

Černá díra, potažmo gravitační vlny očima českých prostých lidí, neoborníků, kteří se dotazují a odborníci jim na dotazy odpovídají.

<http://www.osel.cz/8688-detekce-gravitacnich-vln-prvni-dojmy.html>

Diskuze:

Hloupý dotaz

Jaroslav S,2016-02-16 12:12:45

Nevím, jestli to není hloupost, ale pokud se gravitační vlny zakřivují nejen prostor, ale celý časoprostor, nebylo by jednodušší a levnější je detekovat porovnáním několika propojených atomových hodin rozmístěných různě po zeměkouli? **Já osobně si myslím, že je to obráceně, že časoprostor je křivý už od samého začátku od big-bangu a mění se jen g l o b á l n í velikost této křivosti, dnes už pomalu, a že při „prudší“ změně této křivosti (viz zachycený LIGO-případ) se změna projevuje jakožto gravitační vlna, přičemž tuto „lokální“ změnu křivosti „produkuje“ hmotné těleso, nikoliv sekundární gravitační vlna „plovoucí“ na primární gravitační křivosti časoprostoru.**

Průchod gravitační vlny a tedy **postupující zakřivení časoprostoru** by se určitě muselo projevit pozorovatelnou vypočitatelnou časovou odchylkou od ostatních hodin. **?** Na kouli by tak bylo možné podle postupu odchylky snadno detekovat směr, polarizaci a frekvenci vlny...

[Odpověďt](#)

Re: Hloupý dotaz

Pavel Bakala,2016-02-16 14:09:29

Už jsem to psal níže, ale přesto zopakuji: Průchod slabé gravitační vlny nemění rychlost toku času, pouze modifikuje vzdálenosti testovacích částic ve směru kolmém na směr šíření. Jedná se skutečně o šířící se malou poruchu geometrie prostoru.

O.K. čili gravitační vlna je sama tou poruchou geometrie časoprostoru globálního. (A už-už se tu blížíme k vizi, že hmota, elementární částice i fyzikální pole jsou „vyrobeny, realizovány křivením samotných dimenzí časoprostoru“ → to je podstata vzniku hmoty.

[Odpovědět](#)

Asi jsem mimo,

Petr Jack,2016-02-16 00:42:07

ale nějak nechápu ten princip detekce. Nevím, co detekovali, ale pokud by šlo skutečně o gravitační vlnu, pak by podle mně tímto systémem nic nezměřili. Rychlost světla je dána konstantou a tato je nezávislá na hustotě (stlačení) časoprostoru. Tedy pokud se dejme tomu délka zkrátí, zpomalí se i tok času, takže ve výsledku bude čas stejný jako kdyby se délka prodloužila. Pokud by tomu tak nebylo a jeden z paprsků dorazil do cíle dřív, pak by se musel v naší vztažné soustavě pohybovat rychlostí vyšší než ten druhý a to jak víme nejde. Vysvětlí mi tento paradox někdo ze zasvěcených?

[Odpovědět](#)

Re: Asi jsem mimo,

Pavel Brož,2016-02-16 09:52:42

Předpokládám, že vycházíte z tvrzení speciální teorie relativity, jenže ta jsou aplikovatelná pouze na nezakřivený prostoročas a v něm navíc pouze na měření prováděná v inerciálních soustavách. Trošku překombinováno. Měření se provádí v soustavě pozorovatele, kterou pasujeme do klidu ; pozorovatel nemůže vědět a nikdy být v soustavě, která je inerciální či neinerciální. Pak takový

pozorovatel pozoruje - provádí měření objektů, které se vůči němu pohybují rovnoměrně i nerovnoměrně. Zadruhé, pane Broži, STR není „aplikováno“ na nezakřivený prostoročas, STR se neaplikuje...., to je blbost. I pro těleso s nerovnoměrným pohybem lze použít STR, čímž zjistíme jen „stop-stav“ u tohoto tělesa (jeho „okamžitou“ rychlost) Při stop-stavu ona nerovnoměrnost pohybu čili zrychlení je „přečteno“ jakožto $v_n < c \dots$, a lze jí dosazovat do STR a...a zjišťovat tak i dilataci času i kontrakce délek. V obecné teorii relativity je rychlost světla, pokud je měřená jako tzv. souřadnicová rychlost světla, tedy jako podíl změny prostorových souřadnic ku změně souřadnicového času, obecně závislá na křivosti prostoročasu a na volbě soustavy. Co to je za pláácání !!?? Nebudu to pitvat, (z lenosti), ale dokázal bych, že mluvíte hlouposti. Kvůli tomu ?? také vznikají ty paradoxy Ne, Broži, ony nevznikají, jen lidé je vymýšlí-sestavují... při letu světelného paprsku do černé díry Co to melete, Broži ? To, že foton letí „do černé díry“ pozoruje kdo ? a kde ? - zatímco pro vzdáleného pozorovatele se bude paprsek více a více zpomalovat co to melete, Broži ? A >kdo-co< podává informace „zdejšímu“ pozorovateli o tom, že foton letící „od nás“ do černé díry, že zpomaluje ??? a nikdy nedosáhne horizontu černé díry co to melete, Broži ? to myslíte vážně ? Proč foton „nedosáhne“ horizontu černé díry „pro“ vzdáleného pozorovatele a dosáhne „pro“ blízkého pozorovatele ?, tak z pohledu padajícího pozorovatele právě procházejícího horizontem (resp. místem, kde z pohledu vzdáleného pozorovatele má onen horizont být) kolem něj ten paprsek prosvíští standardní rychlostí světla c. Co to melete, Broži ? – Takže podle Vás foton „svíští“ kolem pozorovatele, co prochází horizontem událostí, standardní rychlostí, ale tentýž foton pro vzdáleného pozorovatele se do černé díry loudá, zřejmě, podle Vás, se loudají oba tj. foton i padající pozorovatel tím horizontem. Broži a kdo přinese tomu vzdálenému pozorovateli informaci to tom, že foton s padající raketou v místě horizontu událostí se do díry loudají nějakou malou rychlostí ?

Volbou vhodné soustavy můžete v zakřiveném prostoru vždy něco částečně vyrušit, ale ne všechno. Pane Broži, buď pláácáte, anebo jste přinejmenším nedůsledný. Kdo tu podle Vás „volí“ vhodnou soustavu ? Domácí pozorovatel ? A kde jí volí ? pro svou pozorovatelnu anebo pro testovací předmět ? Tak např. vždy můžete kdo „můžete, kdo může“ ? Pečlivost řeči je tu nutná.. přejít do tzv. lokální inerciální soustavy,

zřejmě to testovací těleso ? Anebo.. „domácí pozorovatel“ ?.. anebo.. což je volně padající soustava v gravitačním poli (často ilustrovaná jako "volně padající výtah" → to je inerciální soustava ???, Broží a pak co je neinerciální soustava ??? ...volně nepadající výtah ??), aha, ale tímto jste právě pasoval sebe-pozorovatele do soustavy v klidu a pro vás „přechází“ do soustavy inerciální testovací těleso. Ale proč to děláte, znova ?, když už v předešlém/předchozím popisu to tak bylo : domácí pozorovatel ve své soustavě v klidu a testovací předmět = padající pozorovatel na horizontu událostí u černé díry vedle loudajícího se fotonu... ale je jí např. také každé volně orbitující těleso (např. stanice IIS při svém oběhu kolem Země). V lokální inerciální soustavě obnovíte všechna pravidla známá ze speciální teorie relativity, ??? ...o čem to mluvíte ? ale pouze lokálně, v lokální inerciální soustavě se obnovují „pouze lokálně“ pravidla STR ? Vy to neumíte popsat lépe ? protože v zakřiveném prostoru nejde tu lokální soustavu protáhnout globálně (z analogického důvodu, z jakého nelze lokální Euclidovské souřadnice použité na blízkém okolí nějakého bodu na povrchu sféry protáhnout na celou sféru Vy to neumíte popsat lépe ?). Nelokální efekty a s nimi spojená neinerciálnost se projeví např. v tom, že dvě stanice volně orbitující na odlišných drahách se budou při svých obězích opakovaně vzdalovat a zase přibližovat - v globální inerciální soustavě ??? toto u volných objektů nenastane, ty se vůči sobě pohybují vždy rovnoměrně přímočaře. Broží ... to by icibul dokázal říci srozumitelněji. Ani nelze vytvořit kritiku na takový zmatečný chaos.

I zde na Zemi můžeme používat rozdílné soustavy, dokonce i bez gravitačních vln. I bez nich je totiž metrika našeho prostoru zakřivená, byť velice málo. samozřejmě že časoprostor je zakřivený v celém vesmíru a to po celou jeho historii, ale když volíme soustavu souřadnou pro pozorovatele, obvykle jí volíme jako euklidovskou, nezakřivenou ... proč tu melete a k čemu, že „můžeme používat rozdílné soustavy“ ??? pro základního pozorovatele... Nelze ji proto popsat žádnými kartézskými souřadnicemi, tak jako to můžeme udělat v případě plochého prostoročasu bez gravitace. Co to pořád melete..., pro základního pozorovatele si prostě zvolíme „pozorovací soustavu“ nejlépe tu euklidovskou a pak z ní samozřejmě vidíme časoprostor globálně zakřivený málo a lokálně zakřivený více a...a pozorujeme každé těleso které chceme a jemu automaticky přidělujeme (libovolnou) lokální soustavu souřadnou, která je pak považována za „vlastní soustavu tělesa“ Podobně,

jako si např. geografové mohou vybrat mezi různými souřadnicovými systémy, když chtějí udělat mapu rozsáhlých oblastí Země **jistě, mohou, ale proč to tu melete do případu – řečeného zpočátku – kdy se měl výklad týkat pozorovatele padajícího do černé díry a fotonu který se pro „domácího“ pozorovatele loudal kolem tohoto pozorovatele na horizontu událostí...**, proč neřešíte to, co bylo zahájeno v debatě (?) (kdy některé souřadnicové systémy např. dobře zobrazují úhly, ale už ne délky či plochy, atd.), tak my také **musíme ??** pro **globální popis ??** prostoročasu v okolí Země zvolit nějakou souřadnicovou soustavu (míněno včetně časové souřadnice). **Proč nyní Váš výklad přešel k jakémusi výkladu, že „musíte“ pro popis globálního časoprostoru kolem Země volit “nějakou” souřadnou soustavu ? O co Vám jde. ?** Když se hraje na Spartě fotbal, tak samozřejmě, že reportér ho komentuje s cílem **komentovat nejen góly** ..Velice často používané jsou např. tzv. Boyer-Lindquistovy souřadnice, v nich má metrika našeho prostoročasu tvar popsáný zde:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Schwarzschildova_metrika

V těchto souřadnicích je (souřadnicová) rychlost světla rovna $c \cdot (1 - 2GM/(r \cdot c^2))$, tedy je **menší než c**, na horizontu je dokonce nulová (v případě Země by ale dosažení horizontu vyžadovalo stlačit veškerou její hmotu pod poloměr 9 mm). **No..., Nakonec se pak pan Brož vrátil k původnímu tématu, tj. výkladu jak „vzdálený pozorovatel“ (Země) pozoruje u černé díry, že se tam foton loudá rychlostí $v \ll c$ uvnitř horizontu událostí spolu s „místním“ pozorovatelem a... a to právě díky tomu, že si pan Brož k tomuto pozorování (?) anebo výkladu-popisu (?) zvolil souřadnicovou soustavu, v níž rychlost světla rovna $c \cdot (1 - 2GM/(r \cdot c^2))$. Brož neměří „pravou“ rychlost fotonu, (padajícího do ČD) on měří rychlost až poté, co fotonu vnutí jakousi soustavu...** Dost dobře nechápu proč to Brož dělá ?, k čemuže mu to je, že...že v globálně křivém časoprostoru (potažmo čp na horizontu událostí) „napravuje“ měření v takovém neeuklidovském čp volbou speciální souřadnicové soustavy...? Obecně relativistické korekce hrají dokonce dost podstanou roli pro funkci **GPS**. **Polemiku až jindy**. Zde se uplatňují jak speciálně relativistické korekce, tak ty obecně relativistické - zajímavé je, že působí proti sobě, ale nevyruší se, protože ty obecně relativistické jsou (možná překvapivě) větší.

[Odpověď](#)

Re: Asi jsem mimo,

Pavel Bakala,2016-02-16 10:03:01

Mohu Vás uklidnit, jde skutečně pouze o časovou změnu prostorové geometrie. Šíření slabé rovinné gravitační vlny vůbec nemá vliv na lokální běh času. Přítomností vlny jsou ovlivněny pouze prostorové vzdálenosti vzdálenosti kolmé na směr šíření. Matematicky precizněji můžeme říci, že všechny časové komponenty (i prostorové komponenty ve směru šíření) tenzorové amplitudy (polarizačního tenzoru) vlnění jsou nulové. To si samozřejmě nikdo nevyčucal z prstu, jde o nutnou vlastnost vlnového řešení **linearizovaných Einsteinových rovnic gravitačního pole**. Bohužel, obecná relativita je dosti neintuitivní a přímočaré používání selského rozumu nás velmi často zavádá na scestí :-)

[Odpověď](#)

Sjednocování teorií

Jan Valečka,2016-02-12 17:23:47

Mám dotaz ohledně sjednocování teorie gravitace a ostatních sil. Pokud se nepletu, máme 4 principiálně podobně se projevující síly, z nichž 3 jsou popsány jedním jazykem a gravitace jiným, místo polí a částic jako deformace časoprostoru. První tři síly se podařilo spojit v jediné teorii a všichni se tedy snaží k tomu přidat gravitaci, prozatím bez jasného úspěchu. Nezkoušel to někdo udělat naopak, a popsat ostatní síly (nebo aspoň jednu z nich) jako jiný typ zakřivení časoprostoru? **Zajímavé...** Třeba by se pak podařilo buď začlenit jinou sílu do obecné relativity, nebo aspoň vysledovat nějaké vztahy zjednodušující hledání popisu gravitace v rámci ostatních sil.

Matematický popis tří sil je lineární a gravitace je nelineární (je geometrickým projevem křivosti čp) Existují nebo existovaly takové snahy, a pokud jo, jak se jim daří?

[Odpověď](#)

Re: Sjednocování teorií

Pavel A1,2016-02-12 20:13:54

Samozřejmě, takové snahy existovaly a existují. Už krátce po publikování OTR ukázal Kaluza, že přidáním pátého rozměru lze spojit OTR s Maxwellovými rovnicemi, elektrický náboj by byl projekcí hybnosti do toho pátého rozměru. Bohužel to nesouhlasilo s kvantovou povahou elektrického náboje, už tehdy známou, a ani doplnění Kleina o sbalení pátého rozměru nedokázalo rozpory s experimenty zmenšit.

Nicméně dnes přesně toto dělá teorie strun. Snaží se všechny síly popsat jako projevy geometrie jedenácti-rozměrného prostoru. S lepšími výsledky než jsou snahy opačné - rozbít prostor a čas na kvanta. Toto „rozbíjení“ lze vidět i jiným prizmatem : velmi zakřivený časoprostor se podobá husté pěně, chaotickému klubíčku nití a to „rozbíjení“ je defacto přímým takového stavu časoprostoru : na průmětně průřezu se objeví ona „kvanta“ tj. shluky a mezery, čili nuly a jedničky, čili takto hustě křivý časoprostor (např. ve vakuu) se projevuje lineárně. Kdežto gravitace je velmi, velmi málo zakřivený časoprostor (parabola) a projevuje se nelineárně. Matematicky „spojit“ linearitu s nelinearitou nejde. Já osobně vedu názor, že tyto projevy malých křivostí a velmi hustých křivostí (polí ve vakuu) se „spojují“ až v genezi, tedy v posloupnosti vývoje stavů při respektování pravidla o střídání (pravidelném i nepravidelném) symetrií s asymetriemi.

[Odpověď](#)

důsledky

David Dobeš1,2016-02-12 14:06:33

Praktické důsledky: jestliže dokáže silná gravitační vlna měřitelně v jednom směru prostoročas "protáhnout" a v druhém "zkrátit", pak by to mohla být výhoda pro mladé, se svým tělem nespokojené blondýnky. Pokud se postaví správným směrem, prodlouží jim to nohy a zmenší pupíky (bohužel i ňadra - vadí pouze u méně obdařených). Má to několik háčeků - bohužel se jedná sotva o zlomky průměru

protonu, dále jen na milisekundy. A hlavně nesmí stát obráceně. To by potom byl i efekt obrácený...

(poznámka: jako technik jsem tímto úspěchem fascinován. Už jenom to, že je někdo schopný postavit přístroj, který zjistí deformaci o řádu 0,1% atomového jádra na vzdálenost 4km, jak pěkně včera popsal p. Wagner. S touto přesností ve stejné vzdálenosti postavit zrcadla a zamezit všem představitelným chybám; které se ještě znásobí mnohomilionkrát opakovaným průletem paprsku, aby se interference výrazně projevila). Pokud věda, tedy lidské přístroje už dokáží tak přesně měřit i kontrakce délek a dilatace času, proč už nenapadlo vědce, že umístí na kometu „hodinky“, aby po návratu komety zjistili, zda na kometě pouze a pouze a pouze dilatuje čas, tj. dilatuje i směrem „tam“ i směrem „sem“ (?) Tohle byl totiž můj spor s panem Hnědkovským (a jeho kolegy, neodborníky, intenzivně plivajícími urážky), který tvrdil, že čas dilatuje směrem „tam“ (když zrychluje raketa) a dilatuje stejně tak i směrem „sem-zpět“ k Zemi (když brzdí raketa), čili onen známý paradox dvojčat.

Poznámka : náš spor nebyl rozřešen. Žádný velmi vzdělaný vědec se rozřešení neujal.

[Odpověď](#)

krása myšlenek

Jozef Hofman,2016-02-12 09:35:21

Opravdu vnímám jako krásné myšlenky které objevují přírodní zákon a snad ho i respektují. Děsí mne ale fakt, že přemnožené lidstvo je na hranici sebezničení.

[Odpověď](#)

posun detektorů

Stanislav Florian,2016-02-12 09:24:14

Článek uvádí o posunu detektoru

"s přesností srovnatelnou s průměrem protonu."

Technet.cz v obrázku i textu

http://technet.idnes.cz/foto.aspx?r=veda&c=A160211_172541_veda_mla&foto=PKA6139a5_gravi3.png

uvádí posun 10^{-18} m tedy podstatně méně, než velikost protonu řádově 10^{-15} m.

[Odpovědět](#)

Re: posun detektorů

Vladimír Wagner, 2016-02-12 16:36:43

Pokud se podíváte na pozorované oscilace v obrázku na konci článku o dva dřívějšího: <http://www.osel.cz/8686-byly-uz-konecne-primo-pozorovany-gravitacni-vlny.html>, tak je vidět, že maximální relativní posuv byl 10^{-21} . Tedy, jestliže je rameno dlouhé 4 km, to jest 4000 m, tak absolutní odchylna je 4×10^{-18} , což je zhruba 0,2 % průměru protonu. Kolega Pavel Bakala nemluvil o přesné hodnotě, spíše měl na mysli to, že je třeba měřit odchylny až na úrovni rozměru protonu (a menší, i daleko).

[Odpovědět](#)

Re: Re: posun detektorů

Pavel Bakala, 2016-02-12 22:23:00

Děkuji kolegovi Wagnerovi za kvalifikované upřesnění.

[Odpovědět](#)

Černé díry

Pavel Ouběch, 2016-02-12 09:20:41

A mohou vůbec černé díry (pokud existují) v konečném čase z našeho pohledu splynout ?

- Jinak, je mi dost sporné, že naměřená detekce grav. vln potvrzuje existenci černých děr.

V modelech, ze kterých vyjde průběh frekvence signálu se nejspíš předpokládá nenulový průměr zdroje (horizont ?). Ale ČD právě nulový průměr (singularitu) zdroje záření mají.

Navíc všechny děje u horizontu se (pro nás) odehrávají téměř nekonečně pomalu. Jak je to potom s frekvencí vln ???

[Odpověď](#)

Re: Černé díry

Jakub Beneš,2016-02-12 12:49:57

zamyslete se, proc se pro nas ty deje odehravaji temer nekonecne pomalu. protoze to jsou deje v silnem gravitacnim poli. doposud jsme jako dej posuzovali jen cokoliv mimo gravitaci. ta neni nijak zpomalena sama sebou :) takze zmeny gravitace se odehravaji normalni rychlosti a nejsou samy sebou v cerne dire nijak zpomaleny.

[Odpověď](#)

Re: Černé díry

Pavel Bakala,2016-02-12 22:09:05

Singularita v nitru černých děr rozhodně není zdrojem signálu. Sama singularita je kauzálně obalena horizontem událostí a nemůže proto vnější vesmír nikterak ovlivnit. Mechanismus popisovaný Einsteinovými rovnicemi gravitačního pole je následující: Pokud v nějaké konečné oblasti prostoročasu dochází k časové změně rozložení hmoty a energie vůči libovolné ose symetrie (mění se kvadrupólový moment rozložení hmoty/energie), tak takový ostrovní prostoročasný systém je zdrojem gravitačního záření/gravitačních vln. Příkladem mohou být např. i planety na orbitách kolem Slunce, jejichž gravitační vyzařování je ovšem nesmírně slabé. Případ gravitačního záření dvou orbitujících černých děr, které rychle ztrácejí gravitačním vyzařováním orbitální energii orbitálního pohybu je principiálně zcela shodný, ale gravitační vyzařování je díky extrémně silnému poli samozřejmě silnější. Pokud se vytvoří v určité fázi černoděrového splývání jedna osově nesymetrická černá díra, i její rotace je zdrojem silného gravitačního vyzařování. Právě toto vyzařování je

zodpovědné za přechod této transienční fáze do stabilní finální osově symetrické Kerrovy černé díry.

Můžeme říci, že zdrojem gravitačních vln je časová proměnnost zdrojového gravitačního pole, přesněji řečeno proměnnost jeho axiální asymetrie.

Analogicky zdrojem elektromagnetických vln nejsou samotné náboje, ani jejich časově stacionární proud, ale pouze časová proměnnost zdrojového elektromagnetického pole, např. díky střídavému napětí v anténě.

Závěrem mohu ujistit, že všechny numerické simulace splývání černých děr jsou prováděny korektně vzhledem k času vzdáleného pozorovatele včetně časové dilatace průběhu dějů v těsné blízkosti horizontu. Velmi často se pro účely simulace zavádějí nové souřadnice spojené s virtuálními lokálními pozorovateli a pak se vše přepočítá pro pozorovatele v nekonečnu.

[Odpověďt](#)

Re: Re: Černé díry

Pavel Ouběch,2016-02-13 09:21:05

Děkuji pane Bakalo.

Jestli to z Vámi uvedeného dobře chápu, prakticky nelze rozlišit model, kdy splynou dvě černé díry (hmotnost pod horizonty) od modelu, kdy veškerá hmota dané oblasti se nachází nad dvěma horizonty. (Pod horizonty není žádná.)

[Odpověďt](#)

Re: Re: Re: Černé díry

Pavel Bakala,2016-02-13 09:39:23

Čistě formálně je asi možné najít takové rozložení hmoty. Problém je v tom, že, že taková konfigurace by byla nestabilní a nutně by dle OTR vedla ke kolapsu do černé díry/děr. Takže je asi těžko možné současně udržet představu gravitačních vln, zcela klíčové predikce OTR a zároveň popírat další klíčovou předpověď OTR, existenci černých děr. Samozřejmě, asi v budoucnu nahradíme klasický model černé díry se singularitou uvnitř něčím přesnějším, co bude zahrnovat kvantovou mechaniku, ale

podle mého názoru i pak bude zachována představa nějakého astrofyzikálně efektivního horizontu událostí.

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Černé díry

Pavel Ouběch,2016-02-13 13:07:15

Možná to chápu špatně, ale hmota vně horizontu se na něj přece může dostat (z našeho pohledu) až za nekonečně dlouhou dobu - tedy nikdy.

Pokud jde o takovou konfiguraci hmoty, řekl bych, že jí není nutné hledat. Vzhledem k tomu, že hustota hmoty hroutícího se objektu roste směrem k jeho středu, vznikne tahle konfigurace téměř vždy ?

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Černé díry

Xavier Vomáčka,2016-02-13 15:22:01

Je to trochu jinak. I z pohledu vzdáleného pozorovatele dojde k pádu objektu pod horizont v konečném čase. Trik je v tom, že v okamžiku přiblížení těsně k horizontu (pořád z pohledu vzdáleného pozorovatele a pořád v konečném čase) dojde k zvětšení horizontu, tj. horizont se posune směrem k objektu (z pohledu objektu mu horizont spěchá naproti). Tudíž i z pohledu vzdáleného pozorovatele dojde k pádu pod horizont v konečném čase, protože poslední úsek pádu který by trval nekonečně dlouho u statického horizontu, je zkrácen o jistou vzdálenost, danou posunem horizontu vstříc padajícímu objektu.

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Re: Černé díry

Mesika Kuropatva,2016-02-13 17:49:12

Dobrý den, mohl(a) byste to trochu dovysvětlit, na oslovské úrovni.

Proč se zvětšuje(posunuje) horizont i u vnějšího pozorovatele? chápu proč se tak děje u padajícího objektu i relativitu toho co k čemu padá a vidím nekonečný taneček, který pro mne(pan Poz.vnější) jakoby zamrzne v čase.

děkuji

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Re: Černé díry

Pavel Ouběch,2016-02-13 18:29:49

Zajímavá otázka. Už Galileova transformace představuje pohyb jako relativní.

Nejinak i Lorentzova ...

Tedy mám o popsaném řešení - bobtnáním černé díry - pochybnosti.

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Re: Re: Černé díry

Pavel A1,2016-02-14 10:12:19

Onen vzorec pro padání hmoty do černé díry je zjednodušený a nepopisuje to, co se opravdu děje, přesně.

Představme si padání tělesa o hmotnosti m do černé díry o hmotnosti M . Ta černá díra má poloměr R . Když ale do ní to těleso spadne, tak se její poloměr zvětší na $R+r$, tedy poloměr černé díry o hmotnosti $M+m$. Tedy když se to těleso přiblíží na vzdálenost menší než r , "něco" se stane a to těleso je tou černou dírou pohlceno a černá díra se o r zvětší. Toto "něco" není popsáno tím jednoduchým vzorcem, ale předpokládám, že se to dá popsat přesnějším řešením rovnic OTR (nevím, nejsem na to odborník). Takže to "bobtnání" černé díry je vcelku názorný popis toho, co se děje, a to těleso spadne do černé díry v konečném čase.

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Re: Re: Re: Černé díry

Pavel Ouběch,2016-02-14 13:33:05

P.S.: Ještě konkrétně - Shodneme se na tom, že nic se neděje okamžitě, za nulový čas. Pokud ale jde o časový interval, ten na horizontu ČD dilatuje do nekonečna. Poloměr horizontu se v důsledku energie gravitačního pole blízkého velmi hmotného objektu opravdu zvětší - jak píšete - o r.

Jde jen o to, jestli se tak nestane až za nekonečně dlouhou dobu.

Jinak - myslím, že přesné řešení rovnic OTR pro velmi silná, nehomogenní a dynamická gravitační pole už z principu (nelinearita) neexistují.

Na rozdíl od přírody, která si s takovou situací hravě poradí i bez matematiky. :-)

[Odpovědět](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Re: Černé díry

Pavel Bakala,2016-02-13 19:28:49

Je to skutečně tak, horizont událostí je dynamický a jeho poloha je závislá na distribuci hmoty/energie. Problém je totiž v tom, že úvaha o nekonečně dlouhém čase platí pro aproximaci testovací částice. Testovací proto, že se neuvažuje příspěvek gravitačního pole částice k poli samotné černé díry. To je samozřejmě velmi užitečné přiblížení pro pád něčeho malého na černou díry. Ale při splynutí dvou černých děr nebo akreci velkého množství hmoty s nezanedbatelnou hmotností vůči hmotnosti černé díry se výrazně modifikuje i zakřivení/geometrie prostoročasu a poloha horizontu se mění, což má samozřejmě vliv na hod hodin, slapové síly atd. Navíc, díky nelinearitě Einsteinových rovnic není výsledné gravitační pole prostým součtem polí černé díry a padající hmoty, a Einsteinovy rovnice pole pro takové složité dynamické procesy je nutno řešit numericky pomocí superpočítačů.

[Odpovědět](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Černé díry

Pavel A1,2016-02-13 19:17:52

Připomněl jste mi jednu fyzikální přednášku na téma černé díry. Když přednášející odvodil, že vzdálenost tělesa od černé díry klesá exponenciálně, tak se z pléna ozvala poznámka, že to těleso vlastně do černé díry nikdy nespadne. Přenášející na to zareagoval slovy: "Vy to chápete příliš matematicky. Když něco exponenciálně klesá, tak pro matematika to není nula nikdy, ale pro fyzika je to nula za chvíli."

A je to pravda. Protože naše fyzikální poznání světa není dokonalé a má své hranice. A když z nějaké teorie plyne, že nějaká veličina exponenciálně klesá, tak za chvíli se dostane do stavu, který současná fyzika popsat neumí a který žádným měřením není rozlišitelný od nuly. Konkrétně, když něco padá do černé díry, tak za chvíli je vzdálenost toho od černé díry menší než Planckova délka. A co se děje pak, to už současná fyzika popsat neumí a experimentálně to je nerozlišitelné od stavu, že to do té černé díry spadlo. Proto se to interpretuje tak, že to do té černé díry spadlo.

Prostě fyzici si uvědomují, že ty jejich rovnice jsou nepřesné a proto neextrapolují jejich řešení do nesmýslných stavů, o kterých ví, že je ty rovnice nepopisují. To dělají jenom lidé, kteří fyzice nerozumí.

[Odpověďt](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Re: Černé díry

Pavel Ouběch,2016-02-13 19:27:12

Tohle vypadá jako : Když nevím, jak to je, tak si vymyslím řešení, které se mi líbí a prezentuji je, jako realitu.

Vůbec samotná planckova délka je taková dost umělá vymyšlenost. Samozřejmě, že ji dokážeme relativně přesně spočítat. Jen nevíme, k čemu je dobrá.

Současné populární a řekl bych i populistické názory, že na její hranici končí současná fyzika, jsou dost úsměvné.

Máme pro tohle tvrzení jediný logický argument ? Myslím, že ne.

(O důkazech nemluví, ty jsou ve sféře sci-fi.)

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Re: Re: Černé díry

Pavel A1,2016-02-13 21:19:51

Fyzika se zabývá popisováním a vysvětlováním experimentů. Když se něco nedá změřit, je nesmyslné o tom teoretizovat. Současná fyzika končí na vzdálenostech mnohem větších, než je Planckova délka, končí na vzdálenostech v současné době experimentálně zkoumaných na LHC. Jakákoliv tvrzení o chování světa na vzdálenostech menších jsou spekulace, některé aspoň matematicky konzistentní (tedy možná blízké pravdě) a některé na úrovni vyprávění o Červené Karkulce.

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Re: Černé díry

Admin stránky,2016-02-18 14:42:45

Moc bychom si přáli, kdyby na Oslovi s autory nediskutovali nicky jako Paní pí.. s mistrem ču.. , Kuropatva s A1, Lenin a pod... Připadá nám to k autorům článků nedůstojné, také nosí svou kůži na trh pod svými jmény. Děkujeme všem co tuto prosbu tvůrců webu akceptují a pomáhají styl diskuse dodržet. Za všechny autory děkuje Admin. **Smutné...**, bohužel taková je v současnosti česká povaha. Mnoho lidí má „touhu“ se vyřádit, vyprázdnit svou páchnoucí povahu pomocí nadávání a ponižování jiných. Proto musí chodit na internet pod smyšlenými nicky, aby je nikdo nepoznal.

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Černé díry

Martin Plec,2016-02-13 21:06:53

Když se bavíme o dynamickém horizontu, tak ten se při splývání černých děr dost vlní. Asi se může stát, že oblast, která se dostala pod horizont, se z pod něj zase vynoří. Může se z pod horizontu událostí vynořit hmota (fermiony)? Mám pocit, že

tomu brání nějaká matematika. Kdyby to šlo, může nám vynořivší se hmota nebo záření přinést nějakou informaci z oblasti pod horizontem událostí? Samozřejmě jen teoreticky.

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: Re: Re: Černé díry

Pavel Bakala,2016-02-13 22:53:58

Plocha horizontu, která je úměrná entropii černé díry, se nemůže nikdy zmenšit. Zároveň horizont (dle definice) je skutečně směrem ven nepropustnou membránou, takže nic z oblasti pod ním nemůže uniknout. Těžko hovořit o chování nějaké oblasti prostoročasu, pokud se samotná prostoročasná geometrie a v případě splývání černých děr i topologie mění. Pokud výsledná černá díra rotuje, což by díky zachování momentu hybnosti původního binárního systému asi měla, tak je i samotný prostoročas v její blízkosti výrazně strháván rotací (efektem frame-draggingu). Takže odchylky od axiálně symetrického tvaru horizontu rotují spolu se strhávaným prostoročasem, dokud se vyhladí právě díky vyzařování gravitačních vln. To jsou právě ty tlumené kmity na konci paternu zachyceného signálu.

[Odpověď](#)

možnosti detekce

Roman Gramblička,2016-02-12 09:16:08

mně by dost zajímalo, jaké jsou možnosti zvýšení citlivosti detekce. Po nákladném upgradu jsme detekovali pravděpodobně jednu z nejsilnějších vln, jaké se ve vesmíru prohánějí, která ale měla amplitudu průměru atomového jádra. Již to mi dělá potíž pochopit, jak je možné něco takového detekovat, možnosti zvýšení citlivosti jsou zcela mimo mou představivost.

[Odpověď](#)

Re: možnosti detekce

Jakub Beneš,2016-02-12 12:54:37

možnosti jsou dat ty detektory dale od sebe, nebo prohnat tím světlo vickrát. ovšem máte pravdu, čím dale to bude od sebe, tak tím se zase přiblížíme k hranici rychlosti šíření gravitační vlny, takže ta bude ovlivňovat začátek přístroje, ale zatím ne konec. a to nám správně měření znemožní. takže si taky neumím představit nějaké další výrazné zpřesnění, bez nějaké nové fyziky.

[Odpověď](#)

Re: Re: možnosti detekce

Vojtěch Kocián,2016-02-12 14:12:57

Jak by ohledně citlivosti prospělo delší rameno detektoru? Měl jsem za to, že délka ramene ovlivňuje především zachycené vlnové délky. LIGO má 4 km dlouhá ramena, takže bude citlivý na obdobně dlouhé vlny, což ho omezuje na extrémně rychlé události typu srážka černých děr či neutronových hvězd. Ramena délky miliónu kilometrů (plánovaná pro vesmírné sondy systému eLISA) už by měla zachycovat události s periodou několika sekund. Jak je to s citlivostí, nevím.

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: možnosti detekce

Vít Výmola,2016-02-12 16:38:16

Je třeba si uvědomit, že amplituda procházející gravitační je bezrozměrné číslo, spočítané jako $h = dL/L$, kde L je délka ramene. Čili čím větší L , tím pro jedno konkrétní h (a tedy citlivost) vychází vyšší dL - a to je ta odchylka, kterou měříme. Pozemní interferometry mají L řádově několik kilometrů, plánované vesmírné budou mít miliony km, tedy citlivost milionkrát vyšší!

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: možnosti detekce

Vladimír Wagner,2016-02-12 16:40:42

Pozoruje se relativní smrštění nebo natáhnutí prostoru. Větší velikost ramena tak způsobí větší absolutní hodnotu posuvu.

[Odpověď](#)

Re: Re: Re: Re: možnosti detekce

Stanislav Brabec,2016-02-12 18:59:04

Předpokládám, že to ovšem platí pouze tehdy, pokud je délka vlny (řádově) delší než velikost ramene detektoru.

To navozuje otázku: Pokud se uvnitř LIGO odrazí paprsek třeba desettisíckrát, urazí již 40000 km, tedy trvá mu to více než 0,1 sekundy. Jak to, že vlna, která trvá kratší dobu, se při detekci nevyruší? A pokud dobře počítám, 10 000 odrazů ani zdaleka nestačí, aby došlo k posuvu, kterou interferometr zaznamená. A přitom 10 000 odrazů vyžaduje extrémně odrazivá zrcadla a silný laser, aby k detektoru vůbec nějaké fotony doletěly.

Jak toho tedy vlastně dosahují?

[Odpověď](#)

Dokonalý optický klam vyžaduje koherenci frekvence a fáze 10^{21}

Josef Hrcirik,2016-02-15 10:08:17

Pokud púlperioda gravitační vlny trvá cca 3 ms, a rozdíl expanzí ramen je cca $2 \cdot 10^{-21}$, pak paprsek běžící 3 ms uběhne cca 900 km po cca 300 odrazech. Nd laser vlna má cca 1 μm , tj. púlvlň k interferenci je cca $900 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 1000 \cdot 000 = 2 \cdot 10^{12}$ a posuv fáze k interferenci je cca $4 \cdot 10^{-9}$ púlvlň, tj. $2 \cdot 10^{-9}$ vlny = $2 \cdot 10^{-15}$ m. Fázový šum 1 odrazu by tedy měl být cca $300^{1/2}$ *menší, tj. $3 \cdot 10^{-14}$ m. Atomy povrchu optických členů představují šum cca 1 Å, tj. 10^{-10} m. Nehledě na nutnost zachování přesné geometrie odrazů.

Aby vznikla interferenční tma a z ní se vykontrastovalo světlo z fázového posuvu, rozdíl intenzit z ramen by asi měl být menší než očekávaný signál.

Kde dělám směšné chyby?

[Odpověď](#)

Re: Dokonalý optický klam vyžaduje koherenci frekvence a fáze 10^{**21}

Pavel Brož, 2016-02-15 15:38:01

Neděláte žádnou směšnou chybu, ale to, co je tam podstatné, je ten Fabry-Perotův interferometr, který tam funguje díky těm odrazům, a který význačnou měrou zostrňuje to pozorovatelné maximum. Mimochodem, v LIGO těch průchodů tam a zpět je jen 75, paprsek při nich tedy projde efektivní dráhu $75 \cdot 2 \cdot 4 = 600$ km, což je pro frekvenci gravitační vlny rovnu 100 Hz pětina její vlnové délky.

Pokusil jsem se narychlo pohledat odhad maximální přesnosti pro displacement zrcadel, našel jsem zatím jen toto:

https://books.google.cz/books?id=mMLuISueDKYC&pg=PA423&lpq=PA423&dq=fabry-perot+maximal+finesse&source=bl&ots=zZ4yPemoN5&sig=_dNBKWFsq7oqOT8xmGGang5OHk&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwjIhP_B9vnKAhWBwHIKHZVXCqI4ChDoAQgrMAY#v=onepage&q=fabry-perot%20maximal%20finesse&f=false ,

konkrétně vzorec (10.34) resp. (10.35). Ten dává pro vlnovou délku laseru rovnu cca 0.5 mikrometru a pro výkon laseru cca 1 W a pro frekvenční pásmo 1 Hz omezení cca $3.6 \cdot 10^{**17}$ m. LIGO má větší výkon laseru (200 W), výrazně znásobený těmi odrazy, a protože dle toho vzorce (10.35) ta maximálně dosažitelná přesnost závisí nepřímo na odmocnině z výkonu, tak by to mohlo aspoň dva řády přihodit k dobru.

Každopádně ale nepochybuji o tom, že kromě právě zmíněného tam hraje důležitou roli i spousta jiných faktorů a množství rušivých vlivů, jejichž úspěšná eliminace je svým způsobem špičkovou experimentální magií, o které nemám bližšího zdání.

[Odpověď](#)

Díky. Ďáblové se skrývají v detailech.

Josef Hrcirik,2016-02-15 18:30:25

[Odpověď](#)

Re: Díky. Ďáblové se skrývají v detailech.

Josef Hrcirik,2016-02-15 19:13:29

Popularizátoři to oslům prodávají jako 100% Michelsonův interferometr.
Ani se nezmíní o mnohem větší citlivosti Fabry-Perrotova interferometru.
Možná to navíc souvisí s aktivním laserováním v dutině 3 km F.P. rezonátoru.
?současně též inteferometru? ?ev. se signály z obou 3 km ramen před vstupem do
detektoru po sloučení pro sichr proženou ?již 3. F.P.i.

Takže pro uklidnění jen jednoduchá a názorná otázka.

Ve směru osy z letí z dvojdíry gravitační vlna. Foton Xaver letí expandujícími 3 km,
fotonka Yvonne zgrcávajícími.

Předpokládám, že Yvonne zvítězí minimálně o prsa.

Začne však na trati též modrat?

[Odpověď](#)

Re: Re: Díky. Ďáblové se skrývají v detailech.

Pavel Brož,2016-02-15 22:53:15

Otázka, zda foton na své cestě zmodrá (či v opačném rameni zčervená, za
půlperiodu gravitační vlny pak samozřejmě naopak) je otázka, na kterou je až lákavě
snadné špatně odpovědět. Jedná se totiž jednak o volbu referenční soustavy, a také
o geometrické uspořádání, **pokusím se to maličko rozvést.**

Nejprve se zmíním o volbě referenční soustavy. **A tuto ref.s. pan Brož spojí s kým-
čím ? Se základním pozorovatelem, anebo s fotonem, anebo s interferometrem ?** Ta
je v obecné teorii relativity naprosto klíčovou věcí. **Klíčovou věcí je „s čím“ spojí pan**

Brož tu referenční soustavu a pak do které soustavy vztahuje měřené hodnoty !
Obecná teorie relativity totiž disponuje aparát, který perfektně funguje i v naprosto obecných prostoročasech, tím mám na mysli, že jejich křivost (zřejmě má na mysli křivost dimenzí délkových a časové,) se může měnit jak v závislosti na poloze v prostoru, tak v závislosti na čase. Tak toto je nepřesné vyjadřování. Brož by měl své formulace psát tak, aby zřetelně odděloval fyzikální realitu Vesmíru (obecné stavy časoprostoru v něm) od lidmi uměle vytvořených teorií, OTR, STR, které umí popisovat změny křivostí dimenzí čp v závislosti na poloze a místním čase. Z jeho věty není zřejmé zda Vesmír mění své křivosti dimenzí tedy stavy časoprostoru podle lidí, tj. podle OTR, anebo obráceně, tedy že si Vesmír může sám měnit křivosti dimenzí čp a pak teoretický výtvar lidí OTR STR kopíruje-mění popis těchto křivostí. V takových obecných prostoročasech neexistuje globální inerciální soustava, A už jsme spadli do jeho nepřesného vyjadřování. V reálním fyzikálním Vesmíru nejsou žádné soustavy, natož inerciální či neinerciální a natož lokální či globální. Jen lidé – Pozorovatel – mohou „do Vesmíru“ vsouvat soustavy a modelovat je (aby byly inerciální anebo jiné) Ani v kontextu Brožova věta neříká zda ona jeho „inerciální soustava“ neexistuje v prostoročasech reálných anebo v prostoročasech teoretických tj. v OTR. tím pádem ani nelze v žádné soustavě globálně splnit platnost prvního Newtonova zákona, podle kterého se v takové soustavě volné těleso pohybuje rovnoměrně přímočaře. ?? Co takovou formulací chtěl básník říci ? Vesmír neplní příkazy Brože, anebo Brož nemůže splnit příkazy Vesmíru ??

Víme, že v celém vesmíru panuje gravitace, všude, jinak řečeno, že v celém vesmíru je časoprostor křivý (všude jinak křivý). Jenže je nutné ve vědě respektovat konvenci, že : vesmír si sám nepředepisuje žádné soustavy, lidé „předepisují“ do vesmíru soustavy. Ve Vesmír existují čtyři základní pohyby : rovnoměrný přímočarý, rovnoměrný křivočarý..., nerovnoměrný zrychlený a rovnoměrný zrychlený. A pak přijdou lidé a těmto tělesům „přiřadí“ soustavy a budou o soustavách říkat, že je inerciální nebo neinerciální. Soustava nespojená s tělesem je zbytečností. Proto když se řekne že se pohybuje inerciální soustava, rozhodně se tím automaticky myslí, že se pohybuje inerciálním pohybem těleso a ...a soustava je k němu teoreticky přiřazena....Vesmír tělesu sám nic nepřisazuje. Dokonce víme, přísně řečeno, že ani ten rovnoměrný setrvačný pohyb neexistuje, gravitace je naprosto všude, křivý časoprostor je naprosto všude, a tím pádem se všechna tělesa gravitačně přitahují a

tím pádem se všechna tělesa pohybují neinerciálním pohybem... A víme, že pro praktickou potřebu, i teoretickou potřebu, že v kosmologických vzdálenostech my pozorovatel zanedbáváme onu nesmírně malou gravitaci a těleso „pasujeme“ do rovnoměrného setrvačného pohybu a tím mu přiřazujeme inerciální soustavu. V obecném prostoročase se laicky řečeno i volná tělesa (volná znamená ta, na které nepůsobí gravitace...což neexistuje, ale je-li gravitace nesmírně malá, tak jí zanedbáváme) zanedbávání a zaokrouhlování je svým způsobem „podraz“ na principu. Viz : http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/i/i_019.doc No, řekněmež, že lze prakticky nelinearitu zaokrouhlit na linearitu,

viz ((*)) → je umístěno dole pod textem tělesa pohybují navzájem vůči sobě s obecně proměnlivými zrychleními, a žádná soustava či třída soustav není a priori preferovaná. To samozřejmě neznámá, že nemůžeme definovat nějakou soustavu, která je pro naše výpočty praktičtější než jiná - může to být soustava, vůči které jsou význačná vybraná tělesa v klidu a povaha námi sledovaného jevu může vést ke zjednodušení popisu v dané soustavě ve srovnání s popisem v soustavách jiných. Obecně ale neexistuje žádný princip, který by popis v některých ze soustav mohl ocejchovat jako správný, zatímco v jiných za nesprávný. O.K.

Prostoročas vlnící se v důsledku průchodu gravitačních vln je jedním z takových případů, ve kterých nelze jednoznačně definovat, co je v pohybu a co se vlastně vůči čemu vlní. To, co můžeme s určitostí říct, je že se mění tzv. skutečná vzdálenost mezi tělesy. Tuto skutečnou vzdálenost můžeme hypoteticky měřit tzv. ideálními měřicími tyčemi. Tyto tyče musí být "infinitezimální", aby na ně nemohly být ovlivněny nehomogenitami gravitačního pole, plus musí u nich odkorigovány všechny tzv. neuniverzální (=negravitační) vlivy. Měření ideálními tyčemi by ale kolikrát bylo v praxi neproveditelné (např. už jen proto, že geometrie prostoru se v průběhu měření skutečné vzdálenosti stihne změnit, což je zrovna případ těch gravitačních vln), proto se mnohem praktičtěji měření geometrie prostoročasu provádí podle příslušných vzorců s pomocí elektromagnetických signálů (nejčastěji světla či rádiových vln). Každopádně, ať už se skutečná vzdálenost určí ideálními tyčemi nebo těmi signály, tak díky ní můžeme zjistit, že při průchodu gravitační vlny se vzdálenost mezi tělesy mění.

To, že se skutečná vzdálenost mezi tělesy mění, nicméně neumožňuje říct, které z těchto částic jsou v klidu a které se vůči nim pohybují. Obecně nelze v prostoročase s gravitačními vlnami určit žádnou inerciální soustavu, o níž bychom prohlásili, tak tato soustava je ta pravá a vše, co se vůči této soustavě nepohybuje, se opravdu nepohybuje, a vše, co vůči této soustavě kmitá, prostě opravdu kmitá. Můžeme si samozřejmě vypomocť tím, že např. vezmeme soustavu, vůči níž jsou vzdálenější hvězdy v klidu či rovnoměrně přímočarém pohybu, a tvrdit, že zrovna tato soustava je ta správná. Ve skutečnosti je její "větší správnost" daná jenom naším subjektivním výběrem, plus navíc, pokud bychom takto definovanou soustavu chtěli prodlužovat do dostatečně velké vzdálenosti, tak stejně narazíme na potíže v podobě rozpínajícího se vesmíru - na dostatečně velkých škálách totiž inerciální soustava neexistuje už jenom z tohoto důvodu. (inerciální soustava, lidmi stanovená, „plave“ ve fyzikálním reálném křivém časoprostoru ...; anebo v jiném pohledu na věc řečeno : euklidovská soustava souřadná přímá je „geometrickým rastrem“ v němž „plavou“ všechny jiné křivé fyzikální stavy časoprostorové)

Takže v našem případě se při průchodu gravitační vlny vůči sobě hýbe úplně vše. Pro nás je ale z pohledu detekce gravitačních vln důležitý jen vzájemný pohyb zdrojového laseru, dále rozdělovacího zrcadla (beam splitter), koncových zrcadel, a nakonec detekční fotodiody. Naši referenční soustavu si můžeme zvolit různými způsoby, můžeme např. chtít, aby v naší soustavě byl beam splitter v klidu a prodloužit z něj soustavu pomocí skutečných vzdáleností. V takové soustavě se nám budou jevit koncová zrcadla jako kmitající. Můžeme ale také zvolit jinou soustavu, ve které se polohy jednotlivých částí LIGA nemění (myšleno tím, že se nemění jejich souřadnice v této soustavě, nikoliv jejich skutečné vzdálenosti). Tuto druhou soustavu si lze představit vlastně jako natahující a smršťující se vůči první. Fyzikální jevy samozřejmě nezávisí na volbě soustavy, musíme ale samozřejmě vzít v potaz to, jak v dané soustavě vypadá tzv. metrický tenzor, který udává geometrické vlastnosti prostoročasu. Pokud používáme prvou z těchto soustav, tak počítáme v tzv. TT-kalibraci, pokud druhou, tak v tzv. LL-kalibraci. Detailněji jsou obě popsány ve výborných lekcích jednoho z nestorů obecné teorie relativity, Kipa Thorna, a to zde:

<http://www.pmaweb.caltech.edu/Courses/ph136/yr2012/1227.1.K.pdf>

(výpočty v TT-kalibraci jsou zde od strany 45, v LL-kalibraci od strany 47 dole).

Důležité každopádně je to, že jednotlivé popisy jsou navzájem ekvivalentní. Je to podobná situace, jako můžeme v klasické fyzice popisovat děje jak např. v inerciálních soustavách, tak i v neinerciálních (nejčastěji např. v rotujících soustavách), které se vůči těm předchozím pohybují zrychleně. V klasické fyzice můžeme ale tvrdit, že popis v inerciálních soustavách je význačnější, než v neinerciálních, protože v inerciálních platí první Newtonův zákon, zatímco v neinerciálních neplatí. V obecné teorii relativity ale v obecném prostoročase nelze globální inerciální soustavu vůbec zavést, proto pak nemůžeme argumentovat, že nějaká třída soustav je a priori význačnější, než jiná.

Nyní k té změně frekvence fotonu. Záleží totiž na tom, v jaké soustavě ho pozorujeme. Pokud zvolíme někde na dráze paprsku nějaký pozorovací bod, tak bude záležet, vůči čemu a jak se tento bod pohybuje. Připomeňme, že v obou výše zmíněných soustavách (tedy v TT kontra LL kalibraci) se např. koncová zrcadla jednou pohybují (v LL kalibraci) a jednou nepohybují (v TT kalibraci). Nepřekvapí proto, že v obou soustavách naměříme jinou frekvenci fotonu. Bez ohledu na to ale fázový rozdíl na beam splitteru vyjde stejný ať už použijeme TT nebo LL kalibraci.

Nás bude ale nejspíše zajímat frekvence fotonu v místě pevně spojeném s finální detekční fotodiodou, nikoliv frekvence fotonu v nějakém abstraktním bodě nějaké obecné referenční soustavy. Tato frekvence bude ovlivněna především vzdáleností mezi zdrojovým laserem, beam splitterem a fotodiodou. V reálném LIGU jsou tyto vzdálenosti malé, takže frekvenční posun bude nepatrným zlomkem toho, jaký bychom dostali v TT kalibraci na koncových zrcadlech. Obecně ale opět platí, že se de facto pohybuje vše vůči všemu, a pokud by zdrojový laser byl dostatečně daleko od beam splitteru, a případně ten od fotodiody, tak by se ta detekovaná frekvence periodicky měnila.

[Odpověď](#)

Zdáse, že vše je v dobrých rukou. Díky. Alahu akbar.

Josef Hrcirik,2016-02-16 06:58:10

[Odpověď](#)

Re: Re: možnosti detekce

Martin Krupicka,2016-02-12 15:53:45

Pokud jsem dobře pochopil princip, tak LIGO detekuje komponentu gravitační vlny ve směru svých ramen. Pokud by vlna byla o 45 stupňů pootočená, neuvidí nic. Takže přidat ramena o 45 stupňů pootočená.

Ale pořád je to jen v rovině země v daném místě. Proto by se hodilo zachycovat i z-komponentu, pro kterou bude nutno zkopírovat celý detektor o 90 stupňů jižněji. Což asi řeší ty další observatoře, mj. v Indii.

[Odpověď](#)

Pán Bakala alebo pán Wagner,

Juraj Chovan,2016-02-12 08:26:26

pre lepšie pochopenie prosím Vás o vyjadrenie sa k nasledovnému:

Gravitačné vlny sa častokrát vysvetľujú ako analógia k vlnám na pokojnej hladine ktoré za sebou zanecháva plávajúca loď. Dynamika zakrivenia priestoročasu v prípade rotácie dvoch hmotných objektov okolo spoločného ťažiska sa zasa prirovnáva k dynamike zakrivenia napnutej plachty ktorá "tancuje" ak na jej povrchu rotujú okolo spoločného ťažiska dve gule spojené lankom.

Rozoberme tie vlny na hladine spôsobené loďou: V skutočnosti ide o prvú veľkú vlnu a nasledujúci súbor malých vlniek prichádzajúcich v pravidelných intervaloch. Ak tomu rozumiem správne, samotná loď vytvára iba prvú veľkú vlnu. Zvyšné malé vlnky sú dôsledkom komplikovanej interakcie samotného média (vody) ktorým sa vlny šíria (po prechode lode - v brázde za loďou - sa voda za loďou "zatvorí" a dynamika toho vytvorí novú vlnku, následne sa voda znovu "otvorí" a znova "zatvorí" atď. a tento proces - nie samotná loď - spôsobuje tie malé vlnky).

Podobne v prípade pohybu gule po napnutej plachte: Ak zanedbáme interakciu plachty samej so sebou, priamočiary pohyb jednej gule spôsobí že plachta sa 1x "preborí" a následne znovu vráti do pôvodnej napnutej polohy.

Ak však uvážime aj hmotu plachty dynamika procesu je zložitejšia, lebo nenulová hybnosť plachty samotnej spôsobí že po opätovnom napnutí sa bude plachta ešte chvíľu jemne vlniť. Už nie kvôli hmote gule - tá spôsobila iba prvé veľké preliačenie plachty - ale kvôli hmote samotného média (plachty) ktorým sa vlny šíria.

Moja otázka je nasledovná:

Čo sa vlastne myslí pod gravitačnou vlnou a čo LIGO pozoroval? Pozorovali sme "iba" dynamiku zakrivenia priestoročasu v dôsledku rotácie čiernych dier okolo spoločného ťažiska?

Alebo sa pod gravitačným vlnením myslí to že časopriestor sa pri rýchlom pohybe hmotného telesa nielen zakriví, ale zároveň sa následne aj "zachveje" v dôsledku vzájomnej interakcie emitovaných gravitónov samých so sebou a LIGO detekoval toto "zachvenie"?

Odpověď

Re: Pán Bakala alebo pán Wagner,

Pavel Bakala, 2016-02-16 15:29:04

Omlouvám se poněkud pozdní odpověď. K těm analogiím: neberte populární analogie až tak příliš vážně, dynamika vodní hladiny nebo napnuté plachty se od dynamiky gravitačního pole přece jenom liší :-). Nicméně, pokud bychom v analogiích pokračovali, tak to, co popisujete, by odpovídala self-interakci gravitačního pole, což nelineární Einsteinovy rovnice obsahují a v silných polích je to jejich podstatná vlastnost. Ale hodně daleko od zdroje, tedy v případě slabých gravitačních vln, je nelinearita a tedy i self-interakce pole zcela zanedbatelná a můžeme se bez problémů omezit na popis hodně podobný elektromagnetickému vlnění. Je to tak, že u slabé monochromatické rovinné gravitační vlny se ke statické geometrii pozadí

přičítá malá porucha (tenzorová amplituda) násobena funkcí $\sin(\omega t - \mathbf{k} \cdot \mathbf{x})$, kde ω je úhlová frekvence, t je čas, \mathbf{k} je vlnový vektor a \mathbf{x} je polohový vektor vzhledem ke zdroji vln. Je to tedy řešení úplně obyčejné vlnové rovnice, postupné vlnění. Dále ještě musí platit, že vlnová délka bude podstatně menší než poloměr křivosti prostoročasu, což ale vzhledem k tomu, že se uvažuje ploché prostoročasové pozadí (velmi slabé gravitační pole), je splněno vždy. Nějaké složitější frekvenční průběhy můžete díky linearizaci složit z takových monochromatických vln pomocí Fourierova rozkladu. To je to, co detekuje LIGO.

Zpátky k analogii, vy jste daleko od zdroje - lodě a ten chaos (turbulentní proudění apod..) se vyskytuje pouze velmi blízko lodě. Na hladině ve větší vzdálenosti se už šíří jednoduché vlnění.

[Odpověďt](#)



ing. Pavel Ouběch, 62 let v r. 2016 , obchodní manažer CCA Group.

montec111@seznam.cz montec111@seznam.cz

Člen ČAS...

Adresa redakce
Kosmické rozhledy
Sekretariát ČAS
Astronomický ústav AV ČR
Boční II / 1401
141 31 Praha 4
e-mail: kr@astro.cz ; info@astropis.cz

Dotaz: Zajímalo by mne, zda mají virtuální částice kvantové fluktuace vakua nulovou gravitační a setrvačnou hmotnost. pokud ano - jak se procentuelně projevuje na celkové hmotnosti vesmíru pokud ne, co tlačí Casimirovy desky k sobě? ([Pavel Ouběch](#))

Odpověď: Velmi obecně pro setrvačné a gravitační účinky je podstatná relativistická hmotnost částice, tj. v podstatě energie. Tedy například foton, který má sice nulovou klidovou hmotnost, ale nenulovou energii a tedy relativistickou hmotnost "padá" v gravitačním poli. Jak může ten foton doletět k zemi ze vzdálenosti 12 miliard světelných let „po přímce“, aniž by cestou jeho dráha nebyla jednou či vícekrát zakřivena, to mě je záhadou..., a hlavně to, že to vědci nevysvětlují a vůbec se o tom nezmiňují, proč foton po 12 miliard nemění „přímou“ dráhu? Pokud takový foton vytvoří virtuální elektron-pozitronový pár, pak díky zachování energie gravitační efekty působící na pár budou stejné, jako na původní (a posléze pokračující) foton. Gravitační účinky na jednotlivé členy páru nelze jednoduše předpovědět, neboť přes vnitřní rozdělení energie (a hybnosti) virtuálních částic se integruje, tj. berou se v úvahu všechny možné realizovatelné situace, navíc s tím, že pro virtuální částice nemusí být splněna relace $E^2 + p^2 = m_0^2$. V silném poli může docházet k zajímavým jevům, např. k produkci reálných částic (jak v elektromagnetickém poli, tak pravděpodobně v gravitačním - tzv. Hawkingovo záření z černých děr. Tyto jevy ale je třeba seriózně počítat v rámci kvantové teorie pole.

Kvantové efekty, zpestřující život každé částice, však přispívají k její hmotě - k té, kterou měříme v experimentech. Tj. příspěvek virtuálních částic už je započten ve hmotě částic. ?? S Casimirovým efektem tohle ale vůbec nesouvisí: Casimirův efekt je způsoben tím, že

- kvantované pole ve vakuu má svou strukturu, není prostě nula ?
- vakuová konfigurace elektromagnetického pole mezi dvěma vodivými deskami je jiná, než prostě vakuum od nevidím do nevidím. Tento rozdíl vede k přitažlivé síle, aniž by bylo možné jednoduše odhadnout i třeba jen to, zda je přitažlivá nebo odpudivá.

Jasně vysvětlení Casimirova efektu je v mnohých článcích na webu, stačí do hledače napsat "Casimir effect". Za tento efekt neodpovídá hmotnost virtuálních částí mezi deskami ...

Obecná poznámka k tématu: Prakticky jedinou smysluplnou cestou k pochopení efektu kvantové teorie pole je seriózní studium kvantové teorie pole.

([Jiří Dolejší](#))

((*))

Vážení páni vědci ...

... víte jaký je rozdíl mezi elipsou a parabolou ? Odpověď (moje) : Rozdíl je jen >chlup<. Z paraboly „chlup“ ubereš a je z ní elipsa a k elipse „chlup“ přidáš a je z ní parabola... že neéé ?

A co jiného (přesnějšího) děláte Vy, když zaokrouhlujete výpočty gravitace ?, ocituji pana Vojtěcha Ullmanna :

Fyzikové se snaží o sjednocení (jednotné pochopení) všech čtyř fundamentálních interakcí, tedy i interakce silné a gravitační. Nelinearita popisu gravitace v rámci OTR je značnou překážkou, takže pro usnadnění "první etapy" se někdy snaží, jak správně píšete, "rozdrobit" obecně nelineární systém na přibližně lineární podsystémy. Lze tak získat mnohé poznatky koncepčního významu, které se pak dají precizovat při zdokonalování teorie.

Je opravdu otázka, zda je to cesta správným směrem? Žádnou jinou schůdnou cestu však zatím nikdo nezná ...

A co jiného (přesnějšího) děláte Vy, když renormalizujete, aby se „odstranily nekonečna v rovnicích“ ?,...

A co jiného (přesnějšího) děláte Vy, když v binomickém rozvoji

$$(a + b)^n = a^n + \binom{n}{1} a^{n-1} \cdot b + \binom{n}{2} a^{n-2} \cdot b^2 + \binom{n}{3} a^{n-3} \cdot b^3 + \dots + \binom{n}{n-1} a b^{n-1} + b^n \quad (a - b)^n = a^n - \dots \text{atd.}$$

→ poslední členy zahodíte nebo zanedbáte ?

Zahodíte-li poslední členy rozvoje např. tohoto : $(1 - v^2 / c^2)^{-1/2} = ??$, tak nezjistíte, že to je :

$$(1 - v^2 / c^2)^{-1/2} = \sqrt{2} \quad \text{a to přesně. (rovnice má souvislost-návaznost na Lorentzův relativistický člen)}$$

Požádal jsem pana prof.Karla Výborného vybornyk@fzu.cz 16.07.2003 o napsání 6 ti členů tohoto rozvoje, bohužel mi neodpověděl ; ani na to zda je ten výsledek s odmocninou ze dvou správný.

[pozn.21.02.2006 – neodpověděl mi na to nikdy nikdo dodnes](#)