

<https://www.youtube.com/watch?v=8aR77s9RLck>

What If Gravity is NOT Quantum?

Co když gravitace NENÍ kvantová?



[PBS Space Time](#)

3,01 mil. odběratelů

1 219 128 zhlédnutí 9. 11. 2023

Take the PBS Annual Fan Survey: <https://to.pbs.org/pbssurvey2023d> PBS Member Stations rely on viewers like you. To support your local station, go to: <http://to.pbs.org/DonateSPACE>

0:00

(01)- The Holy Grail of theoretical physics is to come up with a quantum theory of gravity but after a century of try we really have no idea how close we are or if it's even possible but we shouldn't feel bad because it turns out that the universe is doing everything in its power to make this as difficult as possible well perhaps it's just telling us that quantum gravity isn't possible should we take the hint our modern theory of gravity was discovered a little over a century ago with Albert Einstein's general theory of relativity and then just a little under a century ago we discovered quantum mechanics which would become our modern theory of everything except gravity it was an exciting decade or so for physics but then things slowed down we've spent the following 100 years trying to reconcile these two theories and bring them together into a single Master Theory of Everything the most common approach to this reconciliation has been to try to make gravity quantum after all we got a theory of quantum electromagnetism by quantizing the electromagnetic field the result was quantum electrodynamics in which the force of electromagnetism can be described by the exchange of a single Quantum of this field which turns out to be the photon the same basic procedure led to the Discovery and quantization of the strong and weak nuclear forces with their Associated particles gluons carrying the strong force and w and z bosons carrying the weak so if three the four forces of nature are quantum surely quantizing gravity is an essential step on the path to a final Theory and if the gravitational field is quantized then it should be made up of Quant gravity should be mediated by its own Force carrying particle we call this hypothetical particle the graviton detection of the graviton would allow us to confirm gravity's Quantum nature and even test out theories of quantum gravity such as string theory and loop quantum gravity we've talked about these theories in the past they are mathematically very dense and involve quite a bit of speculation and some have argued that we are getting way way ahead of ourselves with these theories So today we're going to get right back to the basics to do that we'll follow some of the thinking of Freeman Dyson who helped shape quantum theory from near the beginning and thought about the most fundamental questions for all his long life we'll see what he had to say about whether it's even imposs to detect a graviton something we need to do in order to verify that gravity really is quantum but first we're going to follow another

musings of Dyson's in which he asks whether the same trick that told us that electromagnetism must be a Quantum force can also be applied to gravity the quantum nature of electromagnetism was the very first clue that led to the quantum Revolution it first showed up in the mathematical trick that Max plank used to explain thermal radiation and this inspired Einstein to take the quantization of electromagnetism seriously in order to explain the photoelectric effect now we understand that the electromagnetic field and electromagnetic waves AKA light can be described as being composed of countless tiny and individual packets of energy called photons Plank and Einstein's discoveries were clues that led to the full development of quantum mechanics in the mid 192 which was followed quickly by our full quantum theory of electromagnetism Quantum electrodynamics but even before electromagnetism was properly quantized Neils B and **Leon Rosenfeld** came up with a strong argument that this Force must be fundamentally Quantum I'm going to go through this thought experiment because maybe if it works for electromagnetism we can also use it to argue for gravity being Quantum let's start with a simple particle in motion at any point in time particle has a position and a momentum if this is a Quantum particle then it's impossible to simultaneously measure both of these properties with perfect Precision if we try to measure the position very precisely then the uncertainty in the momentum increases if we try to measure the momentum as perfectly as possible then the position becomes undefined and it's not just that we lost the certainty in one property by bumping it or whatever when we tried to or the other the Heisenberg uncertainty principle is a fundamental limit to the knowability of the quantum world and we talk about this fundamental in this video this trade-off between the knowledge we can possess about a Quantum system applies to many pairs of properties position versus momentum energy versus time one AIS of polarization or spin versus a perpendicular axis and many more so if the electromagnetic field is quantum in nature then conchy principle should apply to our attempts to measure this field okay back to our particle in

(01)- Svatým grálem teoretické fyziky je přijít s kvantovou teorií gravitace, ale po století pokusů opravdu netušíme, jak blízko jsme a jestli je to vůbec možné, ale neměli bychom se cítit špatně, protože se to otočilo na to, že vesmír dělá vše, co je v jeho silách, aby to bylo co nejtěžší, možná nám jen říká, že kvantová gravitace není možná, Myslím, že není možná. Gravitační pole je sice zakřiveným časoprostorem (respektive naopak), ale toto zakřivení nepřesahuje křivost kuželoseček. A toto pole nevydává excitovaný balíček „sbalených dimenzí“ jako to dělají ostatní fyzikální pole (fotony, gluony, Z,W)...kdybychom si vzali náznak, že naše moderní teorie gravitace byla objevena před více než sto lety s Albertem Einsteinova obecná teorie relativity a teprve před necelým stoletím jsme objevili kvantovou mechaniku, která se stala naší moderní teorií všeho, kromě gravitace, pro fyziku to bylo vzrušující desetiletí. Ale pak se věci zpomalily, strávili jsme následujících 100 let pokoušet se sladit tyto dvě teorie a spojit je do jediné hlavní teorie všeho nejběžnějším přístupem k tomuto usmíření bylo pokusit se udělat gravitaci kvantovou. Nejde to i proto, že gravitace je nelineární a interakce elementárních částic hmoty jsou lineární... Nakonec jsme získali teorii kvantového elektromagnetismu kvantováním elektromagnetického pole, výsledkem byla kvantová elektrodynamika, ve které lze sílu elektromagnetismu popsat výměnou jediného kvanta tohoto pole, které se ukáže jako foton, stejný základní postup vedl k objevu a kvantování silných a slabých jaderných sil s jejich přidruženými částicemi gluony nesoucími silná síla a bosony W a Z nesoucí slabé, takže pokud jsou tři, čtyři přírodní síly kvantové,

kvantování gravitace je jistě zásadním krokem na cestě ke konečné teorii, a pokud je gravitační pole kvantováno, pak by mělo být tvořeno kvantem gravitace, by měla být zprostředkována vlastní částicí nesoucí sílu, kterou nazýváme hypotetická částice, gravitonová detekce gravitonu by nám umožnila potvrdit kvantovou povahu gravitonu ne, graviton neexistuje..., křivost dimenzí gravitačního pole nepřesahuje 90^0 ... a dokonce otestovat teorie kvantové gravitace, jako je teorie strun a smyčková kvantová gravitace, a v tom to je, že gravitace pole křivých dimenzí nedosahuje křivosti sbalených dimenzí o kterých jsme mluvili tyto teorie v minulosti jsou matematicky velmi husté ???! a zahrnují docela dost spekulací a někteří tvrdili, že se s těmito teoriemi dostáváme daleko před sebe, takže dnes se vrátíme zpět k základům, abychom to dokázali. Bude následovat některé myšlenky Freemana Dysona, který pomáhal formovat kvantovou teorii od samého počátku a přemýšlel o nejzákladnějších otázkách po celý svůj dlouhý život, (Pokud Dyson pouze ležel a zíral před sebe a „přemýšlel a přemýšlel“, tak to je pak moc málo...) uvidíme, co řekl o tom, zda je vůbec nemožné detekovat graviton něco musíme to udělat, tak dělejte... abychom si ověřili, že gravitace je skutečně kvantová, ale nejprve budeme sledovat další Dysonovo přemýšlení, ve kterém se ptá, zda stejný trik,? který nám řekl, že elektromagnetismus musí být kvantová síla, lze také použít na gravitaci. Kvantová povaha elektromagnetismu byla úplně prvním vodítkem, které vedlo ke kvantové revoluci, poprvé se ukázalo v matematickém triku, který Max Planck použil k vysvětlení tepelného záření, a to inspirovalo Einsteina, aby vzal kvantování elektromagnetismu vážně, aby nyní vysvětlil fotoelektrický jev. Chápeme, že elektromagnetické pole a elektromagnetické vlny AKA světlo lze popsat jako složené z bezpočtu malých a jednotlivých balíčků energie zvaných fotony všechny elementární částice jsou >balíčky< dimenzí dvou časoprostorových veličin, krom toho jediného hypotetického gravitonu, co není balíčkem... Plank a Einsteinovy objevy byly vodítky, které vedly k plnému rozvoji kvantové mechaniky v polovině roku 1902, který byl rychle následován naší úplnou kvantovou teorií elektromagnetismu, Kvantová elektrodynamika, ale ještě předtím, než byl elektromagnetismus správně kvantován, Neils Bohr a Leon Rosenfeld přišli se silným argumentem, že tato Síla musí být zásadně kvantová, projdu si tímto myšlenkovým experimentem, protože možná, pokud to funguje elektromagnetismus, můžeme ho také použít k argumentaci, že gravitace je kvantová, ne, nemůžeme ho použít k argumentaci „pro kvantování“ gravitace PROTOŽE gravitační zakřivení dimenzí časoprostoru nepřesahuje 90^0 ... začněme s jednoduchou částicí v pohybu v libovolném časovém bodě, částice má polohu a hybnost, jistě, ale graviton není částice !!! je to chiméra. Každá částice musí být „balíček“ z dimenzí a to graviton není... pokud se jedná o kvantovou částici, pak není možné současně měřit obě tyto vlastnosti s dokonalou přesností. Pokud se snažíme změřit polohu velmi přesně, pak se nejistota hybnosti zvýší, pokud se pokusíme změřit hybnost co nejdokonaleji, pak se pozice stane nedefinovanou a není to jen tím, že jsme ztratili jistotu v jedné vlastnosti tím, že ji narazíme nebo cokoli jiného. Když jsme se o to pokusili nebo o to druhé, Heisenbergův princip neurčitosti je základním limitem poznatelnosti kvantového světa ?? a o tomto základu mluvíme v tomto videu, tento kompromis mezi znalostmi, které můžeme mít o kvantovém systému, platí pro mnoho párů vlastností poloha versus hybnost energie versus čas jeden AIS polarizace nebo spin versus kolmá osa a mnoho dalších, takže pokud je elektromagnetické pole kvantové povahy, pak by se na naše pokusy změřit toto pole měl vztahovat concy princip. co to je OK, zpět k naší částici v

.....

(02)- fact let's have two particles and give them both a negative electric charge we start them off moving towards each other we know that light charges repel so these particles will interact by the electromagnetic field when they get close and be deflected back we know that there's a Quantum restriction on how precisely we can measure the position and momentum of these particles but we also know that the particles motions are entirely defined by their interactions via the electromagnetic field so Bohr and Rosenfeld argued that the same restrictions on measurement of particle motion have to apply to the field that governs that motion after all measurements of the electromagnetic field can only happen by observing its interactions if those interactions are subject to fundamental Quantum uncertainty then the field must be also and if that's true then it's reasonable to think that the electromagnetic field is truly a Quantum entity as indeed it turns out to be okay so if this argument applies to electromagnetism why can't it also apply to the gravitational field if we can only measure the gravitational field through the interaction of massive particles and those particles are subject to Quantum uncertainty then surely our measurement of gravity is subject to the same here it's important to pay attention to the details of the Bohr Rosenfeld argument they realized that in order to confidently state that the Heisenberg uncertainty principle applies to electromagnetism we need to consider only a pristine electromagnetic interaction between the two particles the interaction needs to be mediated by the most Quantum possible influence of the EM field a so-called Quantum of action that's the part of the EM field that we're trying to measure if there are any extra bits of electromagnetic field then they'll add to our uncertainty in measuring the field responsible for the interaction but electromagnetism is pretty messy for example we know that moving charges create magnetic fields those extraneous components of the EM field prevent us from concluding that our knowledge of the EM field is limited to the same degree as our knowledge of particle motion only with a pristine interaction can we show that electromagnetism also obeys the Heisenberg uncertainty principle but Bohr and Rosenfeld came up with a clever trick to clean up the EM field in their thought experiment instead of individual particles moving towards each other they imagined in of particles one positive and one negative that cancels out any electromagnetic field emerging from the particle motion allowing us to describe the most fundamentally Quantum interaction via the EM field and it allows us to show that the EM field really is subject to True Quantum uncertainty but this is where we get stuck with gravity particles with electric charge are subject to the electromagnetic force the analogous charge for gravity is mass we can imagine a pair of massive particles moving towards each other and interacting via a Quantum of gravity our ability to measure that gravitational interaction should be limited by our ability to measure the motion of those particles but in order to show that the limit is truly the Heisenberg limit we need to rule out complex interactions for the gravitational field just as we did for the EM field so why not apply the same trick as Bohr and Rosenfeld just add an opposite gravitational charge to each particle but that means adding negative masses and as far as we know negative Mass doesn't exist and it's not just that we haven't discovered it yet there are very very good reasons to believe that negative mass is fundamentally impossible its existence would lead to Major paradoxes so it seems that the very nature of gravity forbids us from using Bohr and Rosenfeld's argument that might on the surface sound like a bit of bad luck but follow me through the next thought experiment and it starts to feel like the universe is really conspiring to prevent us from finding evidence of quantum gravity perhaps the most direct evidence of quantum gravity would be the observation of a graviton or at least of its effect after all the observation of the influence of individual photons in the photoelectric effect was a pretty clear

demonstration of the quantization of electromagnetism so on to the next thought experiment from Freeman Dyson he figured out what it would take to detect an individual graviton with a gravitational wave detector gravitational waves are ripples in the fabric of SpaceTime caused by Massive objects undergoing certain types of motion when a gravitational wave passes by it causes distances to change as space is ultimately stretched and compacted by a very tiny amount at least that's how gravitational waves look in general relativity Einstein's very unquity In classical electromagnetism electromagnetic waves are caused by accelerated

.....

(02)- fakt, mějme dvě částice **a dáme jim my?, nebo příroda?...** oběma záporný elektrický náboj začneme je pohybovat směrem k sobě víme, že světelné náboje se odpuzují, takže tyto částice budou interagovat elektromagnetickým polem, když se přiblíží a budou odkloněny zpět, víme že existuje kvantové omezení ohledně toho, jak přesně můžeme měřit polohu a hybnost těchto částic, ale také víme, že pohyby částic jsou zcela definovány jejich interakcemi prostřednictvím elektromagnetického pole, takže **Bour** a **Rosenell** tvrdili, že stejná omezení pro měření pohybu částic se musí vztahovat na pole, která řídí tento pohyb, poté, co všechna měření elektromagnetického pole mohou nastat pouze pozorováním jeho interakcí, pokud tyto interakce podléhají základní kvantové nejistotě, pak pole musí být také, a pokud je to pravda, pak je rozumné si myslet, že elektromagnetické pole je skutečně kvantová entita a skutečně se ukázalo, že je v pořádku, takže pokud se tento argument vztahuje na elektromagnetismus, **proč by nemohl platit také na gravitační pole, no protože gravitační pole, jeho křivost dimenzí nepřesahuje 90° ; je to snad slabý argument?** pokud můžeme gravitační pole změřit pouze interakcí hmotných částic a těchto částic podléhají kvantové nejistotě, pak jistě naše měření gravitace podléhá stejnému. Zde je důležité věnovat pozornost podrobnostem argumentu **Bore Rosenfeld**. Uvědomili si, že abychom mohli sebevědomě prohlásit, že Heisenbergův princip neurčitosti platí pro elektromagnetismus, musíme vzít v úvahu pouze nedotčená elektromagnetické interakce mezi dvěma částicemi, **interakce musí být zprostředkována** co možná největším kvantovým vlivem EM pole, takzvaným **kvantovým působením**, což je část EM pole, kterou se snažíme změřit, pokud existují nějaké extra bity elektromagnetického pole, pak přidají k naší nejistotě při měření pole odpovědného za interakci, ale **elektromagnetismus je docela chaotický**, **a proto je toto pole lineární** například víme, že pohybující se náboje vytvářejí magnetická pole, tyto vnější složky EM pole nám brání dospět k závěru, že naše znalosti o EM poli je omezeno na stejnou míru jako naše znalosti o pohybu částic pouze s nedotčenou interakcí, **můžeme ukázat, že elektromagnetismus se také řídí Heisenbergovým principem neurčitosti**, http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_028.jpg ; http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_027.jpg ; ((**Heisenbergův princip je základní myšlenkou, která řídí záhadný svět kvantové fyziky, $\infty \cdot 0 = 1 \cdot 1$; slavný fyzik Neil Degross Tyson naznačuje, že Heisenbergův princip je špatný a vesmír není lokálně reálný. → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_113.jpg)) ale válka a **Rosenfeld** přišli s chytrým trikem, jak vyčistit EM pole **ve svém myšlenkovém experimentu**. Místo toho, aby se jednotlivé částice pohybovaly k sobě, představovali si z částic jeden pozitivní a jeden negativní, které ruší jakékoli elektromagnetické pole vznikající při pohybu částice, což nám umožňuje popsat nezákladnější kvantovou interakci prostřednictvím EM pole a umožňuje nám ukázat, že EM pole skutečně podléhá nejistotě. True Quantum, ale tady uvízneme, když částice s elektrickým nábojem podléhají elektromagnetické síle, **analogický náboj pro****

gravitaci je hmotnost, ? můžeme si představit dvojici masivních částic pohybujících se k sobě a interagujících prostřednictvím kvantum gravitace, ? naše schopnost měřit gravitační interakci by měla být omezena naší schopností měřit pohyb těchto částic, ale abychom ukázali, že limit je skutečně Heisenbergova limita, musíme vyloučit složité interakce pro gravitační pole, stejně jako udělali jsme pro EM pole, tak proč nepoužít stejný trik ? jako B a Rosenfeld jen přidat opačný gravitační náboj ke každé částici, ale to znamená přidat záporné hmotnosti a je to



a pokud víme, záporná hmota neexistuje a nejde jen o to, že dosud jsme ji neobjevili, existují velmi dobré důvody domnívat se, že negativní hmota je v zásadě nemožná, její existence by vedla k velkým paradoxům, takže se zdá, že samotná povaha gravitace nám zakazuje používat B a rosenfeldův argument, který by mohl na povrchu znít jako trochu směšný, ale následujte mě dalším myšlenkovým experimentem a začnete mít pocit, že vesmír se skutečně spikl, aby nám zabránil najít důkazy o kvantové gravitaci, možná nejpřímějším důkazem kvantové gravitace by bylo pozorování gravitonu nebo přinejmenším jeho účinek, po tom všem, pozorování vlivu jednotlivých fotonů ve fotoelektrickém jevu bylo docela jasnou demonstrací kvantování elektromagnetismu, takže až do dalšího myšlenkového experimentu od Freemana Dysona přišel na to, co by bylo zapotřebí k detekci jedince, graviton s detektorem gravitačních vln gravitační vlny jsou riely ? v látce časoprostoru způsobené masivními objekty, které procházejí určitým typem pohybu, když kolem prochází gravitační vlna, způsobuje změnu vzdáleností, protože prostor je nakonec roztažen a ztuhne o velmi malé množství, alespoň to je jak vypadají gravitační vlny v obecné relativitě Einsteinova ? velmi nejednotnost V klasickém elektromagnetismu jsou elektromagnetické vlny způsobeny zrychlenými

(03)- charges but we now know that those waves are really made up of individual photons so if gravity is quantum then a gravitational wave should be made up of many gravitons in 2015 we detected our first gravitational waves caused by the merger of black holes with the laser interferometer gravitational wave Observatory the two Ligo facilities sense the extremely tiny relative changes in the lengths between their 4 km Arms by bouncing lasers many times along each arm and watching for subtle changes in how those beams recombined so what would it take to measure a single graviton probably is quite a bit more difficult than measuring a single Photon but there must be some Far Future gravitational W of detector that could do it that's what Dyson wanted to find out so we'll start by estimating how many gravitons are in a typical gravitational wave like the ones detected by ligo if we want to do that for an electromagnetic wave we take the total energy of the wave and divide it by the energy of a single Photon which is just the plank constant time its frequency that tells us that a ping 5 m 630 NM red laser pointer blasts out 10^{16} photons per second the typical gravitational wave detectable by ligo has an energy density of approximately 10^{-1} Jew per cubic M with an angular frequency of 1 khz that's 1,000 Herz according to Dyson the energy density of a single graviton in this frequency is at most 3×10^{-48} Jew per Cub M and that gives us around 3×10^{37} gravitons per cubic meter in these waves so what would it take to detect just one of

these well if the rotational wave that I described has around 10^{37} gravitons and that's just at the edge of ligo sensitivity then we need to improve that sensitivity by a factor of 10^{37} that sounds challenging but surely not impossible even if it would take some science fiction level device to do it to see just how science fictiony let's simplify our gravitational wave detector we're going to detect incoming waves by measuring the change in the distance between two masses we'll assume the masses are free floating in space but the argument also works for masses that are fixed to a device Dyson argues that in order to say that we detected a signal graviton we need to be able to measure a change in distance on the order of the plank length and that this requirement is actually independent of the frequency of the graviton you might recall from previous videos that the plank length is essentially the smallest distance that we can consider before the meaning of distance and space breaks down it's a pretty small distance so what sort of device could measure a change on that scale for our simplified gravitational wave detector the question becomes what combination of masses and distances between them would we need as our lonely graviton passes our detector the masses move in and out by a tiny amount in order to be sensitive to that tiny change in distance we need to measure the positions of each of those masses with a Precision equal to half of that change but the Precision with which we can measure those Mass positions is limited by the Heisenberg uncertainty principle which by now you're very familiar with while a mass is being moved by a graviton its speed changes it changes roughly by the distance it travels divided by the time it takes for a single graviton to pass by that time is just the separation of the masses divided by the speed of light that gives us the variation in the speed during our measurement multiply that variation by the mass itself and we get the change in momentum due to the passage of the graviton so now we have an estimate for the uncertainty in the position needed to detect the graviton and that's just around half the plank length as well as the uncertainty in the momentum generated by the motion of the masses caused by the graviton if we plug these into the Heisenberg uncertainty principle we get a relationship between the masses and their separation in order to be able to detect a single graviton it's a simple enough equation the mass separation has to be less than or equal to the gravitational constant time is the mass of the masses divided by the speed of light squared but that expression is familiar to all physicists and he's very bad in this context it's the expression for the SWA Shield radius any Mass compacted to a size smaller than this radius becomes permanently trapped by its own gravitational field it becomes a black coal this is really strange we found that a gravitational wave detector capable of detecting a single graviton inevitably forms a black

.....

(03)- náboje, ale nyní víme, že tyto vlny se ve skutečnosti skládají z jednotlivých fotonů, takže **pokud** je gravitace kvantová, pak by se gravitační vlna měla skládat z mnoha gravitonů. V roce 2015 jsme detekovali naše první gravitační vlny způsobené sloučením černých děr **jenže tyto vlny jsou vlny samotných dimenzí časoprostoru bez „balíčkování“ .. (Pro elementární částice by balíčkování mělo být podmínkou)** s laserovým interferometrem na observatoři gravitačních vln dvě zařízení Ligo **snímají extrémně malé relativní změny v délkách** mezi jejich 4 km rameny tím, že lasery mnohokrát odrážejí podél každého ramene a sledují jemné změny v tom, jak se tyto paprsky rekombinují, **takže co by bylo potřeba k měření jednoho gravitonu je pravděpodobně o něco obtížnější než měření jednoho fotonu**, ale musí existovat nějaký gravitační W detektor z daleké budoucnosti, který by to dokázal, to je to, co chtěl Dyson zjistit, **takže začneme odhadem, kolik gravitonů je v typické gravitační vlně**, jako jsou ty, které detekuje **ligo**, pokud to chceme udělat pro elektromagnetickou vlnu,

vezmeme celkovou energii vlny a vydělíme ji energií jednoho fotonu, což je jen konstantní čas **prkna**, jeho frekvence, která nám říká, že **ping** 5 m 630 NM červené laserové ukazovátka vystřelí 10^{16} fotonů za sekundu typická gravitační vlna detekovatelná ligem má hustotu energie přibližně 10^{-1} **Žida** na krychlový M s úhlovou frekvencí 1 khz, což je podle Dysona energie 1000 Hz hustota jednoho gravitonu v této frekvenci je nanejvýš 3×10^{-48} **Židů** na cub M a to nám dává kolem 3×10^{37} gravitonů na metr krychlový v těchto vlnách, takže co by bylo potřeba k detekci jen jedné z nich, kdyby rotační vlna, která Popsal jsem, že má kolem 10^{37} gravitonů a to je jen na hranici citlivosti liga, pak musíme tuto citlivost zlepšit faktorem 10^{37} , což zní náročně, ale určitě ne nemožné, i když by to chtělo nějaké zařízení na úrovni sci-fi, aby to bylo vidět. jak sci-fi zjednodušíme náš detektor gravitačních vln, budeme detekovat příchozí vlny měřením změny vzdálenosti mezi dvěma hmotami, budeme předpokládat, že hmoty se volně vznášejí v prostoru, ale argument funguje také pro hmoty, které jsou fixovány na zařízení Dyson tvrdí, že abychom mohli říci, že jsme detekovali signální graviton, musíme být schopni změřit změnu vzdálenosti v řádu délky **prkna** a že tento požadavek je ve skutečnosti nezávislý na frekvenci gravitonu, kterou si můžete vybavit z předchozího videa, že délka **prkna** je v podstatě nejmenší vzdálenost, kterou můžeme uvažovat, než se význam vzdálenosti a prostoru rozpadne, je to docela malá vzdálenost, takže jaké zařízení by mohlo měřit změnu na tomto měřítku pro náš zjednodušený detektor gravitačních vln, otázka zní, co Kombinace hmot a vzdáleností mezi nimi bychom potřebovali, když náš osamělý graviton projde naším detektorem, hmoty se pohybují dovnitř a ven o nepatrné množství, abychom byli citliví na tu nepatrnou změnu vzdálenosti, kterou potřebujeme k měření polohy každé z těchto hmot pomocí Přesnost rovná polovině této změny, ale přesnost, s jakou můžeme změřit polohy hmoty, je omezena Heisenbergovým principem neurčitosti, se kterým jste již velmi dobře obeznámeni, zatímco se hmota pohybuje gravitonem, její rychlost se mění zhruba. vzdálenost, kterou urazí, dělená dobou, kterou za tu dobu urazí jediný graviton, je jen oddělení hmot děleno rychlostí světla, která nám dává změnu rychlosti během našeho měření, vynásobte tuto změnu hmotností a dostaneme změnu hybnosti v důsledku průchodu gravitonu, takže nyní máme odhad nejistoty v poloze potřebné k detekci gravitonu, a to je jen přibližně polovina délky **prkna**, stejně jako nejistota hybnosti generované pohyb hmot způsobený gravitonem, pokud je zapojíme do Heisenbergova principu neurčitosti, dostaneme vztah mezi hmotami a jejich separací, abychom mohli detekovat jediný rostoucí graviton, je to dostatečně jednoduchá rovnice, **separace hmoty musí být menší nebo rovna gravitačnímu konstantnímu času je hmotnost hmot dělená rychlostí světla na druhou**, ale tento výraz je známý všem fyzikům a v tomto kontextu je velmi špatný, je to výraz pro poloměr SWA Shield **jakákoliv hmotnost ztuhne na a velikost menší než tento poloměr zůstane trvale uvězněna vlastním gravitačním polem stane se černým uhlím** **temnou hmotou** to je opravdu zvláštní, zjistili jsme, že detektor gravitačních vln schopný detekovat jediný graviton nevyhnutelně tvoří černou díru

.....

(04)- hole that means even if it detects the graviton it swallows any information about that measurement and so prohibits us from confirming the graviton really any attempt to measure distances small than the plank length threatens black holes as we've discussed before so it seems that nature isn't just conspiring to th our theoretical Arguments for quantum gravity but also to stop us from building the detector we need to test these theories none of this means that gravity isn't really Quantum or that the existence of the graviton can't be ever proved there are several proposals for how to do this like searching for the extremely rare interactions

with particles of matter and gravitons but these events are going to be so rare that it may be practically impossible to see enough of them to confidently confirm their nature unless we could come up with a clean source of gravitons immensely more powerful than is currently known like a laser of gravitational waves but that's really in the realm of extreme far future technology there are also indirect measures of quantum gravity in the same vein as the B Rosenfeld argument for electromagnetism for example if we could cause two particles to become Quantum entangled through a gravitational interaction then that interaction itself would have to be Quantum this is more promising than direct graviton detection but has not yet been achieved and who knows perhaps nature will continue to conspire to make new tests of quantum gravity impossible and maybe that's because gravity isn't Quantum in the same way that the other forces are not that this is going to stop us from continuing down the rabbit holes of speculative theories in the hopes that one day we'll find a way to test and maybe verify the quantum nature of SpaceTime is that time of year again where we ask you to take the annual PBS digital Studios audience survey the space time audience has always been amazing at filling out the survey and we'd love to continue that Trend by doing so you can help us pick out what new shows should be made and what types of topics you'd like to see new shows cover it'll only take a few minutes but it's extremely valuable to us the whole network really Dives deep into the data and it helps give us tremendous insights

17:57

into what you're thinking there is a link in the

.....

(04)- říká, což znamená, že i když detekuje graviton, spolkně jakékoli informace o tomto měření, a tak nám zakazuje potvrdit graviton skutečně jakýkoli pokus změřit vzdálenosti menší než délka prkna **Plankova** ohrožuje černé díry, jak jsme již diskutovali, takže Zdá se, že příroda nejen konspiruje s našimi teoretickými argumenty pro kvantovou gravitaci, ale také aby nám zabránila postavit detektor, **musíme tyto teorie otestovat, nic z toho neznamená, že gravitace není ve skutečnosti kvantová** **?!?!?** nebo že existence gravitonu může být „Nebylo nikdy dokázáno, že existuje několik návrhů, [jak to udělat], jako je [hledání extrémně vzácných interakcí částic hmoty s gravitony], ale tyto události budou tak vzácné, že může být prakticky nemožné vidět jich dost, abychom to s jistotou potvrdili. **Tyto úvahy budou mylné, budou chybné, budou nesprávné...; graviton prostě neexistuje...** Jejich povaha, **pokud** se nám nepodaří přijít s čistým zdrojem gravitonů, který by byl nesmírně výkonnější, než je v současnosti známý jako laser gravitačních vln, ale to je skutečně v oblasti technologie extrémní vzdálené budoucnosti, **existují také nepřímá měření kvantové gravitace** ve stejném duchu jako například argument B Rosenfelda pro elektromagnetismus, **pokud** bychom mohli způsobit, že se dvě částice zapletou kvantově prostřednictvím gravitační interakce, **pak by** tato interakce sama o sobě musela být kvantová, to je slibnější než přímá detekce gravitonu, ale ještě nebylo dosaženo **a kdo ví možná** o přírodě bude i nadále konspirovat, aby znemožnil nové testy kvantové gravitace a **možná** je to proto, že **gravitace není kvantovaná**, stejně jako ostatní síly nejsou, že nám to zabránilo pokračovat v zaječích dírách spekulativních teorií **v naději, že jednoho dne najdeme způsob, jak otestovat a možná i ověřit kvantovou povahu SpaceTime, ?!** je to opět to období roku, kdy vás žádáme, abyste se zúčastnili každoročního průzkumu publika PBS Digital Studios.

Časoprostorové publikum bylo vždy úžasné při vyplňování průzkumu a rádi bychom v tomto trendu pokračovali tím, že nám **pomůžete vybrat, jaké nové pořady by měly být vytvořeny a**

jaké typy témat byste rádi viděli v nových pořadech. Já bych rád slyšel odborníky, kteří by vysvětlili „proč musí mít gravitační konstanta „rozměr“ když to není fyzikální veličina, jen pouze „číslo“. → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_160.pdf

I would like to hear experts who would explain "why the gravitational constant" must have a "dimension" when this "object is not a physical quantity, only a "number". ◇

http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_160.pdf

Zabere to jen pár minut, ale je to extrémně je pro nás cenná celá síť se skutečně ponoří hluboko do dat a pomáhá nám to poskytnout ohromné vhledy

17:57 na to, co si myslíte, je odkaz v

.....
I quote your requests:

Nature of SpaceTime is that time of year again where we ask you to take the annual PBS digital Studios audience survey the space time audience has always been amazing at filling out the survey and we'd love to continue that Trend by doing so you can help us pick out what new shows should be made and what types of topics you'd like to see in new shows cover it'll only take a few minutes but it's extremely valuable to us the whole network really Dives deep into the data and it helps give us tremendous insights into what you're thinking there is a link in the description thanks in

18:10 [Music] advance

I quote your pleas : and therefore I give you my opinion

I would like to hear experts who would explain "why the gravitational constant" must have a "dimension" when this "object G" is not a physical quantity, only a "number". Why did people-physicists assign dimensions-dimensions to a dimensionless number?

Výsledky překladu

Výsledek překladu

Já bych rád slyšel odborníky, kteří by vysvětlili „proč musí mít gravitační konstanta“ „rozměr“ když tento „objekt není fyzikální veličina, a je to jen „číslo“. ◇

http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_160.pdf Svatým grálem teoretické fyziky je přijít s kvantovou teorií gravitace. Ale po století pokusů opravdu netušíme, jak

blízko jsme, nebo je to dokonce možné. Ale neměli bychom se cítit špatně, protože se ukazuje, že vesmír dělá vše, co je v jeho silách, aby to bylo co nejtěžší. Nebo nám říká, že není. Máme přijmout nápovědu? Gravitační není kvantová stejným způsobem, že ostatní síly nejsou. Tím nám zabrání pokračovat dolů králičí nory spekulativních teorií v naději, že jednoho dne najdeme a způsob, jak otestovat a **možná ověřit kvantum.**

Ad 01) Příroda SpaceTime je opět tím ročním obdobím kde vás žádáme, abyste si vzali roční PBS průzkum publika digitálních studií časoprostorové publikum vždy bylo úžasné při vyplňování dotazníku a rádi bychom v tomto trendu pokračovali tak nám můžete pomoci vybrat co nové pořady by se měly dělat a jaké typy témat, která byste rádi viděli v nových pořadech přikryjte, bude to trvat jen pár minut, ale je to pro nás jako celek nesporně cenné síť se skutečně ponoří hluboko do dat a pomáhá nám to poskytnout úžasné poznatky do toho, co si myslíte, že existuje odkaz v popisu děkuji 18:10 [Hudba]

Ad 02) I would like to hear experts who would explain "why the gravitational constant" must have a "dimension" when this "object G" is not a physical quantity, only a "number". Why did people-physicists assign dimensions-dimensions to a dimensionless number? →

http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_160.pdf