

<https://www.youtube.com/watch?v=hF4SAketEHY>


The Loop Quantum Gravity Debacle: Carlo Rovelli Strikes Back

Debakl smyčkové kvantové gravitace: Carlo Rovelli vrací úder




[Theories of Everything with Curt Jaimungal](#)

405 tis. odběratelů

40 286 zhlédnutí 15. 10. 2024  Pro členy už 13. října 2024 [Theories of Everything with Curt Jaimungal](#)

Carlo Rovelli is a renowned theoretical physicist and author, best known for his work on loop quantum gravity, a leading candidate for a theory of quantum gravity. Carlo explores the intersection of physics and philosophy, delving into the nature of time, reality, and the fundamental structure of the universe. As a listener of TOE you can get a special 20% off discount to The Economist and all it has to offer! Visit <https://www.economist.com/toe>

The Loop Quantum Gravity Debacle (Debakl smyčkové kvantové gravitace): **Carlo Rovelli** vrací úder Teorie všeho s **Curtem Jaimungalem** 405 tis. odběratelů 40 286 zhlédnutí 15. 10. 2024  Pro členy už 13. října 2024 Teorie všeho s Curtem Jaimungalem Carlo Rovelli je renomovaný teoretický fyzik a autor, nejlépe známý pro svou práci o smyčkové kvantové gravitaci, přední kandidát na teorii kvantové gravitace. Carlo zkoumá průsečík fyziky a filozofie, ponoří se do povahy času, reality a základní struktury vesmíru. Jako posluchač TOE můžete získat speciální 20% slevu na The Economist a vše, co nabízí! Navštivte <https://www.economist.com/toe>.

0:00

Co se stane, když spadnete do černé díry? Výsledky jsou velmi zajímavé, jsou to experimentální výsledky. Je to potvrzení něčeho, co **většina komunity smyčkové kvantové gravitace** z teoretických důvodů očekávala. Vidíme černé díry, vidíme, jak hmota padá dovnitř, že? Vidíme spirálu, srpkový kotouč, jak tomu říkají. A víme, protože známe obecnou relativitu, že hmota se točí ve spirále a pak jde do horizontu. A známe obecnou relativitu, takže to jde do toho, čemu říkáme **singularita**. Co se stane s touto záležitostí? **Carlo Rovelli**, vítěj zpět. Jsou to dva roky a jsem **China's Recent Physics Results** nesmírně rád, že s vámi mohu znovu mluvit. Děkuji moc, Curte. Je mi velkým potěšením být tu opět s vámi. Takže, jak víte, existují některé nedávné výsledky, věřím, že z Číny, které lidé představují jako **smrtnou ránu smyčky kvantové gravitace**. Jaké jsou tyto výsledky, a souhlasíte s tímto hodnocením? Výsledky jsou velmi zajímavé, jsou to experimentální výsledky. Autoři těchto výsledků je vůbec neprezentovali jako smrtnou ránu smyčkové kvantové gravitaci. A vůbec nejsou smrtnou ranou pro smyčku kvantové gravitace. **Ve skutečnosti naopak**. Je to potvrzení něčeho, co většina komunity smyčkové kvantové gravitace z teoretických důvodů

očekávala. Ale vyvracejí některé návrhy, které byly učiněny asi před 15 lety o něčem, co, kdyby se stalo, bylo by skvělé. Způsob, jak potvrdit teorii, která tam bohužel není. Dobře, tak co to je? Situace je tedy následující. Před časem **Lee Smolin** a někteří jeho spolupracovníci **navrhli**, že by možná mohl existovat způsob, jak najít stopu kvantové gravitace v některých signálech přicházejících z velmi vzdáleného vesmíru. Některé světelné pulsy, některé velmi krátké pulsy světla, které dostáváme z velmi vzdálené vzdálenosti. A **myšlenka** byla následující. Byla to vlastně krásná **představa**. Byl jsem velmi nadšený, když to vyšlo. **Myšlenka je taková, že kvantová gravitace obecně, kvantové teorie gravitace, mají tendenci předpovídat, že existuje minimální délka.** To je myslím nemožné. Singularita nám prezentuje „nulovou velikost délkového intervalu“ a nepodstatné je zda ta singularita je jen jedna anebo je těch singularit nekonečně mnoho, jsou totiž všude kolem nás v libovolné historii od „základního“ velkého třesku, jsou totiž všude ve vakuu na Planckovských škálách. 10^{-40} metrů. Big-bang je tedy „začátek“ a „konec“ našeho vesmíru, (konec lokality nyní - dnes), je v době 10^{17} sekund a 10^{26} metrů od Třesku. Vtip je ve volbě jednotek, velikosti jednotek. Zvolíme-li jinak, bude Vesmír veliký 7 metrů na třetí a 2 sekundy (také na třetí). Takže pane Jaimungale a pane Rovelli, žádná minimální délka (obecně) neexistuje. Anebo: Existuje, ale... Vždy při každé volbě velikosti jednotky lze určit minimální délku „pro nějakou věc“. Minimálních délek je tedy také nekonečně mnoho (podle volby velikosti „jednotky“.) Existuje struktura prostoru v určité délce. Jistě. V hladkém, nekřivém prostoru neexistuje žádná struktura, protože je prostor HLADKÝ. A v každém jiném, tedy křivém prostoru existují spolu s hmotou stavy polí (4 pole) a hmota, která je přímo z křivých dimenzí (planckovských rozměrů, velikostí) délkových a časových postavena „balíčkováním“ dimenzí. Nyní je **důležité**, že se jedná o minimální prostorovou délku **a ne o** minimální časoprostorovou délku nebo časoprostorový objem. **Proč? A proč není důležitá struktura pro „časoprostorový rozměr“???** Říkáte, že **kvantová teorie gravitace má tendenci předpovídat... to je dost falešné. Dost spekulativní.** Ano, velmi dobře, Curte. ☹ Je zde minimální prostorová délka. Takže pokud něco měříte, můžete měřit určitou délku, kratší délku, kratší délku. Ale je tu minimální, minimální nenulová. **Až bude náš vesmír nekonečně velký, big-cruich, (dnes je to lokalita konečná uvnitř nekonečného 3+3 dimenzionálního časoprostoru před-big-bangového) bude i minimální délka (interval) nulový = nekonečně velký.** V před big-bangovém vesmíru = časoprostoru nekonečném, hladkém-nekřivém, bez hmoty, bez toku plynutí času a bez rozpínání délek, bude zvolený interval vždy „skoronekonečný“ = „skoronulový“. Můžete změřit nulu, samozřejmě, ale můžete změřit minimální nenulovou jedničku. Nyní, když to vezmete naivně, můžete udělat úvahu, která je velmi lákavá. A úvaha je následující. Dobře, takže to znamená, že prostor je jako mřížka s minimální délkou. **No řekněme, že tak... mřížka je ze zvolených intervalů na artefaktu, na 3+3 dimenzionální realitě.** Nyní víme, že na mřížkách s určitými rozestupy se světlo nechová jako světlo ve vakuu, ale chová se bohatěji v následujícím smyslu. Ve vakuu létají všechny barvy světla stejnou rychlostí, rychlostí světla. **Ve vakuu, ale i jinde kde je plochý nekřivý časo-prostor. To znamená, že „křivé stavy 3+3D časoprostoru jsou „vnořeny“ do plochého stavu 3+3 časoprostoru, v plochém čp létají všechny stavy hmoty i interakcí hmoty s dimenzemi veličin.** Ale pokud existuje mřížka, vysokofrekvenční barvy jsou **jaksi** zpomalené. Proč? **Protože je pozoruje Pozorovatel jako „pootočené“.** Všechno křivé pozoruje Pozorovatel „jako pootočené“ dimenze v jeho domácí soustavě, pootočený jednotkový interval. Protože interagují se samotnou mřížkou. Jistě ; všechny dimenze se „nějak“ **proplétají.** Kór, když veškerá hmota je z dimenzí postavena. Takže v určitém okamžiku světlo, pokud má dostatečně malou vlnovou délku, vysoké frekvence barvy, je vhodné.

$c = f \cdot \lambda = 0 \cdot \infty = 1 \cdot 1$ (napsáno v symbolické matematice). Světlo se nepohybuje v jednotném prostoru, pohybuje se v zrnitém prostoru. Je to trochu jinak: časoprostor se rozbaluje (fyzika říká rozpíná). Rozbaluje ze stavu extrémně křivého $n+m$ dimenzionálního z planckových škál ($10^{-40}/10^{-48}$) do stavu více a více rozbaleného, pak je to stav makrosvěta..., jenže časoprostor se rozbaluje stále z těch „planckovských škál, které máme tu kolem sebe, furt“ ..., časoprostor „vyvěrá“ z těchto škál. https://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_032.gif Světlo, coby vlna-korpuskule se pak pohybuje $c=1/1$ nejen v plochem stavu 3+3D, ale i v tom planckovském silně zakřiveném a to vždy tou $c=1/1$, „plave“ v plochem nekřivém 3+3 časoprostoru i v neplochem „zrnitém“ časoprostoru v mikrosvětě. Pokud svůj výklad tu předřikávám nedokonale, s chybami, tak je to možné. A nebude problémem pro chytré fyziky to opravit-vylepsit. Když kvasar vypustí světlo ve směru trajektorie o 89^0 pootočeného vůči nám, tak k nám nikdy nedoletí, (a ještě v křivém časoprostoru) neb se nacházíme my a kvasar v téměř plochem mega-časoprostoru (dtto raketa s velitelem Pavlem ..., žádná dilatace času na raketě není. To jen my tak pozorujeme, že je. Pouze je interval, jednotkový, vypuštěný z kvasaru na časové dimenzi pootočen. Proto je STR chybná, chybná interpretace). Z mikro-časoprostoru k „nám“ světlo doletí „okamžitě“.

$t_{(jednotkový)} = t_0(jednotkový)$ Ale pootočená v naší pozorovatelně,

to ovlivňuje šíření světla a zpomaluje vysokou frekvenci více než krátké frekvence. To je dobře známé. Chci říct, je to důvod, proč světlo ve vodě jde jinou rychlostí než světlo ve vakuu. Světlo interaguje s materiálem, ve kterém je. Takže, když říkáme, že světlo jde vždy stejnou rychlostí, máme na mysli, pokud tam není žádná interference, pokud neexistuje žádná struktura, žádná zrnka, nezáleží na tom, ve světle jde rychlost světla, ale v přítomnosti něčeho se světlo zpomaluje, abych tak řekl. A tak myšlenka byla, dobrá, takže kvantová gravitace říká, že ve velmi, velmi malém měřítku existuje struktura, a proto bychom měli vidět tuto závislost rychlosti světla na barvě. To byl nápad. Je to velmi lákavý nápad, protože můžete vkládat čísla. Znáte délku, při které očekáváte, že se prostor stane granulárním, a proto... Takže tohle byla kvantitativní předpověď. Není to jen kvalitativní ve způsobu, jakým to zde vysvětlujete. Ne, bylo to kvantitativní. Tím to bylo zajímavé. Protože jestli chceš, je snadné udělat výpočet toho, jak určitá mřížka s určitým rozstupem, určitou délkou elementárních kroků, jak může ovlivnit světlo, která frekvence byla ovlivnila. Známe tedy velikost zrnité struktury prostoru, https://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_461.jpg abych tak řekl. Tento skvělý nápad měl zejména Lee Small.

Lee Smolin Contributions. Je to úžasné. Možná by to mohlo ovlivnit rychlost světla. Nyní je to samozřejmě velmi, velmi malá změna rychlosti, protože rozměry zrna jsou velmi, velmi malé. Ale to je klíčová myšlenka. Pokud cestujete světlem na velmi, velmi dlouhé vzdálenosti, nahromadí se malinký rozdíl. Protože některé paprsky jdou o něco rychleji než ostatní, takže vystupují odděleně. A protože existují, vesmír je pěkný a poskytuje nám některé výbušné jevy velmi, velmi daleko. A vidíme, že pulzy světla pocházejí z tohoto výbušného jevu. Nějaká supernova, některá velmi intenzivní ... exploze, to je kout vesmíru. Světlo, které se k nám dostane, pokud je to, co jsem řekl, je správné, by mělo dorazit, nějaká vlnová délka, nějaká barva by měla dorazit před nějakou jinou barvou. Takže bychom měli vidět zpoždění v pulzech, které k nám dorazí. Některá frekvence dorazí dříve, některá později. A v tom případě je důležitá nejen vzdálenost, ale také to, že to, co se posílá, je vysokoenergetický foton, a pak také nějaká směs, vysokoenergetická a nízkoenergetická? Důležité je, že to, co přijímáme, není foton jedné energie nebo skupina fotonů jedné energie, ale je to puls různých energií. Energie tedy znamená frekvenci světla. Takže máme nějaké světlo různých barev, chcete-li, některé více červené, některé více modré, některé vysokofrekvenční, některé krátké

frekvence. A jejich vyřešením, což je snadné, to dělají optické přístroje, pokud je to správné, měli bychom vidět, jak tyto pulsy přicházejí, rozšířené v barvách. Takže nejprve přijet, řekněme, červená, a pak přijet modrá. Pěkný jev, totiž příchod vzdálených signálů různých barev v trochu odlišných časech, je to, co bylo vyvráceno nedávnými výsledky. A tak, nedávný výsledek, v podstatě pozorovali nějaké signály přicházející z velké dálky a ověřili, že na úrovni přesnosti, kde se očekávalo, že k tomuto jevu dojde, se tento jev neděje. **Takže tento jev byl nadějí na spatření zrnitosti prostoru, ale to se nestalo.** Teď jsem ještě neodpověděl na tvou otázku, Curte, proč to není problém smyčkové kvantové gravitace.? Odpovědí je, že v době, kdy před mnoha lety tento fenomén navrhl **Lee Smolin**, se hodně lidí, včetně mě, velmi vzrušilo. Takže Lee má tento intuitivní obrázek o tom, co by se mohlo stát. Stává se to skutečně ve smyčkové kvantové gravitaci? A velmi brzy se objevila řada dokumentů, včetně mého, které přesvědčily komunitu, že ne, to se nestane. Tento jev, který Lee navrhuje, není předpovídán smyčkovou kvantovou gravitací. A důvodem je, že **druh diskrétnosti předpovídáný smyčkovou kvantovou gravitací vůbec není tím, že prostor je jako mřížka. Prostor není jako mřížka. Pokud by to byla mřížka, byla by to klasická mřížka, ne kvantový jev.** A odporovalo by to vlastnosti, že je to vlastnost teorie, což je invariance Lorentzovy transformace, invariance decimity speciální teorie relativity. Nyní je teorie pod Lorentzovými transformacemi invariantní a tento jev **jaký jev?** narušuje Lorentzovu invarianci, takže ji nelze teorií předpovědět. To je krásné, protože je to skutečně kvantový fenomén, **co je kvantový fenomén??** a proto jsou v tom lidé zmatení. Nyní kvantová mechanika umožňuje, aby se symetrie a diskrétnost odehrávaly společně. **??** Klasicky by to nešlo. Dovolte mi uvést příklad nebo několik příkladů, protože si myslím, že vysvětlují. Jedním z nich je, že v kvantové mechanice, všichni víme, když studujeme kvantovou mechaniku, původní věc je, že když změříte nějaký moment hybnosti, jak se věci otáčejí, nebo úhlovou rychlost něčeho, je to kvantováno. **Jak je to kvantováno, kým je to kvantováno?, lidmi nebo Vesmírem?** To je jeden ze základních kvantových jevů. Takže měříte jen určité hodnoty, určité diskrétní hodnoty. V klasické teorii, pokud byl moment hybnosti kvantován, znamenalo to, že podél nějaké proměnné, v některých směrech se věci mohou otáčet pouze určitou rychlostí a ne při jiné rychlosti. Ale samozřejmě si představte, že máte těleso, které se otáčí kolem této osy určitou rychlostí. Když se na to podíváte otočené, vzhledem k nové ose, složka momentu hybnosti je jen o trochu menší, ne o moc. Sniž to, ano? A proto z otočeného snímku byste neviděli kvantovaný moment hybnosti. **Nerozumím. Také i proto, že nemám před očima obrázky** Hodnotu momentu hybnosti můžete měnit plynule. Právo. Pokud se smíte neustále otáčet. Zdá se tedy, že to znamená, že je nemožné mít kvantovaný moment hybnosti a rotační invarianci. Ale to je špatně, protože v kvantové mechanice máme kvantovaný moment hybnosti a rotační invarianci. Jak to? No, stalo se, že když změříte moment hybnosti v jednom směru a v jiném směru, obě operace se nemění. Takže když měříte jeden, když měříte druhý, nemáte přesnou hodnotu. Máte pravděpodobnostní rozdělení hodnot. Můžete mít pravděpodobnost, že změříte totéž nebo jednu menší nebo jednu větší, že? Co se tedy neustále mění, je rozdělení pravděpodobnosti, zatímco to, co skutečně měříte, jsou pouze tyto konkrétní hodnoty. Měli bychom být tedy velmi opatrní, protože skutečnost, že délka je kvantována v kvantové gravitaci, neznamená, že porušujete jakoukoli neměnnost teorie. Znamená to pouze, že tam půjdete a provedete měření, dostanete konečný výsledek. **?** Kdybyste to nechali změřit z jiného Lorentzova rámu, dostali byste stejný výsledek. **?** Další způsob uvažování o tom je následující. Vezmete standardní model jakékoli kvantové teorie pole. Víme, že i ve vakuu, když měříte v malé oblasti, je to kvantový efekt, najdete částice, že? Takzvané virtuální částice. Je to fyzikální fakt. Když jdu do malé oblasti a zkontroluji, zda tam jsou částice,

najdu je, dokonce i ve vakuu. Protože vakuum je pouze tehdy, když měřím ve velké oblasti. Nyní by se dalo říci, že by to byla chyba. Oh, pokud světlo cestuje ve vakuu, dobře, pokud je frekvence vysoká, uvidí malou oblast. Takže by viděl tyto virtuální částice. JSON I bez smyčkové kvantové gravitace. CLAUDIO I bez smyčkové kvantové gravitace. A proto by se zpomalilo, protože víme, že světlo se zpomalí, pokud je kolem něj hmota. Takže ve standardní kvantové teorii pole by světlo s vysokou energií a vysokou frekvencí mělo jít pomaleji. Ale není. Není to pravda. Není to správné. A nemohlo, protože teorie, je to Lorentzův invariant a v Lorentzově invariantní teorii, světelné vakuum jde rychlostí světla. **Chybou je tedy brát příliš doslovně zrnitost vesmíru, zejména kvantovou gravitaci. Zrnitost panuje především v mikrosvětě, né? V makrosvětě zrnitost mizí, né?** A je to krásné. Kvantová gravitace neříká, že prostor je zrnitý. **O.K.** Kvantová gravitace říká, že pokud provedete malé měření, uvidíte minimální délku. Dobře? Je to jako kvantová teorie pole. Kvantová teorie pole neříká, že prostor je plný částic. **Jenže KTP je tu hlavně pro prostor, který je plný částic.** Vakuum je plné částic. **O.K. A také je to vakuum plné polí...** Říká, že pokud provedete měření v malém, uvidíte částici. Jsou to velmi odlišné věci. Světlo se může pohybovat ve vakuu kvantové teorie pole, aniž by něco vidělo. **Aniž by narazilo a interagovalo.** Ale pokud provedete měření, uvidíte částice. Podobně se světlo šíří rychlostí světla ve smyčkovém prostoru kvantového gravitačního pozadí nebo prostoru kvantového pozadí. Ale když tam půjdete a provedete měření, nemůžete jít menší než něco. Takže toto bylo realizováno již dávno. V té době se o tom hodně diskutovalo. Mnoho článků, kvantová gravitace a Lorentzova invariance, minimální délka a Lorentzova invariance, to bylo objasněno. A komunita smyčkové kvantové gravitace byla v té době zklamaná, protože teoreticky by to okno, možnost vidět jevy kvantové gravitace, bylo skvělé. Byl jsem velmi nadšený. Proto jsem se na to začal dívat. Ale teoretická analýza, teoretický výpočet ukázal, dobře, tento efekt nenastane. Čas plyne, experimentální dělají experiment, pozorovatelé v astronomii dělají toto měření. Potvrzují skutečnost, na které se komunita smyčkové kvantové gravitace shodla, že pokud je teorie správná, k tomuto jevu by nemělo dojít. Vše je tedy v pořádku. Jestli chceš, je to zklamané. Bylo by lepší, kdybychom měli. Ale pro teorii je vše v pořádku. Teď to bohužel řeknu takhle. Experimentální byly v jejich článku zcela jasné. Řekli, že pokud teorie předpovídá zrnitost, má tato teorie problém. **Zrnitost časoprostoru vede k linearitě, a ke QM.** Ale nikdy zjevně neřekli, že to je problém smyčkové kvantové gravitace. **Je, nebo není?** Ve skutečnosti, chcete-li, dokonce i v teorii strun existovaly články, které navrhovaly podobný jev pro teorii strun. Ale ve skutečnosti nikdo v článku astronomů necituje různé lidi, kteří navrhli podobné jevy v teorii smyčkových kvantových gravitačních strun. Ale nikdy nebyl jasný výsledek, že by to teorie strun předpovídala. A proto skutečnost, že k tomu nedochází, není pro teorii strun problém. Podobně nikdy neexistoval jasný argument, který by naznačoval, že tento jev pochází ze smyčkové kvantové gravitace. Teď bohužel ne od vědecké komunity, ale od externích komentátorů, kteří rádi, víte, vše polemizují. Staré **Leeovy** články naznačující, že by se to mohlo stát, byly vzkříšeny a prezentovány jako, ach, vidíte, existuje předpověď kvantové gravitace. Jsme zklamaní. Ale nemyslím si, že to je vážné.

Distance in Quantum Field Theory

Dobře, vraťme se k důvodu, proč byste v kvantové teorii pole neměli očekávat proměnnou rychlost světla závislou na frekvenci. Řekl jste, že tyto virtuální částice získáte pouze tehdy, když změříte malou vzdálenost. Ale není to, technicky vzato, když změříte jakoukoli vzdálenost, získáte virtuální částice? Mají jen různé energie, jako infračervené? Pokud měříte jakoukoli vzdálenost, máte pravdu. Ale když měříte velké vzdálenosti, tak říkajíc, počet

virtuálních částic klesá, klesá, klesá, klesá. Takže abyste viděli virtuální částice, musíte jít do malých. Jinak tam jsou, ale je jich stále méně. Pravděpodobnost, že je uvidíte, neustále klesá k nule, ale klesá k nule. Proč tedy u vysokoenergetického fotonu nepůsobí, jako by v daném bodě měřil? Jako co znamená to měření? To je velmi dobrá otázka. To je velmi dobrá otázka. To prostě není. Jdete do rovnice teorie, není. To je velmi dobrá otázka. Protože jaksi, jakmile se dostaneme k myšlence virtuální částice, používáme ji intuitivně, ale měli bychom být opatrní, protože virtuální částice nejsou skutečné částice. Máme představu virtuální částice, která jen tančí kolem, takže vakuum je moře oscilujících věcí. Ano, stejně jako jsme mluvili o vědeckých komentátorech, existují také vědečtí komunikátoři, kteří ukazují ty animace nervózního časoprostoru, a lidi to nutí říkat, wow, to je skvělé, brácho. Je to tak cool, ale nemělo by se to brát příliš doslovně. To je často problém kvantové mechaniky. Je to kontraintuitivní, takže se snažíte, aby to bylo intuitivní, ale nefunguje to. Což vyjadřuje nějaký aspekt, ale analogie není dobrá, takže jiné aspekty nevyjadřuje. Například, vakuum kvantové teorie pole je v určitém smyslu plné virtuálních částic. Ale jako stav se to časem nemění. Je to stacionární. Nic se nehýbe. Takže tento obraz všeho, co se pohybuje rychleji, je v jistém smyslu zcela mylný, protože je to stacionární stav. Je to řešení Schrodingerovy rovnice, kde se nic nemění. V elementární kvantové mechanice říkáme, že monický oscilátor má základní stav a tento základní stav je matematicky Gaussův. V základním stavu má oscilátor minimální energii, ale s určitým rozdělením pravděpodobnosti. A stát se nikdy nemění. Je to tak. Pokud to necháte nedotčené, zůstane to tak. Nyní, když se podíváte, kde je částice, když se pokusíte určit částici, což je vakuový stav, nenajdete nulu. Existuje pravděpodobnost, kterou najdete tady, najdete ji tam, protože to je kvantové šíření státu. Je tedy pravda, že když se podíváte, někde to najdete. Pak se podíváte znovu a najdete to někde jinde. Pak se podíváte znovu a najdete to někde jinde. I když se snažíte příliš nerušit, což je těžké, máte tuto pomazánku. Ale to neznamená, že tam je skákací částice. Tam je stav, který se nehýbe. Zdrojem zmatku je, že nemluvíme o částicích. Hovoříme o kvantových objektech, které nejsou částicemi. Kvantový prostoročas tedy není diskretním prostoročasem. Je to kvantový časoprostor. Říci, že kvantový časoprostor je diskretní časoprostor, je stejné nedorozumění jako říkat, že kvantová částice je částice, která tančí sem a tam. Když lidé

Quantum Fields

mluví o kvantových polích, často laické veřejnosti dávají představu, že teplotní pole je obvykle první analogií. A pak dají tuto myšlenku, že je to něco podobného oceánu a pak jsou tu vlny. Ale technicky vzato, v kvantové teorii pole to není pole stejným způsobem, jakým uvažujeme o teplotním poli. Je to distribuce ceněná operátorem. Jsou to tedy operátoři. Existuje něco jiného, co se děje s diskretizací prostoru ve smyčkové kvantové gravitaci, co je podobné, no, je to vlastně diskretizace s operátorovou hodnotou nebo něco takového? Jo. Říci, že něco, je to operátor, je to nějaká proměnná, je to dané operátorem, je to přesně tak, že tato proměnná je kvantová proměnná, že? Je to matematický překlad téhož. A být kvantovou proměnnou, to znamená, že systém ne, existuje smysl, ve kterém systém nemá konkrétní hodnotu této proměnné, ale má, dalo by se mluvit o rozdělení pravděpodobnosti této proměnné. No, existuje kvantové rozdělení pravděpodobnosti. Neznamená to, že to může být tady nebo tam. To znamená, že když to interaguje, můžete to tu a tam najít. Takže tomu říkáme kvantová superpozice. Chci říct, když říkáme, že částice je v kvantové superpozici, může být tady nebo tam, znamená to, že když se podíváte, najdete ji tady nebo ji najdete tam. Ale neměli byste si myslet, že je to tu a tam, protože ti dva mohou překážet. Takže pokud si myslíte, že je to tady nebo tam, děláte chybu ve své předpovědi budoucnosti. Takže v jistém smyslu je to tu a tam zároveň. Přesněji řečeno, můžete pouze říci, že když se podíváte, pokud

s tou věcí interagujete, najdete ji tu a tam. Ale pokud chcete vidět, co se stane později, musíte stále zvážit obě možnosti. Takže to je kvantová superpozice. Dobrý. Takže pokud máte pole, jako je elektrické pole, magnetické pole, elektromagnetické pole, kvantové pole je třeba považovat za superpozici různých konfigurací pole. Tedy jakási vlnová funkce nebo oblak v prostoru možných polí, v prostoru možných konfigurací pole. Takže elektrické pole zde není ani takové, ani takové, ani taková černá hladina, ale je tam trochu těch a kvantový stav dává pravděpodobnost každému z nich. Když přejdete na kvantovou gravitaci, gravitace, to je to, co jsme se naučili od Einsteina, je geometrie časoprostoru.

Curvature, Torsion, and Gravity

Existuje velmi vizuální možnost, že gravitace je pouze ohýbáním, křivením, kroucením časoprostoru. Dobrý. Krásný. Takže v kvantové gravitaci není geometrie prostoru určena, je to superpozice různých geometrií. Je to parabola. Takže tady kolem nás je prostor zhruba plochý. A přesto je to parabola... Minkowského prostor je plochý prostor. A parabola je plochá až v pozicích hooodně vzdálených od vrcholu... Ale pokud vezmeme v úvahu kvantovou gravitaci, (což je podle mě chyba, je to blbost) v malém je to kvantová superpozice všech možných fluktuací. A v této kvantové superpozici se světlo stále může pohybovat rychlostí světla. O.K. Ale když se pustíte do malého a binga, chcete říct, jaká je zde geometrie? V mikrosvětě na planckovských škálách panuje „vřící vakuum, pěna pokřivených dimenzí“ a proto tam panují lineární interakce..., s použitím i extra dimenzí. Najdete geometrii, která není ani to, ani ono. O.K., protože rigorózně vzato, čím a jak lze změnit lineární přímku na nelineární parabolu?? To nejde, jinak by to byl podvod. Najdete geometrii, která má omezení délky. Takže neexistuje žádná struktura menší než určitá délka.?? Ano. Teď, když je někdo na střední škole a učí se o gravitaci, zjistí, že je to síla. A pak nějaký chytrý vysokoškolák řekne, ve skutečnosti je to zakřivení časoprostoru. Do paraboly. U gravitace vždy do paraboly. A pak nějaký chytrý postgraduální student řekne, vlastně to může být torze. A pak nějaký doktorát může říct, no, mohla by to být nematice linearizace paraboly je podvod na principu... https://www.hypothesis-of-universe.com/docs/i/i_019.pdf ; https://www.hypothesis-of-universe.com/docs/f/f_024.pdf ; nebo torze nebo jakákoli kombinace toho a zakřivení. Poskytuje kvantová gravitace smyčky definitivní prohlášení o tom, zda je gravitace zakřivení, torze, nematice, nebo nějaká jejich kombinace? Skvělá otázka, Curte. Dovolte mi odpovědět po krocích. První krok. Jdeš na střední školu a tam ti řeknou, že gravitace je síla. Dobře. Slunce a Měsíc, Slunce a Země se navzájem přitahují silou, která působí na dálku. Dáme pozor. Je to nepravda? Nebo je to tak? Věřím, že je to správně. To není falešné. Je to jen přibližné. Je to přibližný popis reality. Dobře. Když řeknu, podívám se tam a vidím les. A ty za mnou přijdeš a řekneš, ne, Carlo, mylíš se. Není to les. Je to spousta stromů s listím a tak dále a tak dále. Říkám, dobře, myslím, že máš lepší popis, ale pořád je to les. Dobře. Takže jakmile se naučíte obecnou relativitu, zjistíte, že existuje lepší popis. Proč lépe? Protože další popis některé jevy nezachycuje, je přibližný. Dobře. Takže je tu lepší popis z hlediska zakřivení. Ale v běžné situaci, ve které se nacházíte, můžete stále mluvit o síle. Není špatné mluvit o síle. Jsou to jen správná jména pro něco, co se stane, když se nedíváte příliš podrobně. To je první bod. Mohli bychom tedy říci, že Newtonova teorie je aproximace a obecná teorie relativity je skutečný příběh? Ne, samozřejmě, protože víme, že existuje kvantová gravitace. Newtonova teorie je tedy určitou aproximací. Einstein řekl, že gravitace je mnohem lepší popis reality. Kvantová gravitace bude lepším popisem reality. Bude to poslední konečný popis? Právo? Ne, pojd'. Váš program se jmenuje Teorie všeho, což je skvělé, ale nemyslím si, že bychom se blížili nějaké teorii všeho. Spousta věcí, které nevíme. Nevíme, co je temná hmota. Nevíme, co je... Raději budu, jinak budu brzy bez práce.

Přesně. Takže věřím, že vaše show může pokračovat ještě dlouho, než vůbec budeme moci přemýšlet o teorii všeho. Pokud se tam dostaneme, promluvíme si o tom. Ale nejsme tam ani zdaleka. Takže každá teorie, je to způsob, jak popsat svět na určité úrovni přesnosti. Dobře? Není to jedno správné, jedno špatné. Dobře. Když jsme si to všechno vyjasnili, což je podle mě důležité, protože se to často neříká, a protože jsme říkali, je špatné, že časoprostor je plochý. Není to špatně. Je to pravda. Jen to není moc přesné. Tady kolem je časoprostor plochý. Dobře? Do všech stupňů to můžu změřit, je to ploché. Takže říkám něco velmi správného. A když si řeknete, no, ale když budete měřit ještě lépe, nebylo by to ploché. Věrný. Ale v rozsahu, který mohu změřit, je plochý. Takže říkám něco správně. Existuje síla, která táhne dolů. Když nechám ruku spadnout, moje síla se stáhne dolů. Je to pravda. Dá se říct, že je to falešné? Ne, je to pravda. Dobře. Takže když jsem si to vyjasnil, vracím se k vaší otázce. V obecné relativitě, v kontextu obecné relativity, časoprostoru, je gravitace způsobena zakřivením. Žádná torze, nemetričnost, nic takového. Existují pokusy přepsat obecnou relativitu, je-li to možné, nebo rozšíření obecné teorie relativity o nějakou geometrii více geometrickou, jinou geometrickou, bohatší nebo jinou. Nic, co by mělo velký úspěch, co by nám umožnilo lépe porozumět, pokud vím. Pokud přejdete do smyčky kvantové gravitace, gravitace není jen zakřivení. Rozhodně to není nemetričnost. Je to kvantové zakřivení. Takže gravitace je geometrie, která je zakřivená, takže je to zakřivení. Ale kromě toho to může být, jak jsem říkal dříve, v superpozici různých zakřivení. Takže ve skutečnosti nezměníte geometrický jazyk, který používáte, ale dovolíte, aby byl kvantový.

Interpretations of Quantum Mechanics

Totíž umožňujete realitě, aby byla v kvantové superpozici různých geometrií. Takže pokud je smyčková kvantová gravitace správná, nejlepší způsob uvažování o gravitaci je ten, podívejte se, pokud je kvantová mechanika správná, nejlepším způsobem uvažování o částicích je stále částice, ale lze ji šířit. Může být v superpozici sem a tam, a to je vlnová funkce. Pokud je tedy smyčková kvantová gravitace správná, můžete gravitaci stále považovat za geometrii, ale tato geometrie je rozšířená. Takže máte kvantovou superpozici geometrie, vlnové funkce geometrií. Dostali se nějací lidé tak daleko, že interpretovali smyčkovou kvantovou gravitaci? Stejně tak existují výklady kvantové mechaniky. Někdo tedy může říci, že vlnová funkce je nějaký pilot, a pak částice na tom pilotu jen jezdí. Existují nějací smyčkoví kvantoví gravitisté, kteří by řekli, dobře, zakřivení se nějak pohybuje na vrcholu nějakého pilotního zakřivení? Ano, existují. Ve skutečnosti existují přesně papíry, které dělají to, co jste právě řekli. Kvantová gravitace je stále kvantová teorie. Takže všechny záhadné aspekty kvantové teorie jsou zděděny smyčkovou kvantovou gravitací. Takže pokud chcete interpretovat kvantovou teorii a dát jí smysl, což si myslím, že není špatný nápad jít do tohoto cvičení, existují různé způsoby, jak interpretovat kvantovou teorii. Jedna je ta, kterou jste právě zmínil, druhá je mnohosvětová, další je relační kvantová mechanika, která se hodně osvědčila. A každý z nich může být aplikován na smyčkovou kvantovou gravitaci. Stále mi neříkáte, jak vypadá objekt v té „smyčkové kvantové gravitaci“ ! Jednak všude = nikde nevysvětlujete „proč“ kvantujete? A „co“ kvantujete. A zadruhé: když už kvantujete, proč ještě navíc „smyčkujete“. Co to je smyčkovat?, tj. smyčkovat kvantované objekty? Takže pokud chcete, můžete být smyčkový kvantový chlápek z mnoha světů, smyčkový kvantový gravitace relační kvantový mechanik. Zdá se mi, že vztahový způsob je přirozenější. V listopadu příštího měsíce jdu na katedru filozofie, abych přednesl sérii přednášek, ve kterých to bude jedním z hlavních témat na Princetonu. Jsem pozván jeden měsíc do Princetonu, abych přednesl sérii přednášek, a budu mluvit o tom, jak interpretovat, jak porozumět kvantové mechanice, přičemž budu mít na paměti, že kvantová mechanika by měla zahrnovat také kvantovou

gravitaci. **To se vám nepodaří.** Takže interpretace problémů, které jsou otevřené v kvantové gravitaci, které odrážejí interpretaci problémů, které jsou otevřené v kvantové mechanice. Můžete tedy **vysvětlit**, jen stručně nastínit, co je to relační kvantová mechanika, a pak také **vysvětlit**, jaké to je formulovat výklad kvantové mechaniky. Protože mnoho lidí, když se sprchují nebo řídí, jak tráví svůj den, jsou jako, mám výklad kvantové mechaniky. Existuje však něco, co je symboličtější nebo kvantitativnější, přísnější, přesnější, přísnější, než pouhé dohadování se o interpretacích kvantové mechaniky? Interpretace kvantové mechaniky znamená přemýšlení o tom, jak může vesmír fungovat, je-li kvantová mechanika pravdivá, je-li pravdivá předpověď kvantové mechaniky. Jde o to, že když se osprchujete a přijdete s nápadem a začnete ho vyprávět, velmi brzy by vám to někdo řekl, ale podívejte se, dobře se zamyslete. Pokud je správné to, co říkáte, pak toto a toto a toto a řeknete, ach, ano, máte pravdu, nefunguje to. Většina **způsobů** myšlení tedy buď **nefunguje**, nebo nás nutí k nějakému velmi neočekávanému důsledku. **(následek nemusí být vždy důsledek...)**. Takže diskuse o interpretaci kvantové mechaniky je diskusí o těchto důsledcích a této podivnosti. Když provádím měření, mám částici a pak se rozdělím pomocí Stern-Gerlachova přístroje a pak vidím, co je tady nebo tam. Takže jsem změřil rotaci částice a může být jedním nebo druhým směrem. To je věc, která se dá udělat v laboratoři. Absolvent může jít do fyzikální laboratoře a provést toto měření. A pak se stane něco zvláštního, protože kvantová teorie vám ve skutečnosti neřekne, co se děje. Říká vám pouze vy máte pravděpodobnost, že uvidíte toto, pravděpodobnost, že uvidíte tamto. **(Už před 20 ti roky jsem přemýšlel jak matematicky změnit elipsu na parabolu. A jak změnit lineární vlnu na nelineární vlnu. A co se stane, když budu zvyšovat frekvenci, stále více a více v ad absurdum. A přemýšlel jsem jak implementovat do kvantové gravitace „princip střídání symetrií s asymetriemi“,** https://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g_073.pdf

... zde → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_004.pdf

a zde → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_002.pdf spuštění chodu času

a zde → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_008.pdf

a zde → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_013.pdf

a zde → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/i/i_141.pdf

a zde → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/h/h_082.pdf

a zde → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/h/h_052.pdf

a zde → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/r/r_009.pdf

a zde → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/r/r_003.pdf

a zde → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/r/r_002.pdf

a zde → http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g_044.pdf)

Nyní existují různé způsoby, jak o tom přemýšlet. Jedním ze způsobů je například to, že je toho mnohem víc, než co vám říká teorie. Teorie vám říká, že tato vlna, tato superpozice, ale jak jste říkal, kromě toho existuje také skutečná částice, která se veze na vlně a jde sem a tam, o které jsme předtím nevěděli, kde přesně je. Takže do teorie přidáte spoustu dalších rovnic, proměnných navíc, které nevidíme, ale to by mělo dávat smysl tomu, co se děje. Někteří lidé říkají, proč chcete přidat spoustu věcí, které nikdy nepoužíváte? Jiní lidé říkají, a to je jiná definice kvantové mechaniky, oh, ale ve skutečnosti to není tak, že by se stalo jedno nebo druhé. **Stávají se obě věci.** Vidíte, že se děje jedna věc, protože vy sami se stáváte dvěma. Je jeden vy, který vidíte nahoru, jeden vy, který vidíte dolů, a nikdy nenastane okamžik, kdy by se stalo něco divného, že by částice byla tady **nebo** tam. Částice je stále na obou místech, ale

také se stáváte na obou místech. Takže je jeden, který vidí nahoru, jeden, který vidí dolů. Dobře, to odstraňuje některé problémy, ale pak si musíme myslet, Curte, že ty a já jsme jen jedna verze z milionů kopií nás, které dělají jiné věci. O cokoli se tedy pokusíte, musíte rozdrtit něco hůře stravitelného. Je to prázdný rozhovor? Ne, myslím, že ne, protože tímto rozhovorem přemýšlím, že si trochu ujasníme, jak o kvantové mechanice přemýšlet. Když se Newton, Newton a Galileo a Huygens a Kepler a všichni ostatní dostali k newtonovské mechanice, byla to dlouhá diskuse, protože lidé říkali, dobře, počkejte chvíli, můžu říct, že se něco hýbe nebo ne? V newtonovské mechanice nemůžete. Nemá smysl říkat, že se něco hýbe nebo ne. Vždy můžete říci, že se něco pohybuje vzhledem k jiné věci nebo ne. To je neuvěřitelně zvláštní. Je to zvláštní, ale strávili jsme to. Strávili jsme přesně to, co jsme se naučili. Zjistili jsme, že nemá smysl být v klidu versus pohyb, pokud se to nevztahuje k nějakému předmětu. Takže to byla zvláštní zpráva, kterou jsme o světě pochopili. Teď je to jasné. Myslím, že jsme ještě nepochopili, co je zvláštní zpráva o světě, která přišla s kvantovou mechanikou. Mám svůj vlastní způsob prohlížení. **Jsem přesvědčený o svém = o své vizi, ale dokud to nezevšední, není to odpověď.** Lidé, kteří jsou zastánci mnoha světů, řeknou, že to, co dělají, je následování matematiky. Budou říkat tuto frázi, citovat bez uvozovek, jako, bereme Schrodingerovu rovnici vážně, ale ta vaše je alternativou, která Schrodingera nezbavuje. Nemýlí se tedy, když říkají, že pouze sledují matematiku? Skutečně sledují matematiku a dávají výklad? Nebo je pravda, že z matematiky můžete odvodit výklad mnoha světů? Nemyslím si, že jsou úplně správné. Něco znamenají. Nejsou hloupí. Mají způsob myšlení. Jsou tam velmi chytrí lidé. Ale myslím si, že není úplně správné, že postupují podle matematiky z následujícího důvodu. Pokud chodíte do školy a následujete dobrou třídu kvantové mechaniky, v určitém okamžiku získáte čistou matematiku. A matematika, to je v podstatě Schrodingerova rovnice plus operátory plus vlastní hodnota, konstrukce vlastního vektoru, která dává pravděpodobnosti vidět jednu věc a druhou. Matematika má tedy různé části. To, co dělají, se snaží udělat následující. Zapomeňte na to, zapomeňte na toto, toto si nechte a postupujte podle matematiky a zjistíte, zda můžete získat to druhé. Takže si vyberou. Učiní volbu na začátku matematické knihy, takzvané postuláty kvantové mechaniky. Odhazují projekční postulát, odhazují postulát měření. Odmítají postulát vlastní hodnoty. Jen udržují kvantový stav a způsob, jakým se vyvíjí. A oni říkají, že je to skutečná matematika. Ale neřekl bych, že je to skutečná matematika. Řekl bych, že relevantní matematika je zbytek. Zajímavý. Jo. Takže to, co říkají, je, že odebírají část matematiky

Quantum Gravity

tak, jak je běžně prezentována, a snaží se ji obnovit jen z prvního kousku. Do jisté míry ano, ale s velmi dlouhým a komplikovaným příběhem a spoustou, víte, této komplikované myšlenky, která naznačuje, že v určitém smyslu jsme vy a já jen jednou z mnoha kopií. Takže musíte přijmout něco velmi zvláštního na realitě, pokud se vydáte touto cestou. Představa, že tato část matematiky není skutečná kvantová mechanika, je to zvláštní myšlenka. Není to její volba, jak se tomu snažit dát smysl. Vrátime-li se k čínskému experimentu, překonali i něco jako Wolframův model, který se týká časoprostorových atomů? Nebo si to prostě dali? To je dobrá otázka. Vlastně nevím. Určité věci rozhodně vylučují. Myslím tím ve skutečnosti mnoho věcí. **Jakákoli naivní představa o kvantové gravitaci,** většina lidí by souhlasila, dává konečnou délku. Otázkou je, jak tato konečná délka vlastně v přírodě přichází. Vylučují myšlenku, že tato konečná délka je ve skutečnosti konečná mřížka v prostoru. To je venku. Určitě by to dalo tento efekt, a efekt tam není. Měl bych podezření, že by to mohlo být použito k vyloučení jakékoli teorie, která není kvantová. Takže **Wolframova teorie** chce v jistém smyslu odvodit kvantum z něčeho jiného. A je tu granularita, která je klasická. Takže

to může být pro tuto teorii problém, ale nejsem si jistý, protože jsem nezkoumal detaily. A vy jste se zeptal, je to jen omezení. Jo, nechápu, proč by to prostě nedalo hranice. Podívejte, teoretická fyzika je méně čistá než způsob, jakým se obvykle řeší. Vždy můžete změnit parametry a uložit se. ?? Teorie ve skutečnosti nejsou vyloučeny, je velmi vzácné, že teorie jsou vyloučeny pouze experimentem nebo skupinou experimentů. **A experiment to je takový děj, takové dílo, pro které musíte použít fyzikální realitu. Základní realitou jsou „Délka“, „Čas“, „hmota“.** Kam patří **zákony, pravidla, principy a matematika** a... a „z čeho jsou“, **nevím**. Teorie obvykle přichází s flexibilitou. Teoretici mohou přidat flexibilitu. A tak nové experimenty, můžete jen opravit svou teorii. Jde o to, že... Ano. V případě **smyčkové kvantové gravitace** to není flexibilita, která se tomuto experimentu vyhýbá. Správně, je to tak. Je to ta smyčková kvantová gravitace, která nepředpověděla to, co říkají, že předpověděla na začátku. ? To je správně. Právo. ? Běžně by se tedy stalo, že některá měření je těžké začlenit do teorie, je to těžší a těžší. A v určitém okamžiku řeknete, ne, pojďte. Podívejte, vezměte si Newtonovu teorii, že? Kde se stala Newtonova teorie špatně? Newtonova teorie jde s Merkurem špatně. Merkur v podstatě nedělá elipsy. Elipsy se otočí, perihélium elips se otočí způsobem, který nezapadá do Newtonovy teorie. To je fakt, my víme. A ve skutečnosti obecná teorie relativity dokonale vysvětluje tento posun perihélia, tuto úžasnou studnu. Ale když to bylo měřeno, řekli lidé, oh, to zabíjí Newtonovu teorii? Lidé říkají, ach, ano, ale možná, že slunce ve skutečnosti není koule. Možná je uvnitř další malá planeta, Vulcan, která dává tento efekt. Nebo existuje jiná planeta, ano. Možná tohle, možná tamto. Všechny byly otevřené možnosti. Takže to nezabilo Newtonovu teorii, jen to, víš, byl problém pro Newtonovu teorii. Musel dělat legrační věci, aby to vyhovovalo. A když se objevila obecná teorie relativity a dala bingo, přesně to správné číslo tak krásným, úžasným a čistým způsobem, lidé říkají, ach, ne, to musí být lepší vysvětlení. Proč si tedy myslíte, že tito polemizující komentátoři, jak to říkáte, tak dychtivě říkají, **že smyčka kvantové gravitace je smrtelná rána?** Myslím, že polemika mezi smyčkovou kvantovou gravitací a teorií strun hodně prodává. Lidi, jo, vzrušujte se. Podívej, tohle je výhra, tohle je prohra. A samozřejmě, pokud můžete říct něco takového silného, vypadá to, že vyvolává polemiku. Věda je pomalá, hodně se o ní debatuje, věci nejsou jasné, chce to čas. Není to o velkých emocích. Chci říct, někdy tam jsou velké emoce. Skutečnost, že všichni očekávali super symetrii, nebyla nalezena, byla pro komunitu velkým šokem. Chci říct, že tam byly články napsané vědci v nějakém Le Monde, francouzských časopisech, které říkali: Oh, to je velká krize pro fyziku. Ale i tam to vylučuje teorii strun? Ne, samozřejmě, že ne. Není to proto, že by neexistovaly, protože teorie strun skutečně jednoznačně nepředpovídá nízkoenergetickou super symetrii. Jak jsem řekl, myslím, že komentovat vědu, to není... ? Málokdy je to komentovat jasné věci. A v tomto případě nevím. Chci říct, nevím přesně, co se stalo, ale **mezi strunami a smyčkami** byla trochu ostrost, což je podle mě hloupé. Prostě nevíme. Teda každý z nás a v diskuzi je dobré říct, **hele, tady se mýlíš, tady se mýlíš. Takhle je ta diskuze...** Ale rozhodně nikdo není mrtvý. Žádná teorie není mrtvá. **A všichni si přejeme, aby věci šly rychleji, ale věda nikdy nebyla rychlá.** Fundamentální věda nikdy nebyla rychlá. Trvá to desítky let. Přejete si, aby věci šly rychleji, kromě vysokoenergetických fotonů. To je správně. Absolutně.

Lorentz Invariance

Pak protiargument, který jsem četl v komentářích od některých komentátorů a některé komentáře samotné, říkají, dobře, tak to buď znamená, že smyčková kvantová gravitace byla vyvrácena, nebo že je netestovatelná. Ale zdá se mi, že to, co říkáte, je, že je to buď vyvráceno nebo to nebyl test, ne že by to bylo netestovatelné. Naprosto správně. Nebyl to pro to test. Od samého začátku. Myslím tím, že uvnitř komunity proběhla diskuse, teoretická

diskuse a výsledek byl jasný. Ne, toto není test teorie. Lidé usilovně pracují na nalezení testů teorie nebo alespoň měření, které by mohlo pomoci teorii podpořit nebo pomoci zbavit teorii důvěryhodnosti. Takže je toho hodně, to je to, co mnoho lidí právě teď dělá. Mám citát od Sabine Hassenfelder z videa, které jsem vám poslal. A řekla, že nejmenší možná oblast, o které jsme mluvili, není kompatibilní s Einsteinovou teorií a k tomu je třeba upravit Einsteinovu teorii. A pokud to uděláte, zjistíte, že rychlost světla není konstantní. Tak to byl tenkrát Smolinův argument. A pak řekla, že opak byl vokálně reprezentován Carlo Rovelli, který řekl, ne, ne, ne, můžeme obnovit symetrie Einsteina zprůměrováním všech možných způsobů, jak rozdělit prostor na oblasti. A ano, myslím, že to dokážeš. Tohle je teď ona. Ale v tomto případě efektivně získáte zpět oblasti nulové velikosti, protože **vždy bude existovat nějaký pozorovatel, pro kterého je oblast libovolně malá.** A vraťte se k problému singularit, kterým se kvantová gravitace snažila vyhnout. **Každá teorie se snaží vyhnout singularitě.** Takže v podstatě nemůžete mít svůj dort a sníst ho taky. A jsem zvědavá, co na to odpovíte. Oblasti nulové velikosti jsou součástí teorie a nejsou, nemá to nic společného se singularitou. Spektrum plošného operátora zahrnuje minimální plochu, což je jaksi zhruba Planckova plocha, druhá mocnina Planckovy délky, ale také nula, samozřejmě. A otázka je oblast čeho, že? Takže když vyberu dva, řekněme, mluvme o délce, což je jednodušší. **Pokud si vyberu dva body, mohu se zeptat, jaká je délka, vzdálenost mezi nimi. Různá. Mezi dvěma singularitami je vzdálenost „jedna singularita“.** Dobře. Když řeknu, existuje mřížka s nějakým délkovým prostorem, můžu se zeptat, jaký je prostor té hypotetické mřížky. Pokud něčím změřím difúzi částice, difúzní číslo se měří v oblasti plochy. Tak to je další. Takže smyčková kvantová gravitace říká, že když něco změříte, dostanete vlastní hodnotu, která může být nula, může to být jedna Planckova oblast nebo dvě Planckovy oblasti nebo cokoli jiného. To je dokonale kompatibilní se skutečností, že, řeknu to takto, z pohledu fotonu je to velmi nápaditý jazyk, kdo cestuje na vzdálenost z jiné galaxie než my, je to, jako by minimální plocha byla nula. Věrný. Dobře. Je to v režimu zakřivení, které je velmi malé. A tento konkrétní druh měření, takřikajíc, prováděný protonem, je jako by minimální plocha byla nula. Není. Je to minimální oblast jeho vlastního vývoje, abych tak řekl. To nemá nic společného s výjimečností. Singularita, to se děje při vysokém zakřivení. Například centrální černá díra **nebo raný vesmír poblíž Velkého třesku, kde je zakřivení časoprostoru velmi vysoké.** **Velmi vysoké je i ve vřícím vakuu v časoprostorové pěně...; to vede k úvaze, že stav horké plazmy dimenzí, kde se rodí hmota (po BB), je stejný jako stav vysoké křivosti časoprostoru na „studených“ planckovských škálách...kde se také rodí hmota, páry částic...aj.** A to, co říká smyčková kvantová gravitace, je, že existuje maximální zakřivení, protože si nějak představujete, že máte malou kouli, zakřivení je maximální, protože koule nemůže být menší než Planckova oblast. Takže zakřivení nemůže být větší než jedna nad Planckovou oblastí, protože malá koule znamená vyšší zakřivení. **Jenže geometrie může realizovat i chumel zmačkaných dimenzí.** Copak se nekoukáte na atom uranu kolik je to kuliček v jedné kouli a těch je pak desítky v jiné kouli?! Takže způsob, jakým hranice velikosti věcí přicházejí, aby pomohly singularitám, nemá nic společného s tím, co se stalo v blízkosti plochého prostoru, kde se pohybuje světlo. Carlo, víš, že Sabine právě vyvrátila nebo odpověděla přesně na tento problém. A ona řekla, cituji: Pokud kvantujete operátor momentu hybnosti, spektrum vlastních hodnot je diskrétní a to neporušuje rotační invarianci. Carlo tvrdí, že to funguje podobně ve smyčkové kvantové gravitaci s Lorentzovou invariancí. Ale není. Pokud spočítáte očekávanou hodnotu operátoru momentu hybnosti, bude respektovat rotační symetrii, ano. Je to však proto, že jeho vlastní hodnoty jsou kladné i záporné, což mu umožňuje průměrovat na nulu. Naproti tomu vlastní hodnoty operátora oblasti ve smyčkové

kvantové gravitaci jsou všechny kladné a mají spodní hranici. V důsledku toho je očekávaná hodnota pro oblast ve smyčce kvantové gravitace omezená zdola a nemůže se transformovat pod Lorentzovou skupinou. To je matematický fakt. Carlo to samozřejmě ví. Každý, kdo na těchto věcech pracuje, to ví. Jen opakují tento příběh o momentu hybnosti, protože to zní povrchně věrohodně, pokud nevíte nic o kvantové fyzice. Nyní byste mohli říct, dobře, oblast se nemůže transformovat Lorentzovou transformací, možná se dějí nějaké kvantové věci, dějí se nějaké divné věci. Ano, ve skutečnosti to Carlo a Simone zmínili ve svých novinách. To je také důvod, proč někteří lidé ve smyčkové kvantové gravitaci navrhli, že by měly existovat odchylky od Lorentzovy invariance. **Snážil jsem se jim to říct, ale oni to nechtěli slyšet.** Takže, co bychom měli slyšet? Ano, jde o technické nedorozumění. Sabine se hádala a myslím, že chápu, kde došlo k nedorozumění. Mnohokrát slyšela, že existuje minimální vlastní hodnota oblasti a je to druh Planckovy oblasti na druhou. Planck délka na druhou. Oblast Planck. To se obvykle říká. Očividně to není řečeno správně. Chci říct, že minimální vlastní hodnota je nula. Je to minimální nenulová vlastní hodnota, což je Planckova oblast. Jinými slovy, to, co předpovídá kvantová gravitace smyčky, je, že existuje nulová vlastní hodnota a pak další, ta je v jemnější vzdálenosti. Nemůžete tedy získat žádné vlastní hodnoty menší než minimální a nenulové. Jasně, je tu mezera. Je tam mezera. Ale Sabine to z nějakého důvodu špatně pochopila, možná proto, že v některých popularizačních článcích nebo knihách to nebylo přesně řečeno. Myslela si, že neexistuje žádná nulová vlastní hodnota, a proto, kdyby nebyla žádná vlastní hodnota nula, měla by pravdu a tak nějak by si stěžovala, počkejte, nemůžete transformovat střední hodnotu oblasti libovolně malou, což je to, co potřebuje Lorentz. Invariance, pokud by neexistovala nulová vlastní hodnota. Ale existuje nulová vlastní hodnota. Takže si myslím, že možná nikdy nečetla skutečné noviny s kvantováním oblasti. To, co dělá smyčku kvantovou gravitací konečnou, žádné ultrafialové divergence, není žádná možná oblast, vždy je větší než Planckova oblast. Jde o to, že jakákoli možná nenulová oblast je větší. Je tam mezera? Takže jakmile se to vyjasní, její argument zmizel a byla velmi nervózní. Myslím, že nemohla, měla v hlavě mylnou představu, že žádná nulová vlastní hodnota neexistuje. To ji přimělo, měla se možná předtím zeptat odborníků veřejně s argumentem založeným na špatném předpokladu. Takže tento argument o nenulové očekávané hodnotě stále neplatí? Pokud máte nulové a pak kladné hodnoty a zprůměrujete to, nebylo by to stále nenulové? Ne, ne. Průměr může být tak malý, jak chcete. To je podstata. Průběžně můžete dělat průměr tak malý, jak chcete, včetně nuly. Nula je možnost. Oblast se stane libovolně malou, když se díváte z libovolně zesíleného snímku. Takže to vyžaduje Lorentzova invariance. Můžeme to tedy udělat libovolně malé? Samozřejmě, že to můžeme udělat nulou. Jinými slovy, kvantový stav se může otáčet od maximální pravděpodobnosti pro konečnou vlastní hodnotu k rostoucí pravděpodobnosti k nulové vlastní hodnotě. Přesně to se stalo při Lorentzově transformaci vlastního státu oblasti. Transformovalo se v lineární kombinaci druhého. Pokud projdete celou cestu až na konec, dostanete se jen na nulu. Takže, Lorentzi, můžeš to zvýšit pod druhou mocninu Planckovy délky? Oh, ano, ano. Rozdíl je zde rozdíl mezi očekávanou hodnotou a vlastní hodnotou, že? **Kvantová mechanika tedy říká, že pokud provedete jedno měření jedné veličiny, pouze jedno, můžete získat pouze vlastní hodnotu.** To říká kvantová mechanika. Očekávaná hodnota je průměr mezi nimi. Takže, elektrony se točí nahoru a dolů, ale technicky je jeho očekávaná hodnota nula, ale žádný elektron s nulovým spinem neexistuje? Záleží na státu. Chci říct, jeden atom, když vám dám atom, může být v takové konfiguraci, kterou nutně vidíte, předpokládejme, že jde o rotaci. Jsou tři možnosti. Spin může být nahoru, dolů nebo nula. Takže teď předpokládejme, že to vidíte s roztočením. Takže teď otočte hlavu. Klasicky by složka rotace v tomto směru byla

nulová. Takže se neustále otáčíte složka v nule od jedné do nuly. Teď, když měříte různé typy, otáčíte atomem, nic mezi tím nedostanete, dobře? Předpokládejme, že se otočíte o polovinu nebo 45 stupňů. Provedete měření. Pak kvantová mechanika říká, že máte poloviční pravděpodobnost, že naměříte, a ještě jednu a půl pravděpodobnost, že naměříte nulu. Průměr se tedy průběžně transformuje, ale co naměříte v jednom záběru, záleží na pravděpodobnostech a očekávané hodnotě. Z důvodu konzistence tedy chcete, aby se očekávané hodnoty mohly průběžně měnit, když provádíte souvislé otáčení nebo souvislou transformaci zesílení. To je v pořádku, protože existují pravděpodobnosti. Není tam nic opravdu tajemného. Je to jen kvantová mechanika 101. Není to hluboká, hluboce kvantová záležitost. Chápu. Takže Sabine byla nějak zmatená, protože řekla, ale nemůžeš jít menší než minimální plocha, když není nic jiného, kam bys mohl jít, dobře? Protože zapomněla, že operátor oblasti má také nulovou vlastní hodnotu. Ve skutečnosti jsou vlastní hodnoty operátoru plochy dány druhou odmocninou z j , j plus jedna, kde j je poloviční celé číslo. Takže to může být nula, jedna polovina, jedna, takže toto diskrétní spektrum krát osm h bar g pi. A j může být nula. Je-li j nula, je plocha nulová. Je to ve vzorci pro vlastní hodnotu oblasti, která je ve všech novinách nebo knihách. Je celá tato brouhaha o smyčkové kvantové gravitaci

The Black Hole Information Paradox

proto, že by se jeden konkrétní návrh testování neuskutečnil, a proto je teorie netestovatelná. Ne, myslím, bylo by to hloupé. Pokud nemůžete otestovat teorii určitým způsobem, neznamená to, že teorie je netestovatelná. A ve skutečnosti existuje mnoho dalších nápadů, jak to otestovat. Bohužel, jak všichni víme, žádná teorie kvantové gravitace v tuto chvíli nezískala kladné potvrzení nebo potvrzení. Jinak bychom si nárokovali Nobelovy ceny a byli šťastní a oslavovali. A v to doufáme. Tyto teorie jsou předběžnými teoriemi. Smyčková kvantová gravitace, teorie strun, ostatní jsou představy o tom, jak by svět mohl vypadat. A too něm? Nebo ne články, ale někdy i videa. V komunitě, s ohledem na experiment, ne, myslím, že se o tom ani nediskutovalo, protože velká většina komunity, téměř celá komunita už byla přesvědčena, že by k takovému efektu nemělo dojít. Nebylo to tedy překvapení. Vlastně si nevzpomínám, že by můj kolega na tuto experimentální věc poukazoval. Napětí se vůbec netýkalo těch Lorentzových porušení. Napětí se týkalo kosmologie, temné hmoty, černých děr a dalších věcí. Ten povyk, jak říkáš, v těch popularizačních věcech ... Hele, pár lidí mi psalo a říkali, no tak, podívej, co tito lidé píší. Proč vlastně nečtou noviny místo toho, aby komentovali? Nevím. Rozhodně nechci být v ničem negativní. Je skvělé, že tato popularizace je skvělá, ale myslím, že existují různé styly, jak popularizaci dělat. Existuje styl, ve kterém dáváte příležitost mluvit, vy posloucháte, píšete komentáře, snažíte se zjednodušovat. Existuje také styl, kterým se popularizátoři chtějí vydávat za soudce toho, co se děje, a který si myslím, že není příliš užitečný. Jak víte, na Theories of Everything se ponoříme do některých konceptů, které se nejvíce šíří realitou, od teoretické fyziky a vědomí po AI a nově vznikající technologie. Abych zůstal informovaný v neustále se vyvíjejícím prostředí, vidím The Economist jako zdroj pronikavých analýz a hloubkových zpráv o přesných tématech, která jsou zde zkoumána, a ještě více. Závazek The Economist k přísné žurnalistice znamená, že získáte jasnou představu o nejvýznamnějším světovém vývoji, ať už jde o nejnovější vědecké inovace nebo o posouvající se tektonické desky globální politiky. The Economist poskytuje komplexní pokrytí, které přesahuje titulky. The Economist odlišuje jejich schopnost zpřístupnit a zapojit složité problémy, podobně jako se o to snažíme v tomto podcastu. Pokud jste nadšení pro rozšiřování svých znalostí a hlubší pochopení sil, které utvářejí náš svět, pak vřele doporučuji předplatit The Economist. Je to investice do intelektuálního růstu, které

nebudete litovat. Jako posluchač TOE získáte speciální slevu 20 %. Nyní si můžete užít The Economist a vše, co nabízí, levněji. Chcete-li začít, přejděte na jejich webovou stránku [www.economist.com /TOE](http://www.economist.com/TOE), TOE. Děkujeme za naladění

a nyní zpět k našemu zkoumání záhad vesmíru. My super polarizátoři se chceme postavit za soudce toho, co se děje, a to si nemyslím, že je to moc užitečné. Dobře, když mluvíme o černých dírách, co je to firewall? Co je informační paradox? A co o těchto dvou říká smyčková kvantová gravitace? Dobře, takže víme, že tam černé díry jsou, máme jejich fotky a všichni jsme o tom přesvědčeni. Nebo téměř všichni, přesvědčeni, že existuje zvláštní fenomén, kterým je Hawkingovo vypařování. Hawkingovo vypařování je jev, kvůli kterému když vezmete černou díru a necháte ji v ní zůstat izolovanou, nedotčenou po dlouhou dobu, bude menší a menší a menší a menší a menší a menší a... Uh-huh, já skoro všechno nevím. Můžeme o tom mluvit potom. Kdo nevěří v Hawkingovo záření? Oh, dobře, dobře, dobře, chci říct, víš, to je v pořádku. Velká většina, co říkám, je, že obě strany neshody, kterou vám za chvíli řeknu, souhlasí s tím, že k vypařování Hawkinga dochází. Co teď nevíme a na co mají lidé různé názory, je to, co se stalo na konci vypařování. Existuje část komunity, ke které patřím, která je většinou tvořena relativisty nebo lidmi s kvantovou gravitací nebo podobnými lidmi, která si myslí, že na konci vypařování jste v režimu hluboké kvantové gravitace, protože černá díra je v tuto chvíli velmi malá. A malá černá díra neznamena, že se neblížíte žádnému kvantu, znamená to, že jste velmi kvantoví, protože máte velmi vysoké zakřivení, to bylo to, co jsem říkal předtím, horizont je super zakřivený. A právě kolem něj je zakřivení planckovské. Takže jste v režimu hluboké kvantové gravitace. Takže to, co lidé v mé komunitě očekávají, je, že se v tu chvíli stane něco kvantového. Druhá část komunity, která je většinou ve světě strun, to je další případ, ve kterém existuje smyčka strun, svět strun, svět smyčky, protože je mnohem větší než lidé ve skutečných teoriích, očekává se, že když černá díra je velmi malá, fuj, zmizí. Není tam nic, vůbec nic. Proč to považují za nepravděpodobné, protože když se podíváte na geometrii, když se horizont velmi zmenší, uvnitř je stále velmi velký, uvnitř jsou obrovské věci. To je gravitace, ne? **Do malé koule se vejde velký objem, protože časoprostor je zakřivený.** Takže si můžete představit plochou věc s malým hrdlem a pak obrovskou lahví uvnitř, obrovskou jámou uvnitř. Tak to je černá díra. Je to velmi malé, ale tato dlouhá věc uvnitř. Takže očekávám, že se stane, že dojde ke kvantovému přechodu, který umožní, aby tato vnitřní část vyšla ven. Takže všechny informace uvnitř pomalu mohou přijít ven. A tak očekávám, že se stane, že malá černá díra, ta zůstává, se stává pozůstatkem. Zůstává takový, zůstává malý zvenčí po velmi dlouhou dobu a stává se tím, čemu se říká bílá díra, což je díra, ze které může vycházet vnitřek. Takže informace uvnitř mohou vyjít ven. Nyní, pokud místo toho věříte, že černá díra mizí, jste vedeni k přesvědčení, že informace uvnitř jsou ztraceny nebo musí nějakým způsobem vyjít ven. A mnoho lidí ve světě strun se přesvědčilo, že informace musí vyjít dříve, s určitým počtem argumentů. A tak jsem už dříve vymýšlel nejrůznější hypotetické jevy, které vynášejí informace ven. Takže máte černou díru, věci padají dovnitř, informace uvnitř, měly by vyjít před koncem vypařování, myslí si. Pokud věříte, že věci vycházejí ven, věříte také, že když je černá díra malá, informace uvnitř nemohou být velké. Takže si myslím, že můžete mít malou černou díru s obrovskou informací uvnitř. A lidé říkají ne, správně nazývá, protože dogma není něco, co víme o přírodě, je to něco, co si myslíme, myslí si, že by to mohlo být. Přidáno do přírody. Že malá černá díra už nemá informace, takže když zmizí, nejsou tam žádné informace, všechno vyšlo dříve. Mají tedy hádanku, jak informace vycházejí, a to je takzvaná informační hádanka černé díry. A mají způsoby, jak to popsat a vyřešit, což v podstatě znamená nevěřit kvantové teorii pole, myslet si, že kvantová teorie pole jde nějakým zvláštním, záhadným způsobem špatně.

Firewall, který jsi zmínil, s tím souvisí. Takže pokud se to stalo blízko horizontu, je to, jako by tam byla super vysoká energie, takže se nějak spálíte, když tam půjdete. Moje část komunity, která zahrnuje mě a mnoho lidí z kvantové gravitace a mnoho lidí také z klasické obecné teorie relativity, si tento příběh nekupují a myslí si, že informace přicházejí, zůstávají po celou dobu vypařování a pak pomalu vycházejí ze zbytků. A já, kolegové, se snažím tuto myšlenku využít, abych zjistil, zda lze tento zbytek pozorovat, a můj poslední fyzický dopis je přesně pokusem popsat zařízení, které by mohlo v principu měřit tento zbytek. Když teď

Dark Matter and Testing Quantum Gravity

mluvím s lidmi na tomto kanálu, často když navrhnou nějakou novou částici nebo něco podobného pozůstatku, řeknou, a to by mohla být temná hmota. Ve vašem případě si také myslíte, že by se mohlo jednat o temnou hmotu? Ano, samozřejmě, protože temná hmota je asi největší, doskoro jediná konkrétní, záhadná věc, která se neslučuje s našimi ... s našimi základními rovnicemi, že? Jsou zbytky tak malé, že jsou jako neutrino a mohly by námi procházet miliony nebo bilionykrát za sekundu a my bychom je necítili? Jsou tomu podobní nebo ne? Určitě bychom je cítili, kdyby prošli námi. Ne, ne, je to první. Necítili bychom je, ne proto, že jsou malé. No, jsou malé, jsou supermalé, a protože **interagují pouze gravitačně**. Takže by neinteragoval elektromagneticky, neinteragoval by silnou silou, neinteragoval by slabou silou. Mohly by vámi tedy projít a efekt skrz vás by byl jako newtonovská přitažlivost chloupku pohybujícího se vedle vás, který je naprosto minimální. Myslel jsem, že také exportují něco jako záření, ale extrémně pomalu z informačního obsahu uvnitř. Jo, také ztrácejí informace venku, ale to je extrémně pomalu, extrémně nízká energie, velmi, velmi dlouhá vlnová délka. Myšlenku této věty, je přesně myšlenka relační kvantové mechaniky, že? Objekt je tedy definován všemi vztahy, které má kolem sebe. Takže pokud si chcete myslet, že je to předmět sám o sobě, předmět sám o sobě nemá žádný význam. A teorie kategorií, to je určité přirozený matematický jazyk pro mluvení o těchto věcech. Protože v jistém smyslu, teorie kategorií, se rodí s touto myšlenkou, že je to struktura, největší struktura, která určuje, o čem mluvíme. Ale nejsem dostatečně kompetentní, abych používal teorii kategorií. Možná bych měl. A ve skutečnosti mi lidé říkali, proč ne? Lidé si to zamilují, když to studují. Oh, to samé, co dělá zbytek vesmíru, s druhy interagujícími s druhy. To však neznamená, že vesmír je mentální, protože můj způsob bytí nebo váš způsob bytí závisí na specifikách mozku. Jsme velmi zvláštní kusy přírody, ale jsme zvláštní právě proto, že jsme komplikovaní a všechny tyto věci se dějí. Takže si myslím, že pokud vyjdeme ze základního druhu filozofie, kde popisujeme vesmír způsobem jako soubor věcí, z nichž každá může být popsána z hlediska ostatních a jak věci mají informace o sobě navzájem, jak se věci navzájem přitahují. Máme jednotný způsob a jednotný jazyk, ve kterém jak měníci se chování, kterému říkáme vědomí, nikdo neví, co myslí vědomím, jsme prostě to, jací jsme, tak způsob, jakým jsou kameny a planety a rostliny a vesmír popsány ve stejném jazyce. A pak to oddělení zmizí, věřím. Takže věřím, že oddělení by mělo zmizet a zmizí stejným způsobem, jakým si před několika desetiletími lidé mysleli, že živé bytosti jsou úplně jiné než neživé bytosti. Biosféra je něco úplně jiného. Není to úplně jiné, je to jen speciální soubor procesů, ale jen fyzikální proces, chemický proces, kterému říkáme biologický proces, zvláštní druh chemického procesu. Takže si myslím, že naše myšlení je jen jedna z mnoha věcí vesmíru, která je velmi komplikovaná a my jí rozumíme velmi málo. A z vašeho pohledu, protože z povrchu to zní, jako by to naznačovalo, že vědomí je fundamentální, pokud jsou vztahy fundamentální, vědomí nějak souvisí se vztahy. Zní to tak. Jak je možné, že existuje zkušenost spojená s něčím, některé z těchto věcí jsou srozumitelné, že? Například jak se rozhodujete. No, máte informace a pracujete se, děláte věci. A můj počítač se

rozhoduje, když se mnou hraje šachy podobným způsobem. Takže ta část je společná. Jak se díváš kolem sebe. Ale zkušenostní část. Část, která se cítí jako něco. Jo, jde o to, že když se snažíte určit, co přesně máme na mysli tou věcí, která je jiná, když se snažíme říct přesně, nemůžeme. **Používáme vágní slova. Obzvlášť Vy, pane profesore. A tato vágní slova jen říkají, že nevíme, o čem mluvíte.** Takže si nemyslím, že by na samotném zážitku bylo něco zvláštního. **No...no, je-li na samotném začátku nula, která se skokem změní na nekonečno, pak to zvláštní je.** Je to jen jeden z aspektů světa, který se příliš neliší, což je mnohem složitější verze toho kamene, který padá na druhý kámen a ovlivňuje ho. Mnohem složitější. A tato komplikace, tato další komplikace, je to, co ho dělá tak bohatým. Myslím, že tam není něco jiného ve mně vysvětlovat, jak je tento kámen ovlivněn jiným kamenem, a snažím se pochopit, jak na tebe, Curte, působí, když se mnou mluvíš. **Prostě, v jednom případě je to snadné, v jednom, v jiném případě je to super komplikované.** Rozdíl je pouze v míře komplikací. A to, co nazýváme vědomím, je tato další komplikace. Takže věříte, že kámen něco cítí, když naráží na jiný kámen? Ne. **Možná něco cítí zákony. Kdyby „nic“ necítily, nemohla by narůstat posloupnost nových a nových zákonů, pravidel a principů ..., ty se také rodí a vznikají „po nárazech“.** Ne, protože pocit je, věřím, že jeho chování je ovlivněno tím druhým a správný jazyk pro popis toho, co se děje, je vztah mezi těmito dvěma. A pocit souvisí s emocemi, s věcmi, které máte, když máte ..., neurony, které se zapálí a říkají, oh, něco cítím. Pocit je jméno, které dáváme něčemu, co se v nás děje, a je to správné jméno. Je to dobré jméno. Ale my tento název pro kámen nepoužíváme. Nedávalo by to smysl. Kdybyste měli 10 postgraduálních studentů a mohli byste je delegovat do nejpoddajnějšího a nejslibnějšího směru relační kvantové mechaniky nebo smyčkové kvantové gravitace, **na jaký úkol byste je zadali? Tlačím mozek a nemůžu nic vytlačit...**

Dělám ... sedím a vážně se pokouším vypočítat amplitudu přechodu černé díry na konci vypařování. Takže zbytek černé díry, až přestane být zbytkem? Jo. Jo. Víte, **moje chápání smyčkové kvantové gravitace je, že je to víceméně teorie.** Je to dobrá teorie. Je to konzistentní, koherentní teorie. Nerozumíme tomu dobře. Je těžké vypočítat. Nejsme si jisti, jak to definovat. Myslím tím, že jsme o nás bojovali ve smyčkové kvantové gravitaci. Tato verze je samozřejmě o něco lepší než vaše. A jsou věci, které ještě nebyly prokázány. Takže nejrůznější potíže. **Ale je to teorie. Je to konzistentní teorie kvantové gravitace. Co nevíme je, zda je to správná teorie pro popis světa nebo ne.** Takže bych řekl studentům, podívejte se, pracujte na aplikaci, zkuste použít teorii k závěru jevů. Existuje mnoho konkrétních jevů, raný vesmír. Teda, ale zdá se mi konec vypařování, což je stejný problém jako singularita. **Mějme před big-bangem nekonečný časoprostor. Vezměte z něj dimenzi, přímku nekonečnou doleva a nekonečnou doprava. Udělejte na té přímce úsečku, konečný interval = skoro-nekonečný interval = jednotkový interval. Jak velká bude ta úsečka = jednotkový interval když budeme přímku zmenšovat až na velikost skoro-nula = skoro-singularita.** Nějakým způsobem je singularita spojena s koncem vypařování. A existuje řada papírů, které se snaží provést tento výpočet, ale jsou velmi, velmi primitivní, malé. Dosud nebylo prozkoumáno. Existuje matematika, která je k dispozici. Je to krásný fyzický problém. Je to tam venku. Vidíme černé díry. Dobře. Co se s nimi stane v budoucnu? **S největší pravděpodobností, myslím, pokud tito lidé, které jsi předtím naznačil, že jo, s největší pravděpodobností se vypaří. Ha, ha...** A co potom? Takže se ptáme na nějaký konkrétní problém. A kdyby to náhodou bylo spojeno s temnou hmotou, jsme báječní, protože bychom mohli, pak tam bude spousta těchto zbytků, které bychom je mohli zkontrolovat. Zdá se mi tedy, že je to možná příležitost pro konkrétní, pro použití kvantové gravitace, nejen pro mluvení o abstraktních možnostech, ale pro studium

něčeho, co se děje v přírodě. Přemýšleli jste hodně o tom, jak se stalo, že smyčková kvantová gravitace je na druhém místě z hlediska teoretické fyziky? Chci tím říct, že je vidět zvenčí a někdy i zevnitř, že teorie strun je velký pes a že jejím konkurentem je smyčková kvantová gravitace. Kdykoli lidé mluví o tom, co je teorie všeho nebo teorie kvantové gravitace, pokud říkají, že je to struna nebo smyčka, **přemýšleli jste hodně o tom, jak se smyčka dostala na tuto scénu, já až dost !** a ne něco jako asymptotická bezpečnost nebo Rogerův twistorový program? Nebo něco jiného? Jak k tomu došlo? Existuje spousta úvah o tom, jak se teorie strun dostala do popředí. **Lee Smolin** o tom má alespoň jednu knihu. A jsem zvědavý na sociologii hráče A a hráče B. Za prvé si myslím, že podle Písma je pravda, že lidé ve vědecké komunitě uvažují v těchto pojmech také. A o čem vlastně mluví, je to vědecký úsudek, ale je to také mnohem jednodušejší počet lidí, kteří pracují, že? Myslím, asymptotická bezpečnost, pár lidí pracuje na druhém pokusu o možný směr ke kvantové gravitaci je jen malá skupina, chci říct, jedna skupina nebo dvě skupiny. **Smyčková kvantová gravitace je velká komunita. Tak to jsem zvědav, kdo z nich mi odpoví na mé otázky, co se kvantuje a co se smyčkuje a jak?** Po celém světě existují desítky skupin. Jsou tam konference, stovky lidí. Někdo dělá kosmologii, někdo černé díry, někdo matematickou fyziku, někdo kovariantní verzi kvantové gravitace, někdo kanonickou verzi kvantové gravitace, takže **kolem toho je svět**. A teorie strun, lidí, kteří říkají, že dělají teorii strun, je více a ve skutečnosti je mnohem více různých věcí, které dělají, protože se to lidé snaží říkat. Někteří lidé říkají, že dělají teorii strun, i když to s teorií strun vágně souvisí, co dělají, že? Je tam hodně vývoje. A to je tak trochu samospasitelné, protože je dobré být součástí větší komunity, pokud se k nim můžete připojit. Takže popis, který jste uvedl, neodpovídá skutečné situaci. Většina lidí, kteří se zajímají o kvantovou gravitaci, je v těchto dvou komunitách, řetězcích a smyčkách. Jak to? Historicky k tomu existuje jasná stopa, kterou jsou dějiny obecné relativity jako vědeckého výzkumného pole. Obecná teorie relativity samozřejmě začala Einsteinem, který napsal teorii obecné relativity před více než 100 lety. A byla to velmi izolovaná skupina lidí, kteří to dělali dlouhou dobu, velmi málo, protože nebylo moc co dělat. Teorie měla tyto tři malé úspěchy, období Merkuru, odchylku světla sluncem a nějakým způsobem rudý posuv. A je to. Nikdo nevěděl, jak to použít k něčemu užitečnému. **!! A jak dnes??** A to bylo na hodně dlouho. A pak to v určitém okamžiku začalo být čím dál užitečnější. Aplikace, technologie, GPS, astrofyzika, kosmologie začaly boom a černé díry, gravitační vlny. Takže najednou se obecná teorie relativity stávala větší a větší a větší. Ale lidé, kteří pocházejí z obecné teorie relativity, byli jiní lidé než ti, kteří byli školeni v částicové fyzice. Takže ti, kteří dělali Standardní model, kdo, myslím, **Weinberg**, všichni... A tak tam byly dvě různé komunity. A když se obě komunity začaly zajímat o problém kvantové gravitace, který samozřejmě zajímá obě, vzaly si to úplně jinak ... Měli různé filozofie, různé způsoby myšlení, různé matematické nástroje, které se používaly. A tak to přineslo velký kulturní rozdíl. A pak se v 80. letech stalo něco, co bylo ... To je jen sociologie, historie. Obě teorie dosáhly skvělých výsledků v 80. letech. Byl to moment překvapení. Ale jo, teoretické výsledky v 80. letech. To je ten okamžik, kdy se lidé vzrušili. Ale právě proto, že to byl velký moment vzrušení v obou dílech, málokdo se podíval na ten druhý. Proč? No, protože vidíte, oh, jsem v teorii, která vypadá, že funguje. A pak se na to jen soustředíte, zatímco se chcete dívat na ostatní. Nefunguje to. Jen tak dál. To je například, když si teorie strun nějak uvědomila, že existuje téměř jedinečná teorie strun. S tou anomálií to byl skvělý výsledek. A ve smyčkové kvantové gravitaci existovalo řešení **Wheeler-DeWittových** rovnic. Páni, neuvěřitelné. Máme řešení W problém je v komunikaci. Takže mnoho lidí teoreticky kritizuje smyčkovou kvantovou gravitaci, ale kritizuje, jaká byla

smýčková kvantová gravitace před 20 lety. Oh, tento problém je otevřený, ale to bylo otevřené před 20 lety. To dnes není problém, dnes jsou problémy. Ale i to druhé, je to vážnější než jiné. Myslím, že samozřejmě nemusíme být odborníky na své teorie, protože člověk nemůže být odborníkem na všechno. Ale pro vědu je to velmi užitečné a věda by měla jít dopředu tím, že bude znát alespoň tvrzení na obou stranách. Myslím, že jedna věc je mít skvělé výsledky ve své teorii, druhá věc je říct, že jste jediná hra ve městě, a druhá věc je říct, že jste jediná hra ve městě a přitom se nedívat na to, co dělají ostatní. Jo, myslím, že jsi to vyjádřil velmi jasně. Končíme tím, jaké jsou vaše naděje? Na čem pracujete a co chcete v krátké době vyřešit? Mluvili jsme o černé díře, co se stalo s černou dírou na konci operace. Správně, zbytek, ano. Než jsem s tebou dnes ráno mluvil, Curte, byl jsem na Zoomu s kolegou v Marseille, skvělým mladým profesorem, který právě získal místo na fakultě. Dnes ráno jsme strávili tři hodiny zmatením, jak o tom přemýšlet. Je to jakýsi proces tunelování. Takže se snažíme porozumět tomu, který smysl je proces tunelování, jak se dělale mimo časoprostor, v určitém smyslu. Rád bych tam měl jasno. Ano. A vlastně bych si přál, abych se tam mohl více soustředit, než dělat všechny ty různé věci, které v současnosti dělám. To je pro mě... Jaké různé věci děláte? No, napsal jsem populární knihy a jsem z toho pod tlakem. Dostávám pozvánku. Dělán tuto filozofii. Jsem trochu příliš rozptýlený a chci se více soustředit. Ptali jste se, na co byste se chtěli zaměřit. Rád bych se zaměřil na pochopení toho konkrétního. Je to dobře položený fyzický problém. V tom je ta krása. Černá díra, jsou tam. Ve skutečnosti existuje jiný způsob, jak tento problém vyřešit. Vidíme černé díry. Vidíme, jak hmota padá dovnitř. Vidíme spirálovitý akreční disk, jak tomu říkají. A víme, protože známe obecnou relativitu, že hmota se točí ve spirále a pak jde do horizontu. A známe obecnou relativitu, takže to jde do toho, čemu říkáme singularita. Co se stane s touto záležitostí? Nemáme tušení. Je to tedy velmi konkrétní věc. Dítě by mohlo přijít vypařování. A to je problém, který bychom rádi lépe pochopili. Takže v tradiční obecné teorii relativity, když něco spadne dovnitř, pokud jste pozorovatel zvenčí a sledujete něco, co spadne dovnitř, ve skutečnosti nevidíte kříž uvnitř, vidíte, jak se to hromadí na hranici. A pak říkáte, ale v určitém okamžiku se to musí vypařit, pokud to máme dát do souladu s kvantovou mechanikou, co se pak stane? Takže když mluvíme o hranici, řekla **Nima Arkani-Hamed**, jakákoli kvantová gravitace nám musí říct, co se děje na hranici časoprostoru. co se tím myslí? souhlasíte? Jo, jo, jo. Ví, co si myslí. A myslím, když jsem byl naposledy na fyzice, mluvil jsem o tom s Neemem. Souhlasím s nějakou verzí tohoto prohlášení, ale ne s verzí, kterou má na mysli. Způsob, jakým provádíme kvantovou gravitaci ve smýčkové kvantové gravitaci, vyžaduje vědět, co se stalo na hranici, ale hranice může být v konečné oblasti. Mohu tedy provést následující experiment. Předpokládejme, že máme podstatu. Mají nějaká nekonečna, se kterými bojují, ale tato nekonečna jsou nekonečna, která pocházejí ze zapomenutí, že v časoprostoru existuje tato kvantová diskretnost. Co znamená nekonečno, pokud je vesmír nekonečný? Jak bereš hranici nekonečna? No, takhle o tom uvažují. Myslíte nekonečně daleko od nějakého regionu, jako když definujete nějaký region, pak říkáte nekonečně daleko od toho? Ano. Tak o tom uvažují, zvláště v NIMA. Takže si myslím, že tady je nějaký proces, ale jediný způsob, jak to popsat, je, že musím jít na velmi velkou vzdálenost a na velmi velkou vzdálenost. Vzdálenost. Chápu. **Já ne. Text je hodně neohebný, neplynulý, rozsekaný... pak uniká „co chtěl básník říci“.** Protože technicky vzato **jste na nekonečné hranici něčeho jiného, pokud je vesmír nekonečný. ??** Máš pravdu. Máš pravdu. Ne. Myslím si, že způsob, jak popsat fenomén kvantové gravitace, je být od něj v nekonečné vzdálenosti a tak nějak po velmi dlouhou dobu, uvidíme, co se stane. A myslím, že tento silný požadavek na ně je jednodušší, protože **v nekonečné vzdálenosti předpokládáte, že časoprostor je plochý, že?** Takže dali pozorovatelné

do toho, čemu říkají asymptotické nekonečno, za předpokladu, že jejich časoprostor je plochý. Takže jsou doma. Mají energii, mají hybnost, všechno jsou to nástroje plochého časoprostoru. Zatímco pokud jste sami v oblasti, pokud je hranice sama v oblasti, kde je zakřivená geometrie nebo silná gravitace, tyto nástroje nemáte. Není tedy překvapením, že mají potíže s prací na konečnou vzdálenost. Myslím, že práce na konečnou vzdálenost tento problém zjednodušuje. Chci tedy porozumět tomu, co se stalo s černou dírou v jistém smyslu tím, že jsem černou díru obklopil v malé krabici a viděl, že můj problém je jen malá krabice, ne celý vesmír. Carlo, oceňuji, že z 20 různých položek, na které ses mohl soustředit, jsi rozptýlený, a oceňuji, že jsi v tomto rozhovoru strávil asi dvě hodiny zaměřený na mě. To je neuvěřitelně lichotivé a oceňují to i diváci. Děkuji mnohokrát. Děkuji, Curte. Opět to bylo úžasné, tento rozhovor. Velmi si toho vážím. Nová aktualizace! Zahájil dílčí zásobník. V současné době se tam píše o jazyce a špatně definovaných pojmech, stejně jako o některých dalších matematických detailech. Píše se tam mnohem víc. Toto je obsah, který nikde jinde není. Není to na Theories of Everything, není to na Patreonu. Také tam budou někdy v budoucnu umístěny úplné přepisy. Několik lidí se mě ptá: "Hej, Curte, mluvil jsi s tolika lidmi v oblasti teoretické fyziky, filozofie a vědomí. Co si o tom myslíš?" I když zůstávám v rozhovorech neustranný, tento dílčí soubor je způsob, jak nahlédnout do mých současných úvah o těchto tématech. Děkujeme také našemu partnerovi The Economist. Za prvé, děkuji za sledování. Děkuji za poslech. Nyní existuje webová stránka CURTJAIMUNGAL.org, která má seznam adresátů. **Důvodem je to, že velké platformy jako YouTube, jako je Patreon, vás mohou z jakéhokoli důvodu zakázat, kdykoli se jim zlíbí. Ano, to se stalo mě** https://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_382.pdf ; https://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_381.pdf ; https://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_378.pdf ; https://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_366.jpg ; To je jen část podmínek služby. Seznam přímých adresátů nyní zajišťuje, že s vámi budu mít nerušenou komunikaci. Navíc brzy vydám jednostránkové PDF mých 10 nejlepších TOE. Není to tak **Quentin Tarantino**, jak to zní. Za druhé, pokud jste se nepřihlásili k odběru nebo neklikli na tlačítko Líbí se, nyní je čas tak učinit. Proč? Každý odběr, každý like pomáhá YouTube šířit tento obsah více lidem, jako jste vy. Navíc to pomáhá přímo Curtovi, alias mně. Minulý rok jsem také zjistil, že externí odkazy se do algoritmu hodně započítávají, což znamená, že kdykoli sdílíte na Twitteru, řekněme na Facebooku nebo dokonce na Redditu atd., zobrazí se YouTube, hej, lidé o tomto obsahu mluví mimo YouTube, což zase výrazně napomáhá distribuci na YouTube. Za třetí, existuje pozoruhodně aktivní Discord a subreddit **pro Theories of Everything**, kde lidé vysvětlují TOE, uctivě nesouhlasí s teoriemi a vytvářejí si jako komunita vlastní TOE. Odkazy na oba jsou v popisu. Za čtvrté, měli byste vědět, že tento podcast je na iTunes, je na Spotify, je na všech audio platformách. Jediné, co musíte udělat, je zadat Teorie všeho a najdete to. Osobně získávám z opakovaného sledování přednášek a podcastů. V komentářích jsem se také dočetl, že hej, posluchači TOE také získají z přehrání. Co takhle místo toho znovu poslouchat na těchto platformách, jako jsou iTunes, Spotify, Google Podcasts, podle toho, který lapač podcastů používáte. A konečně, pokud byste chtěli podpořit více takových konverzací, více obsahu jako je tento, pak zvažte návštěvu patreon.com slash CURTJAIMUNGAL a přispějte čímkoli, co se vám líbí. Je tu také PayPal, je tu také krypto, je tu také jen připojení na YouTube. Opět mějte na paměti, že to umožňuje podpora od sponzorů a vás abych pracoval na TOE na plný úvazek. Získáte také předběžný přístup k epizodám bez reklam, ať už jde o zvuk nebo video. V případě Patreonu je to zvuk, v případě YouTube video. Například tato

epizoda, kterou právě posloucháte, byla vydána o několik dní dříve. Každý dolar pomáhá mnohem víc,

1:59:05

než si myslíte. Ať tak či onak, vaše sledovanost je dostatečně velkorysá. Děkuji mnohokrát.

JN, 30.12.2024