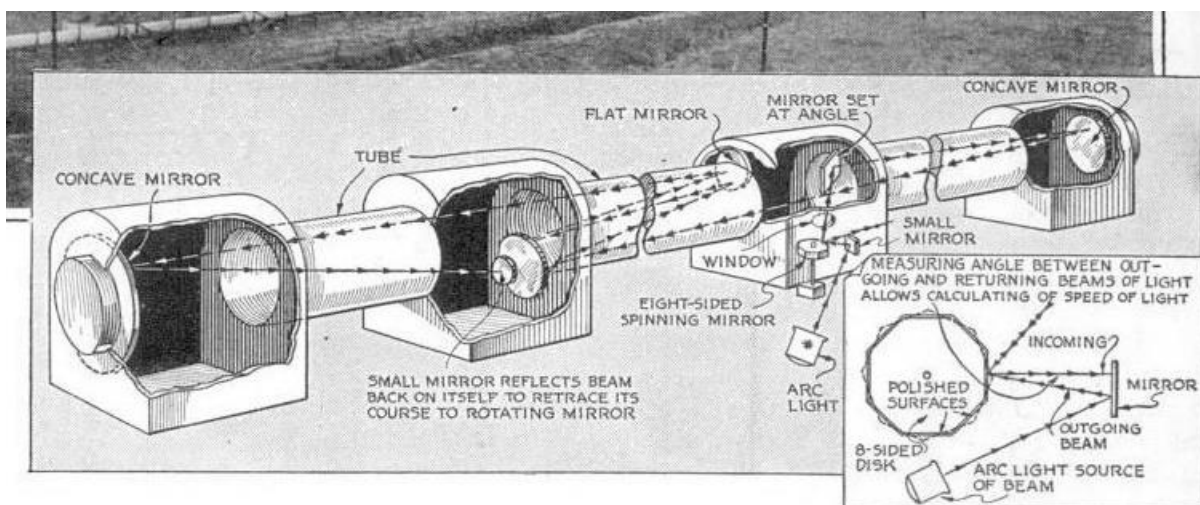
- nikoli to, co uvidíte v učebnicích, nutné jsou zde minimálně tři takové systémy, jak je v obrázku znázorněno. Nulová rychlost systému S1 a nenulová rychlost systému S2 mohou být jedině vztažnými

rychlostmi vzhledem k referenčnímu systému S3 . Je otázka, co se bude dít v systémech S1 a S2, pokud se bude měnit rychlost referenčního systému S3 .. zřejmě by se tam nemělo dít nic, pokud se jejich rychlosti  $v_1$  a  $v_2$  nezmění .. z hlediska systému S3 a za použití LT by se tam cosi dít mělo .. takže tyto změny v systémech S1 a S2 by byly pouze zdánlivými změnami, které by referenční pozorovatel v systému S3 mohl (možná) pozorovat. Podrobný rozbor by byl složitější a tak zde uvedu ještě jeden asi nejjednodušší příklad :



Obr. 23 - inerciální soustavy a rychlost světla

Na obr. 23 jsou schematicky znázorněny dvě inerciální soustavy  $S$  a  $S'$  (oranžová a modrá), které se pohybují z hlediska referenčního pozorovatele různými rychlostmi  $v$  a  $v'$  stejným směrem. Jejich relativní rychlost je  $v \dots$  a v čase  $t = 0$  středy obou soustav aktuálně splynou a v tento moment v tomto středu blikne v každé soustavě výbojka . Světlo z těchto výbojek se bude v obou soustavách šířit svojí vlastní rychlostí, pouze frekvence jeho vln se bude lišit podle toho, jakou rychlostí se ta která výbojka v době své emise pohybovala .. pokud by výbojky byly všesměrovými emitenty, světlo z nich by se šířilo po kulových vlnoplochách .. pokud by v obou soustavách byly odpovídající detektory, registrovaly by průchod vlnoplochy v odpovídajících časech  $t = d / (c-v)$  resp.  $t' = d' / (c-v')$ , kde  $d$  je vzdálenost detektorů od bodu, kde výbojky blikly .. a v obou soustavách není problém změřit rychlost světla, buď použitím aberace vzdáleného bodového zdroje a nebo klasickými interferenčními metodami podle Fizeaua a nebo Michelsona .. a žádné LT zde není třeba ..



Obr. 24 - Schema Michelsonova přístroje na měření rychlosti světla z roku 1930

## Rudý posuv

Rudý posuv ve spektrech vzdálených světelných i jinak zářících objektů je vysvětlován Dopplerovským efektem pohybujících se objektů, jak je to znázorněno na obr. 19 . Rudý posuv je udáván číslem  $z$  dle vzorce :

pro rudý posuv dostaneme vzorec

$$z = (f_e - f_d) / f_d = (f_e / f_d) - 1$$

nebo též

$$1 + z = f_e / f_d$$

Obr. 25 - číslo  $z$  vyjadřující rudý posuv ve spektrech pozorovaných objektů

Frekvence detekovaného záření z pohybujícího se zdroje  
detekovaná pohybujícím se detektorem :

$$f_d = ((c - v_d) / c) \cdot ((c + v_s) / c) \cdot f_e$$

po drobné úpravě :

$$f_d = ((c - v_d)(c + v_s) / c^2) \cdot f_e$$

Obr. 26 - dopplerovská závislost detekované  $f_d$  a emitované  $f_e$  frekvence na vzájemných rychlostech zdroje a detektoru záření

Tyto vzorce již jsem uváděl v FAU II., nově jsem si spočítal tabulku závislost čísla  $z$  na vzájemné rychlosti zdroje a detektoru v jejím poměru k rychlosti světla :

Table of wavelength shift							
Vs[x/c]	Vd [x/c]	L.em. [um]	DRG	L.det. [um]	d.L. [um]	Shift Z	
+0.00000	+0.0	0.1216	D	0.1216	0.00000	0.00000000	
-0.16666	+0.0	0.1216	D	0.1459	0.02432	0.20000000	
-0.28571	+0.0	0.1216	D	0.1702	0.04864	0.40000000	
-0.37500	+0.0	0.1216	D	0.1946	0.07296	0.60000000	
-0.44444	+0.0	0.1216	D	0.2189	0.09728	0.80000000	
-0.50000	+0.0	0.1216	D	0.2432	0.12160	1.00000000	
-0.54545	+0.0	0.1216	D	0.2675	0.14592	1.20000000	
=====							
Table of wavelength shift							
Vs[x/c]	Vd [x/c]	L.em. [um]	DRG	L.det. [um]	d.L. [um]	Shift Z	
-0.60000	+0.0	0.1216	D	0.3040	0.18240	1.50000000	
-0.66666	+0.0	0.1216	D	0.3648	0.24320	2.00000000	
-0.75000	+0.0	0.1216	D	0.4864	0.36480	3.00000000	
-0.80000	+0.0	0.1216	D	0.6080	0.48640	4.00000000	
-0.83333	+0.0	0.1216	D	0.7296	0.60800	5.00000000	
-0.85714	+0.0	0.1216	D	0.8512	0.72960	6.00000000	
-0.87500	+0.0	0.1216	D	0.9728	0.85120	7.00000000	

Obr. 27 - souvislost čísla  $z$  a relativních rychlostí zdroje a detektoru záření dle Dopplerova principu

Hodnoty čísla  $z$  u některých pozorovaných objektů jsou uvedeny v následující tabulce opět s přepočtem na relativní rychlost těchto objektů vzhledem k rychlosti světla :

```

=====
| Table of relative object speed |
=====
| Type of count: D ; Lambda of emitent : 0.1216 um |
=====
|Object |Type |Shift Z |Vs[x/c] |L.det.[um] |
=====
| GN-z11 | galaxy | 11.090 | -0.91728 | 1.4701 |
| EGSY8p7 | galaxy | 8.6900 | -0.89680 | 1.1783 |
| GRB 0904 | gamma bu | 8.2000 | -0.89130 | 1.1187 |
| EGS-zs8- | galaxy | 7.7300 | -0.88545 | 1.0616 |
| GN-10803 | galaxy | 7.2130 | -0.87824 | 0.9987 |
| IOK-1 | Lalfa em | 6.9640 | -0.87443 | 0.9684 |
=====

```

## Wikipedie *light years about 13 Gly*

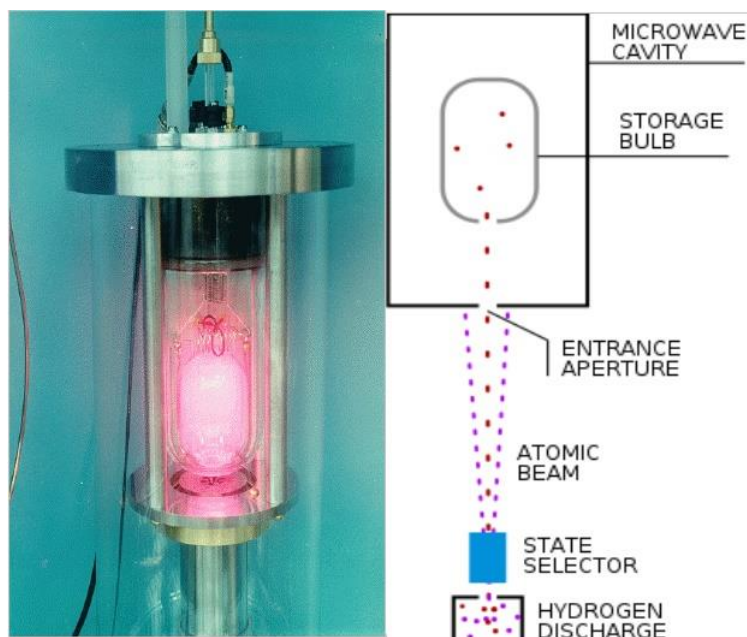
Obr. 28 - relativní rychlosti vesmírných objektů dle naměřeného rudého posuvu

Z tabulek je zřejmé, že relativní rychlost některých objektů vzhledem k naší galaxii by se podle rudého posuvu ve spektrech dle Dopplerova principu blížila téměř rychlosti světla - z toho pro nás může vyplývat následující :

- 1) Objekty až galaktických rozměrů se mohou pohybovat minimálně poloviční rychlostí světla a maximálně téměř rychlostí světla ..
- 2) nebo rudý posuv neodpovídá a je chybně naměřen ...
- 3) nebo rudý posuv je naměřen správně, ale není způsoben pouze rychlostí pohybujících se objektů, nýbrž i a v nezanedbatelné míře též postupnou ztrátou energie a potažmo frekvence záření, které ze vzdálených objektů zachycujeme.

### Hodiny

V předchozích FAU jsem se stručně zabýval i hodinami a vlivem gravitace na jejich chod .. nejprve kyvadlem a později rubidiovými a cesiovými atomovými hodinami .. nyní jsem se ještě při studiu interferometrů typu VLB seznámil s hodinami vodíkovými, pracujícími na obdobném principu.



Obr. 29 - Atomové hodiny vodíkové (maser)

Vodíkové hodiny, v principu tzv maser, čili „microwave amplification by stimulated emission of radiation“, využívají známé jemné stimulované emise atomů vodíku .. tyto atomy mají v normálním stavu



jeden elektron a ten může nabývat na orbitě dvou stavů svého spinu - opačný, než je spin jádra a nebo s ním souhlasný .. pokud jsou spiny jádra i elektronu shodné, má atom vyšší energii než pokud jsou spiny opačné ..

Ve vodíkových hodinách je použita vodíková výbojka , emitované ionty jsou rekombinovány elektrickým a magnetickým polem na stav se shodnými spiny a takto vstupují do rezonátoru (rezonanční komory) naladěného na frekvenci odpovídající stimulované emisi při přechodu atomu do stavu s opačnými spiny. Rozdíl energií je  $5.9 \cdot 10^{-6}$  eV, čemuž podle Planckova zákona  $E=h\nu$  odpovídá frekvence cca 1420 MHz a vlnová délka v astronomii velmi známá 21 cm .. Z rezonátoru je tato frekvence snímána radiopřijímačem a po vydělení převedena na hodinový signál ..

I pro tyto hodiny platí totéž co pro atomové hodiny jiného typu, a sice že efekty, které i zde budou ovlivňovat emisi fotonů ve formě radiových vln, jsou gravitační a kinetický rudý i modrý posuv .. jednoduše vysvětleno pro gravitační posuv : silnější gravitační pole ztěžuje atomům emisi fotonů podobně jako atom, který se pohybuje opačným směrem než emitovaný foton a tak dochází k rudému gravitačnímu posuvu, který se projeví zpomalením frekvence fotonového záření, která je měřeným produktem atomových hodin .

Vzhledem k použitému principu těchto hodin je i zde důvodný předpoklad, že se tyto hodiny v silnějším gravitačním poli budou zpožďovat a nebo možná pouze ztrácet na přesnosti.

### **Závěr**

Některé hypotézy a z nich plynoucí teorie a jejich predikce jsou jen velmi málo rozlišitelné, takže lze jen velmi stěží tu či jinou hypotézu a jí příslušnou teorii vzít za jediné správnou .. a až další experimenty budou rozhodovat o tom, která z nich se pravděpodobně a spíše blíží k realitě.

### **Poděkování**

Tato práce vznikla za částečné podpory MŠMT České Republiky, v rámci projektu MOST, číslo LO1206 ve Vývojovém centru pro speciální optiku a optoelektronické systémy (TOPTEC) Ústavu fyziky plazmatu AV ČR.

### **Historie**

Psáno do 16.5.2015 na Malé Skále, prvně publikováno na konferenci „Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostoru“ dne 17.5.2016, upraveno pro tisk 29.6.2016 .....

### **Použitá literatura :**

- [1] Wikipedie : <https://en.wikipedia.org>
- [2] Jan Horský : Úvod do teorie relativity, SNTL 1975, Populární přednášky o fyzice, svazek 25
- [3] Z.Horák, F.Krupka : Fyzika, SNTL 1966
- [4] Albert A. Michelson, Edward W. Morley : On the Relative Motion of Earth and Luminiferous Ether , American Journal of Science, Third Series, Vol. XXXIV, No. 203 - Nov. 1887, 22
- [6] The Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO)
- [7] Hyperphysics: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>
- [8] a další na Internetu dostupné publikace ....