

<https://www.youtube.com/watch?v=twY2q1F-ciI>

Mohou být částice kvantově zapleteny v čase?

32 997 zhlédnutí Premiéra před 14 hodinami #worldsciencefestival #quantumentanglement #briangreene Einsteinova "strašidelná akce" popisuje kvantové částice zapletené napříč vesmírem, ale může taková strašidelnost zamotat částice napříč časem? Konverzace zahrnující počátky kvantové mechaniky přes její hlavní důsledky pro samotný prostoročas. Tento program je součástí série Big Ideas, kterou podporuje John Templeton Foundation. Účastníci: Elise Crull Moderátor: Brian Greene.

0:01

**(01)-** [Music] [Applause] Isaac Newton's insights set the course of science for hundreds of years but there's a sense in which Newton's insights were also deeply misleading Newton's famous Laws of Motion codify what we all experience in everyday life things move and as they do they sweep out trajectories defined by position where something is and velocity how fast and in what direction Something is moving indeed reality in this framing comprises these very trajectories by providing equations to delineate these trajectories how the position and velocity of an object change over time Newton provided an algorithm for predicting how reality unfolds and the algorithm Works Newton's Laws correctly predict where the moon should be at any moment where the planet should be at any moment where a ball should land when thrown but in the early part of the 20th century as scientists began to probe the newly accessible realm of molecules atoms and subatomic particles newtonium predictions failed to describe the data and this failure was not one of f detail that might suggest a simple refinement to Newton's equations the failure was epic suggesting to some that an entirely new paradigm might be required that intuition proved correct and remarkably by the late 1920s a single generation of scientists produced that new paradigm with the discovery and development of quantum mechanics an essential feature of the quantum Paradigm is that the theory is built around the concept of probability that is unlike the Newtonian picture in which we specify how things are now and the equations predict how they will be later on in the quantum picture we specify how things are now but the equations do something entirely different they dictate the probability of how things will be later on and according to our best understanding the Reliance and probability is not a limitation of the approach but rather is a fundamental feature of reality the universe in a manner that Einstein found unpalatable evolves according to a mathematically precise game of chance so why don't we see these probabilities in the course of everyday life well the large scales of the everyday compared to atoms and particles skew the probabilities making one outcome the almost certain outcome and that outcome is indeed the Newtonian outcome but as we consider smaller Realms the probabilities spread more broadly rendering the Newtonian outcome just one among many possibilities whose likelihoods are governed by the equations of quantum mechanics Einstein may have been the most vocal critic of this direction physics had taken but even ardin proponents have struggled to grasp what quantum mechanics really means for the nature of reality although experiment has confirmed quantum mechanics to astounding precision and scientists have used it to develop stunning Technologies many of those questions are still with us today are quantum probabilities an intrinsic feature of reality or an artifact of the quantum

for formalism how does the world transition from the haze of possibilities Allowed by the quantum description to the single definite reality of common experience how do we extend quantum mechanics from description of systems within the universe to the universe as a whole is quantum mechanics The Rock Bottom theory of reality or will it prove a mere stepping stone to a more fundamental description still awaiting discovery as WE peer into the future insight into these questions will be essential for navigating the quantum Universe good afternoon thank you all right so our our subject today is quantum mechanics and arguably Quantum mechanics is really the most profound disruption to our understanding of the physical universe that our species has ever encountered and part of the reason for that is the description of the world as we just saw in the piece and as we will explore here today the description of the world is so different from our everyday experience and in a sense perhaps we should not be surprised by that because after all our minds evolved in order that we could survive and survival and the intuition that allows us to survive it does not need to know about the behavior of electrons and atoms and subatomic particles this juncture between how we experience the world and how we understand the world through observation and experiment will really be what will guide our discussion here today we've got a number of wonderful scientists to help us think through some of the key issues we have Elise Kow we have Sean Carol we have Carla relli and let us now turn to the first of those conversations with Elise koll who is an associate professor of philosophy at the City University graduate Center and City College her research explores the philosophical dimensions of quantum mechanics caal

.....

**(01)-** [Hudba] [Potlesk] Poznatky Isaaca Newtona určovaly směr vědy na stovky let, ale existuje pocit, že Newtonovy poznatky byly také hluboce zavádějící, slavné Newtonovy zákony pohybu kodifikují to, co všichni zažíváme v každodenním životě, věci se pohybují a jak to dělají, zametají trajektorie definované polohou, kde se něco nachází, a rychlostí, jak rychle a jakým směrem se něco skutečně pohybuje, realita v tomto rámování zahrnuje právě tyto trajektorie tím, že poskytuje rovnice, které tyto trajektorie vymezují, jak se mění poloha a rychlost objektu. čas Newton poskytl algoritmus pro předpovídání toho, jak se realita vyvíjí a algoritmus funguje Newtonovy zákony správně předpovídají, kde by měl být měsíc v kterémkoli okamžiku, kde by měla být planeta v každém okamžiku, kde by měl míč přistát, když je hozen, ale na počátku 20. století když vědci začali zkoumat nově přístupnou říši atomů molekul a subatomárních částic, newtoniové předpovědi nedokázaly popsat data a toto selhání nebylo jedním z detailů, které by mohly naznačovat jednoduché upřesnění Newtonových rovnic, selhání bylo impozantní, což některým naznačovalo, že zcela může být vyžadováno nové paradigma, aby se intuice ukázala jako správná a pozoruhodně koncem dvacátých let minulého století vytvořila jediná generace vědců toto nové paradigma s objevem a rozvojem kvantové mechaniky, základním rysem kvantového paradigmatu je, že **teorie je postavena na konceptu pravděpodobnosti** to je na rozdíl od Newtonova obrázku, ve kterém specifikujeme, jak se věci mají nyní, a rovnice předpovídají, jak budou později, v kvantovém obrázku specifikujeme, jak se věci mají nyní, ale rovnice dělají něco úplně jiného, diktují pravděpodobnost, jak věci budou později a podle našeho nejlepšího chápání není Spolehlivost a pravděpodobnost omezením přístupu, ale je spíše základním rysem reality, vesmír se způsobem, který Einstein považoval za nechutný, vyvíjí podle matematicky přesné hry náhody, tak proč ne tyto pravděpodobnosti vidíme v průběhu každodenního života dobře, velká měřítko všedního dne ve srovnání s atomy a částicemi zkresluje pravděpodobnosti, takže jeden výsledek je téměř jistým výsledkem a ten výsledek je skutečně newtonovský výsledek,

ale když uvažujeme o menších říších, pravděpodobnosti se rozšíří více Newtonův výsledek je v podstatě jen jednou z mnoha možností, jejichž **pravděpodobnosti se řídí rovnicemi kvantové mechaniky** [Einstein mohl být nejhlasitějším kritikem] tohoto směru, kterým se fyzika vydala, **protože ho lidé-fyzici poslouchali, protože komunita fyziků byla plná slušnosti. Ale kdyby tenkrát byli fyzikové parchanti nekorektní a nabubřelí jako dnes, mohl se Einstein urvat a nikdo by jeho názory nevěděl = nečetl a nediskutoval...** ale i zastánci ardinů se snažili pochopit, co kvantová mechanika skutečně znamená pro přírodu. Reality, ačkoli experiment potvrdil kvantovou mechaniku s ohromující přesností a vědci ji použili k vývoji ohromujících technologií, mnohé z těchto otázek jsou stále před námi dnes jsou kvantové pravděpodobnosti vnitřní rys reality nebo artefakt kvanta pro formalismus, jak se mění svět z oparu možností. Dovoleno kvantovým popisem k jediné definitivní realitě běžné zkušenosti, jak rozšíříme kvantovou mechaniku z popisu systémů ve vesmíru na vesmír jako celek, je kvantová mechanika The Rock Bottom Theorie reality aneb prokáže pouhý odrazový můstek k **fundamentálnějšímu popisu**, HDV který stále čeká na objev, **ano, čeká 40 let!**, protože MY nahlížíme do budoucnosti, vhléd do těchto otázek bude nezbytný pro navigaci v kvantovém vesmíru dobré odpoledne, děkuji, dobře, takže naším dnešním předmětem je kvantová mechanika a pravděpodobně kvantová mechanika opravdu je nejhlubší narušení našeho chápání fyzického vesmíru, se kterým se náš druh kdy setkal, a částečným důvodem toho je popis světa, jak jsme právě viděli v díle a jak zde dnes prozkoumáme, popis světa je tak odlišné od naší každodenní zkušenosti a v jistém smyslu bychom se tím možná neměli divit, protože naše mysl se přece vyvinula proto, abychom mohli přežít a přežít a intuice, která nám to umožňuje přežít, nemusí vědět o chování elektronů a atomů a subatomární částice toto spojení mezi tím, jak zažíváme svět a jak světu rozumíme prostřednictvím pozorování a experimentů, bude skutečně tím, co povede naši dnešní diskusi. Máme řadu úžasných vědců, kteří nám pomohou promyslet některé z klíčové problémů, které máme **Elise Kow**, máme **Seana Carola**, máme **Carla Rovelli** a pojďme nyní k prvnímu z těch rozhovorů s **Elise Koll**, která je docentkou filozofie na City University Graduate Center a City College její výzkum zkoumá filozofické rozměry kvantové mechaniky caal

.....

**(02)-** models as well as relativistic and temporal entanglement thank you so just just to jump right inise I think all of us are familiar that you know prior to say 1900 we had a pretty good understanding of physics right through the ideas of of Newton and Maxwell and so forth and then it began to to crumble right and as it began to crumble a new paradigm came on the scene I want to explore that Paradigm but you've written on the history of the subject and I think many people perhaps don't fully appreciate how much of a psychological and emotional upheaval this time was for the discovers of these ideas can you just give us a sense of what it was like sure um well I can try I've felt that sort of cognitive dissonance myself so there's some first-person experience but um yeah there was a famous speech given by Sir Arthur Edington or S not Edington uh Lord Kelvin thank you Lord Kelvin um one of the guys in the history of physics they're all the same yes he said there were just a few clouds on the horizon and we've nearly solved it all you know we have boltzman manian statistical mechanics we have Newtonian mechanics um we've we've got um Maxwell's electromagnetism uh there's just a few issues and one of those issues was black body radiation and that's just basically if you've seen in an oven um whe there was a known correlation between the color or the heat inside of it and um and how it radiated back out and there was no good model for it and so uh plank uh sort of looked at the the uh empirical data and said I don't quite know what the

underlying story is here yet but I can Cobble together a mathematical structure I composite uh this idea that light acts as though quantized um quantized little little pieces in bits yeah not just a wave as it had been thought um and this captured you know the empirical data correctly but plank hated it because he said I don't know what my own math really means and it took until Einstein in 1905 and then in 1909 uh to sort of provide that background story and Einstein wasn't happy with the background story either because it required two terms in the equation to solve black body reation one of the terms was wav like continuous the other term had H Plank's constant it was quantized it was about bits and there they were sitting together in this equation uh and that's how we know it to be today now is there something odd about the idea of not being happy with the mathematics after all if the mathematics describes the data and that's ultimately what physics is meant to do why why would someone be unhappy with it oh because I think uh we're interested in the deeper explanations right um or at least that's what physicists tend to be drawn to uh and mathematical mapping like capturing of the phenomena is a part of it surely um but how that mathematics is supposed to lend insight into the real behavior of things um if that's missing then you've solved a puzzle but you haven't explained the nature of the universe and that's sort of the driving uh the driving motivation I think for many of these and and we'll get into the details of you know Quantum probability waves and issues like the measurement problem just a moment but given that well articulated view of what physicists are trying to do where would you say we are right now today with quantum mechanics uh that's a great and large question uh so I mean I'm primarily a philosopher so I'm I I get sort of this perspective uh so don't take it personally if I say something you don't like um but I think it's actually a really exciting time because we're seeing exactly the limitations of models we've been working with for nearly a century now I mean the 100th anniversary of quantum mechanics is in 2025 um and there's still puzzles enduring puzzles about what uh how the mathematics really maps onto the world and how to explain a lot of the data we have uh and this gets even more uh apparent when we get to the plank scale the very small where our very well- confirmed theory of general relativity no longer sits well with our very wellc confirmed theory of uh Quantum fields and so on uh and so and the plank scale just to give you people a sense of how small that is 10 Theus 33 cm is a number that we often kick around so it's fantastically small yeah extraordinarily small um but I don't know it keeps me awake at night to think that these two theories don't don't play well at that level um but it's it's an exciting time as a philosopher with with physics training because there's more engagement between philosophers and physicists because we're talking about theories of quantum gravity and theories of quantum field theories and so on that uh not every piece of them is empirically uh testable or at least we haven't figured out how or maybe maybe in principle testable so some of this is questions of how brilliant are engineering how .....

**(02)-** modely a také relativistické a časové zapletení ?? děkuji, takže jen pro skok do správného inise. Myslím, že všichni známe, že víte, že před řekněme rokem 1900 jsme docela dobře rozuměli fyzice prostřednictvím myšlenek Newtona a Maxwella a tak dále a pak se to začalo hroutit správně a jak se to začalo hroutit, na scénu přišlo nové paradigma. Chci to paradigma prozkoumat, ale psal jste o historii tohoto tématu a myslím, že mnoho lidí možná ne plně doceňují, jak velký psychologický a emocionální otřes byl tentokrát pro objevy těchto myšlenek, můžete nám dát představu o tom, jaké to bylo, jistě, dobře, mohu to zkusit, sám jsem pocítil takovou kognitivní disonanci, takže existuje nějaká zkušenost z pohledu první osoby, ale ehm, ano, byla tam slavná řeč, kterou pronesl **Sir Arthur Eddington** nebo S not

Edington eh **Lord Kelvin** děkuji Lorde Kelvine hm, jeden z chlapů v historii fyziky, všichni jsou stejní ano, řekl tam bylo jen pár mraků na obzoru a už jsme to skoro vyřešili, vše, co víte, máme **boltzmanovskou** statistickou mechaniku, máme **newtonovskou mechaniku**, máme tu **Maxwellův elektromagnetismus**, je tu jen pár problémů a jeden z nich bylo záření černého tělesa a to je jen v podstatě, pokud jste viděli v troubě ehm, kdy byla známá korelace mezi barvou nebo teplem uvnitř a um a jak to vyzařovalo zpět ven a neexistoval pro to žádný dobrý model a tak uh **Planck** uh tak nějak se podíval na uh empirická data a řekl, že **ještě úplně nevím, jaký je zde základní příběh, ale mohu sestavit matematickou strukturu**, kterou složím, uh tuto myšlenku, že světlo působí jako kvantované um kvantované **balíčky svinutých dimenzí** trochu málo kousky po kouscích jo, ne jen vlna, jak se myslelo hm a tohle zachytil, znáte správně empirická data, ale **plank to nenáviděl, protože řekl, že nevím, co moje vlastní matematika skutečně znamená, a trvalo to do Einsteina v roce 1905 a pak v roce 1909**, abychom tak trochu poskytli tento příběh na pozadí, a Einstein nebyl spokojen ani s příběhem na pozadí, protože to vyžadovalo dva členy v rovnici k vyřešení reakce černého tělesa, jeden z členů byl wav jako spojitý, druhý člen měl „h“ Plankovu konstantu it bylo kvantováno, bylo to o bitech a tam seděli spolu v této rovnici a tak to dnes víme, že je něco divného na myšlence, že koneckonců nejsme spokojeni s matematikou, pokud matematika popisuje data a to je koneckonců k čemu má fyzika být, **proč by s ní měl být někdo nespokojený, já nebyl a nejsem** protože si myslím, že nás zajímají hlubší vysvětlení, nebo alespoň k tomu mají fyzici tendenci být přitahováni a matematické mapování, jako je zachycení jevů je to jistě součástí, ehm, ale jak má tato matematika poskytnout vhled do skutečného chování věcí hm, pokud to chybí, pak jste vyřešili hádanku, ale nevysvětlili jste povahu vesmíru a to je tak trochu hnací motor. Myslím, že hnací motivace pro mnoho z nich, a dostaneme se do podrobností o vás, víte, Kvantové pravděpodobnostní vlny a problémy, jako je problém měření, jen na okamžik, ale vzhledem k dobře formulovanému pohledu na to, co se fyzici snaží udělat, kde byste řekněme, že jsme právě dnes s kvantovou mechanikou, uh, to je skvělá a rozsáhlá otázka, uh, takže chci říct, že jsem primárně filozof, takže jsem já Mám takový pohled na věc, uh, takže si to neberte osobně, když řeknu něco, co vy ne. Nelíbí se mi to, ale myslím, že je to ve skutečnosti opravdu vzrušující doba, protože vidíme přesně ta omezení modelů, se kterými pracujeme už téměř století, **ted' myslím, že 100. výročí kvantové mechaniky je v roce 2025** a stále jsou tu hádanky vytrvalé hádanky o tom, co ehm, jak matematika skutečně mapuje svět a jak vysvětlit spoustu dat, která máme, ehm, a to se ještě více ukáže, když se dostaneme na velmi malé měřítko, kde je naše velmi dobře potvrzená teorie obecná teorie relativity již nesedí s naší velmi dobře potvrzenou teorií kvantových polí a tak dále, uh a tak a Planckovou stupnici jen proto, abychom vám lidem poskytli představu, jak malé to je  $10^{-33}$  cm je číslo, které často kopíme takže je to fantasticky malé, jo, mimořádně malé, ehm, ale nevím, v noci mě to nenechává spát, když si pomyslím, že **tyto dvě teorie nehrají dobře na této úrovni** um, ale je to vzrušující doba pro filozofa s fyzikou školení, protože mezi filozofy a fyziky je větší zapojení, protože mluvíme o teoriích kvantové gravitace a teoriích kvantových teorií pole a tak dále, že ne každý z nich je empiricky testovatelný, nebo jsme alespoň nepřišli na to, jak nebo možná možná v principu testovatelné, takže některé z toho jsou otázky, jak brilantní je inženýrství

.....

**(03)-** clever we can get about shielding our systems from external fields and so on um but part of it is just asking can we have a broader notion of what evidence we might look for can we think about for instance whether there are systems we understand very well in a different



realm of physics like hydrodynamics or something that might yield insights into how Quantum gravitational systems might work but how do you analyze the science of an analogy right how do you know when the explanation from this one field that's well known whether it's really saying something about this other unknown uh bit of the world or whether it's just biasing the way you're describing the narrative that you're telling about the world and it can go both ways sure so so getting in a little bit to the details in the background in the Newtonian picture if I tell you the initial conditions you know the the speed and the location from which a ball say is thrown the velocity to be more precise Newton tells us where it will land and quantum mechanics comes along and says that's not the case right so in quantum mechanics there are many locations where say an electron could land given the same initial conditions and that leads to this idea of a probabilistic description of the world where you don't say where it's going to land you just give the probabilities of where it might be so one way that that scientists were taken to this picture of matter is of course with the famous double slit experiment where you know you're firing particles at a barrier with two slits you'd think that the particles would land on the detector screen in two lines that are aligned with the two openings but when you actually do the experiment of course as we now know for over a hundred years you don't find just two lines on the detector screen in fact you find many lines many bands in a very particular pattern which scientists were able to explain by thinking of particles as waves and as the waves hit the two openings and they carry on they crisscross and they interfere with each other and through that interference we get a pattern just as in the data if we interpret of course the waves as waves of probability where the wave is Big many of the particles will land where the wave is small very few will land so this this now takes us to this this new paradigm that particles matter should be described as undula waves of probability did it take people a long time to accept that change because I would consider that I mean we'll talk about other things but that's like the dominant new idea that comes into the story well Brian I'd argue that there are many people who still haven't accepted that what we what quantum mechanics are saying is that we have a an irrevocably probabilistic Universe um and so there are many interpretations that are offered of this mechanics there are supposed was to fill this Gap explain why it is that the formalism that's sort of shared amongst the interpretations the sort of core bit of explanatory work maybe what you read in your quantum mechanics textbooks which you all have at home and we'll study later this evening right um but H the story there is that yeah we get we get we have the born rule which is this rule that tells us how what sort of probability to expect which outcomes yeah but no thoroughgoing causal story of how we get from point A to exactly point B A well- Defined localized spot or measurement and that that that story that you're referring to would start with this new probabilistic idea electron 30% here 22% there 19% there and so forth go from that which we don't experience somehow transitioning to when we measure the electron we find it at one location it's a kind of schematic representation where the height of this wave is meant to indicate you know the likelihood of the particle being at one location or another that's the story that we don't experience but then we go and measure that electron let's just do it together 3 2 1 measure that electron oo wow that felt very powerful to do that but now the probability has spiked because now we've measured the electron we know it's at that particular location how in the world do we go from this weird probabilistic description upon measurement to a definite outcome well I uh that is a deeply unfair question he's asking me to resolve the interpretation problem for you um and you know or even just tell us why it's so hard yeah well um so first of all I just want to clarify something a little bit I mean it's true that at the macroscopic level of cables and chairs and other people we do see what look to be definite

outcomes but if you're doing measurements on smaller systems you do you can measure what are called interference terms and we call those sort of the residue of the wave like features of those systems uh and so they're there and we're getting better at testing like keeping

.....

**(03)-** chytře dokážeme ochránit naše systémy před vnějšími poli a tak dále, ale zčásti je to jen otázka, zda můžeme mít širší představu o tom, jaké důkazy bychom mohli hledat, můžeme například přemýšlet o tom, zda existují systémy, které velmi dobře rozumět v jiné sféře fyziky, jako je hydrodynamika nebo něco, co by mohlo přinést vzhled do toho, **jak mohou fungovat kvantové gravitační systémy**, ale jak správně analyzovat vědu o analogii, jak víte, že vysvětlení z tohoto jednoho oboru, který je dobře známý ať už to opravdu říká něco o tomto dalším neznámém kousku světa, nebo jestli je to jen zaujatý způsob, jakým popisujete vyprávění, které vyprávíte o světě, a může to jít jistě oběma směry, takže se trochu zapojte detaily v pozadí na newtonském obrázku, když vám řeknu počáteční podmínky, znáte rychlost a místo, odkud je koule vržena, přesněji řečeno, Newton nám řekne, kde přistane a přijde kvantová mechanika a říká, že to tak není, takže v kvantové mechanice existuje mnoho míst, kde by elektron mohl přistát za stejných počátečních podmínek, což vede k této myšlence pravděpodobnostního popisu světa, kde neříkáte, kde přistane s vámi jen uved' pravděpodobnost, kde by to mohlo být, takže jedním ze způsobů, jak byli vědci přijati k tomuto obrázku hmoty, je samozřejmě slavný experiment s dvojitou štěrbinou, kde víte, že vystřelujete částice na bariéru se dvěma štěrbinami, o kterých byste si mysleli, že částice by dopadly na obrazovku detektoru ve dvou řádcích, které jsou zarovnané se dvěma otvory, ale když experiment skutečně provedete, jak už víme více než sto let, ve skutečnosti nenajdete na obrazovce detektoru pouze dva řádky, najdete mnoho čar, mnoho pásem ve velmi konkrétním vzoru, který vědci dokázali vysvětlit tím, že částice považovali za vlny a jak vlny narážejí na dva otvory a pokračují, křížují se a vzájemně se interferují a prostřednictvím této interference dostáváme vzor stejně jako v datech, pokud samozřejmě vlny interpretujeme jako vlny pravděpodobnosti, kde je vlna velká, mnoho částic přistane tam, kde je vlna malá, velmi málo přistane, takže toto nás nyní zavede k tomuto novému paradigmatu, že částice hmoty by měla být popsána jako vlnité vlny pravděpodobnosti. Trvalo lidem dlouho, než přijali tuto změnu, protože bych uvažoval, že myslím, že budeme mluvit o jiných věcech, ale to je jako dominantní nová myšlenka, která do příběhu vstupuje dobře Brian I' Tvrdím, že existuje mnoho lidí, kteří stále nepřijali, že to, co říkáme kvantovou mechanikou, je, že máme neodvolatelně pravděpodobný vesmír, a tak existuje mnoho interpretací této mechaniky, o kterých se předpokládá, že to mají vyplnit. Gap vysvětlí, proč je to tak, že formalismus, který je tak trochu sdílený mezi interpretacemi, ten druh základní části vysvětlující práce, možná to, co čtete ve svých učebnicích kvantové mechaniky, které máte všichni doma, a budeme je studovat později večer, že jo, ale H příběh je takový, že ano, dostaneme, máme zrozené pravidlo, což je toto pravidlo, které nám říká, jaký druh pravděpodobnosti očekávat jaké výsledky ano, ale žádný podrobný kauzální příběh o tom, jak se dostaneme z bodu A přesně do bodu B A dobře- Definované lokalizované místo nebo měření a že ten příběh, na který odkazujete, by začínal touto novou pravděpodobnostní myšlenkou elektron 30 % sem 22 % tam 19 % tam a tak dále, přecházíme od toho, co nějak nezažíváme, když změřte elektron, který najdeme na jednom místě, je to jakési schematické znázornění, kde výška této vlny má naznačovat, že znáte pravděpodobnost, že částice bude na jednom nebo druhém místě, to je příběh, který nezažijeme, ale pak jde a změř ten elektron, udělejme to společně 3 2 1 změř ten elektron oo wow, zdálo se mi to velmi silné, ale nyní pravděpodobnost vzrostla, protože nyní

jsme změřili elektron, o kterém víme, že je na tomto konkrétním místě, jak na světě přejdeme od tohoto podivného pravděpodobnostního popisu po měření k definitivnímu výsledku dobře, uh, to je hluboce nespravedlivá otázka, žádá mě, abych za vás vyřešil problém s interpretací, a vy víte, nebo nám dokonce řekněte, proč je to tak těžké? Nejprve bych chtěl něco trochu objasnit, myslím tím, že je pravda, že na makroskopické úrovni kabelů a židlí a dalších lidí vidíme, jak vypadají, aby byly definitivní výsledky, ale pokud provádíte měření na menších systémech, ano dokáže měřit to, čemu se říká interferenční termíny, a my nazýváme takové zbytky funkcí podobných vav těchto systémů, a tak jsou tam a my se zlepšujeme v testování, jako je udržování

.....

**(04)-** interference terms coherent to higher and higher levels so the idea is if we had really brilliant uh engineers and really good shielding we could send an elephant through a double slit experiment and see the elephant sort of give us a a interference pattern on screen um but the idea is that the appearance of the classical world and definite outcomes we have a pretty good physics story for how that works and it involves what's called Quantum decoherence and it's basically that the entanglement of two systems um it's a way there's a way that they can communicate with one another once they're entangled uh and if you're in an environment with many many uh degrees of freedom ways of being that's sort of a poetical way to put it I suppose uh many parameters then those can sort of damp the interference terms down if they become entangled with you and so those waves the wave Peaks that might give rise to a smeared cat that's dead and alive or something get damped down so that we'd have to do measurements over many lifetimes of the universe before we might see something non-classical looking so this is possibly an explanation for why it is that the weirdness of quantum mechanics doesn't come up to the macro macro world ofaction you have the catons arec off of it you're maybe petting all those interactions affect the quantum description of the cat and and the idea of this Quantum decoherence is those interactions tend to suppress the very parts of quantum probability that are at odds with our experience which is why our experience is as as it is yeah I mean is that widely accepted perspective now would you say well it should be because it's right um but in fact I think to be to be less flippant about it um those who are working seriously on realist interpretations of quantum mechanics will all use decoherence to explain a huge chunk of their story and then they'll bring in either a spontaneous collapse of the wave function to get from Mostly damped interest which is kind of what we saw in that little example that's what that you know or you could say that many universes come out of it and you'll hear more about these different things later on um but yeah uh I want to say that those interference terms are still there and there are there are experiments done where we can recover these terms and in fact our whole hope of building quantum computers that are you know powerful enough is that these Quantum cubits are in entangled states with one another and that's how we get more than zero and one as our values and we have a more powerful more expressive machine but entanglement gets destroyed by decoherence the whole game in building quantum computers is to Shield it from this very thing that hides the quantumness as it were now you mentioned the word entanglement a couple times and uh it'd be great to spend a little bit of time talking about that so you've actually written on the history of this idea I mean just give us a thumbnail sketch going back say to to 1935 maybe that's a good year to focus upon we can scoot a bit back further I mean so something that you learn when you look at the history of physics is not only that there aren't Geniuses sitting alone in a room somewhere even Heisenberg on Helgoland I know I'm sorry to break it to you they're in



communication with one another they're bouncing ideas off Schrodinger was having many conversations in 26 27 uh about the nature of his wave function he published a series of papers in 1926 exploring what the wave function could do for Quantum systems uh but he was still troubled and you see in his notebooks were which are written in a cryptic German shorthand uh so a lot of fun to decode um if anybody feels like doing a puzzle later on there are still some notebooks to be translated but he starts thinking like there's this strange feature of uh interacting systems in quantum mechanics that doesn't appear elsewhere and we see him talking about this and he sends letters back and forth with Einstein in 1935 um exploring this concept more and at the end of 1935 he publishes a paper in which he baptizes this strange interconnectedness of systems such that even when they've ceased to interact they still cannot be described without making reference to that other system so our Notions of Newtonian individuality where I can give you the list of properties that belong to this thing and it belong that state belongs to this object um if this is entangled with other stuff I can't write down a state of its properties all by itself it's instead uh I have to describe it by making reference to all these other um and he calls it entanglement uh so it gets named for the first time by schinger .....

**(04)-** interferenční termíny koherentní s vyššími a vyššími úrovněmi, takže myšlenka je taková, že kdybychom měli opravdu brilantní inženýry a opravdu dobré stínění, mohli bychom poslat slona experimentem s dvojitou šterbinou a vidět, jak nám slon dává na obrazovce interferenční obrazec hm, ale myšlenka je, že vzhledem ke klasickému světu a definitivním výsledkům máme docela dobrý fyzikální příběh o tom, jak to funguje, a zahrnuje to, čemu se říká kvantová dekoherence a v podstatě jde o to, že propletení dvou systémů um, je to způsob, jak mohou spolu komunikovat, jakmile jsou zapleteni, a pokud jste v prostředí s mnoha a mnoha stupni svobody způsobů bytí, je to tak trochu poetický způsob, jak to vyjádřit, předpokládám, uh, mnoho parametrů, pak mohou být trochu vlhké rušivé členy se sníží, pokud se do vás zapletou, a tak ty vlny, vrcholy vln, které by mohly dát vzniknout rozmazané kočce, která je mrtvá a živá, nebo něco, se utlumí, takže bychom museli provádět měření v průběhu mnoha životů vesmíru předtím můžeme vidět něco neklasicky vypadajícího, takže **toto je možná vysvětlení, proč je to tak, že podivnost kvantové mechaniky se neprojevuje v makromakro světě** akčního světa, máte z něj katony, možná všechny ty hladíte. Interakce ovlivňují kvantový popis kočky a myšlenka této kvantové dekoherence spočívá v tom, že tyto interakce mají tendenci potlačovat ty části kvantové pravděpodobnosti, které jsou v rozporu s naší zkušeností, což je důvod, proč je naše zkušenost taková, jaká je. Nyní široce přijímaná perspektiva, řekli byste dobře, že by to mělo být, protože je to správné, ehm, ale ve skutečnosti si myslím, že být v tom méně ukecaný um ti, kteří vážně pracují na realistických interpretacích kvantové mechaniky, budou všichni používat dekoherenci k vysvětlení obrovského množství jejich příběh a pak přinesou buď spontánní zhroucení vlnové funkce, aby se dostali z Většinou tlumeného zájmu, což je druh toho, co jsme viděli v tom malém příkladu, to je to, co znáte, nebo byste mohli říci, že z toho vzešlo mnoho vesmírů a o těchto různých věcech uslyšíte více později, ale ano, uh, chci říct, že ty interferenční členy jsou stále tam a jsou provedeny experimenty, kde můžeme tyto termíny obnovit a vlastně celou naši naději na stavbu kvantových počítačů víte, že dostatečně silné je to, že tyto kvantové lokty jsou ve vzájemném propleteném stavu, a tak získáme více než nula a jedna jako naše hodnoty a máme výkonnější a výraznější stroj, ale propletení se ničí dekoherencí celé hry. Budování kvantových počítačů je chránit to právě před touto věcí, která skrývá kvantovost, jak tomu bylo nyní, **párkrát jste zmínil slovo zapletení** a uh, **uh, uh zo je co?**, bylo by skvělé strávit

trochu času tím, že o tom budete mluvit, abyste skutečně napsali o historii této myšlenky mám na mysli, dejte nám náčrt v náhledu, řekněme do roku 1935, možná je to dobrý rok, na který bychom se měli zaměřit, můžeme se posouvat trochu dále, myslím něco, co se naučíte, když se podíváte na historii fyziky nejde jen o to, že někde v místnosti nesedí sami géniové, dokonce i Heisenberg na Helgolandu, Víím, že je mi líto, že vám to musím oznámit, komunikují spolu, odrážejí nápady od Schrodingera vedl mnoho rozhovorů 26 27 uh o povaze jeho vlnové funkce publikoval v roce 1926 řadu článků, v nichž zkoumal, co může vlnová funkce udělat pro kvantové systémy, ale stále se trápil a v jeho zápisnících vidíte, že byly psány tajuplnou německou zkratkou uh takže je to hodně zábavné dekodovat, ehm, pokud má někdo později chuť dělat hádanku, stále jsou tu nějaké sešity k překladu, ale on si začne myslet, že existuje taková zvláštní vlastnost interagujících systémů v kvantové mechanice, která se jinde neobjevuje a my vidíme mluví o tom a v roce 1935 posílá dopisy s Einsteinem sem a tam, kde tento koncept více prozkoumává, jaký koncept??, a na konci roku 1935 publikuje článek, ve kterém křtí tuto podivnou propojenost systémů tak, že i když spolu přestaly interagovat, kdo přestal? stále nelze popsat bez odkazu na tento jiný systém, takže naše představy o newtonovské individualitě, kde vám mohu poskytnout seznam vlastností, které patří této věci a patří, že tento stav patří tomuto objektu um, pokud je to zapleteno s jinými věcmi, co je zapleteno? A jak se „co“ zaplétá? mohu nezapísat si stav jeho vlastností úplně sám od sebe, místo toho to musím popsat odkazem na všechny ty ostatní a on tomu říká zapletení čemu říká „zapletení“? uh, takže to poprvé pojmenuje Schinger

.....

**(05)-** the end of 1935 but the ideas in the air and it's being talked about by Schrodinger and Einstein and a uh philosopher of physics Greta Herman and others so it's floating but nobody really wants to accept it and I think we even have a quote Yeah of uh shinger but you probably know it by heart but I would not call that referring to entanglement one but rather the characteristic trait of quantum mechanics that's this notion that you can have two things that are not next to each other yep and yet you can't describe either independently of the other very very strange idea we're used to a world that's sort of local right what happens here happens here and you don't need to think about stuff over there to describe what's happening over here and then in 1935 Einstein writes a a curious paper on this which you've written about yeah uh well Einstein had less to do with the writing than he would have liked but he co-authored a paper with Podolski and Rosen uh and Podolski wrote it uh yes can Quantum yeah can quantum mechanical descriptions of physical reality be considered complete um and people have spent a lot of ink trying to get clear on what The Logical problem or Paradox is there but in a letter to schoder Einstein says very clearly like aside from what's printed in the paper my issue is that you schinger your wave function doesn't which is that spread out blue probability Wave Y doesn't tell me like which state will come out in the end for a given system that I measure and Einstein's thinking that all these physical systems in the world even if they're quantized or whatever have little flags on their heads with a list of properties that follow them around but with Schrodinger's new mechanics uh it looks like there's a way that the flag has other properties of other systems and I can't predict my flag sort of depends on your flag if we're entangled in this way and and that I can't give a complete description uh at the beginning of my experiment which wave function will end up describing uh one system at the beginning there are multiple mathematical descriptions of the final project and he wants a one toone correlation can we give a concrete example I think many people are are familiar at least at one level or another but uh before we show any visual we'll use the so-called spin a

half particle it's a technical term but basically I think as many people know every particle in the world spins around at a fixed nonchanging rate but that rate can be either spinning clockwise or counterclockwise we call one spinning up the other spinning down this is a known fact about particles but in the quantum World much as the cat can be sort of part dead and part alive the electron can be sort of partly here and partly there this spin a half particle can be in a blend of up and down at the same time cuz we just see an example of a single sitting there we go right so again much as measuring the position you can measure the spin so if we can do that together 3 2 one measure there it is right and it happened to come out up in that case but if you let it another example if we can just do it have that guy going let me do it this time you got it I don't know if you got the power but try it three two one ah you do look at that Fant fantastic now that's weird enough right because this is the example that you began with by saying you know you've got this probabilistic Haze of possibilities and upon measurement somehow one is selected that's weird but let's accept it okay because now we want to talk about what you were focusing on a moment which is entanglement and to do that let's bring up two of these particles that have been set up and I'll let you do the honors so why don't you measure just the particle on the right don't touch the particle on the left okay 3 2 1 very well done sound that time okay so the point is by measuring the particle on the right and getting it to have a definite quality you force the particle on the left to have a definite quality that's the correlation which is weird right Einstein called that spooky right well spooky because we have to imagine these guys are so far apart on the opposite ends of the universe yeah they couldn't have sent a signal to one another say hey particle one I'm going to be spin up so how about you be spin down yeah so there there's no signaling theorems that show that quantum mechanics these separate uh measurements correlate to a higher degree than we can explain classically and we call that non-locality and that that is in many ways a signature of entanglement of these systems and they're not talking to each other uh so how does it happen I'm so glad I'm asking the questions you'll have to attend one of my courses where we'll solve for you h no I yeah we there's much we don't know about entanglement and different people will Define entanglement differently and in fact many of the experiments that we've done uh .....

**(05)-** konec roku 1935, ale myšlenky jsou ve vzduchu a mluví o nich Schrodinger a Einstein a ehm filozofka fyziky Greta Herman a další, takže se **to** vznáší, **co to je to „to“?** ale nikdo **to** ve skutečnosti nechce přijmout a myslím, že dokonce máme quote Yeah of uh shinger, ale ty to asi znáš nazpaměť, ale nenazval bych to **odkazem na zapletení ???** jedna, ale spíše charakteristický rys kvantové mechaniky, to je **představa**, že můžeš mít dvě věci, které nejsou vedle sebe jo a přesto ty neumím popsat ani jedno nezávisle na další velmi zvláštní myšlenka, jsme zvyklí na svět, který je svým způsobem lokální, co se děje tady, děje se tady a nemusíte myslet na věci tam, abyste popsali, co se děje tady a pak v roce 1935 **o tom** o řem „o tom“? Einstein napsal zvláštní článek, o kterém jste psali, ano, uh, Einstein měl s psaním méně společného, než by si přál, ale byl spoluautorem článku s Podolskim a Rosenem a Podolski to napsal, ano, může Kvantově ano, mohou být kvantově mechanické popisy fyzické reality považovány za úplné um a lidé utratili spoustu inkoustu, aby si ujasnili, v čem je logický problém nebo paradox, ale v dopise Schoderovi Einstein říká velmi jasně, jako když kromě toho, co je vytištěno v můj problém je, že **Schinger svou vlnovou funkci nedělá, co to je „dělat“ vlnovou funkci...** což je ta rozprostřená modrá pravděpodobnost Vlna Y mi neříká, jaký stav nakonec vyjde pro daný systém, který měřím, a Einsteinovo myšlení, že všechny

tyto fyzické systémy na světě, i když jsou kvantované nebo cokoli jiného, mají na hlavách malé vlajky se seznamem vlastností, které je pronásledují, ale se Schrödingerovou novou mechanikou to vypadá, že existuje způsob, že vlajka má jiné vlastnosti jiných systémů a Nemohu předvídat svou vlajku, závisí **to** co na vaší vlajce, **pokud** jsme takto **zapletení**, **kdo s čím (a proč)** a že na začátku svého experimentu nemohu poskytnout úplný popis, která vlnová funkce nakonec popíše uh jeden systém na Na začátku je několik matematických popisů konečného projektu a **on** **kdo on?** chce jednorázovou korelaci, můžeme dát konkrétní příklad, myslím, že mnoho lidí je obeznámeno alespoň na té či oné úrovni, ale než ukážeme jakýkoli vizuál, použijeme takzvanou rotaci poloviční částice je technický termín, ale v zásadě si myslím, jak mnoho lidí ví, **každá částice na světě se otáčí** **točí** ; **spin** pevnou neměnnou rychlostí, ale tato rychlost se může otáčet buď ve směru hodinových ručiček nebo proti směru hodinových ručiček, nazýváme jednu rotaci nahoru druhou rotující dolů to je známý fakt o částicích, ale v kvantovém světě, stejně jako kočka může být zčásti mrtvá a zčásti živá, elektron může být zčásti zde a zčásti tamto rotace může být poloviční částice ve směsi nahoru a dolů současně protože vidíme příklad jediného sezení tam jdeme správně, takže opět stejně jako měření polohy můžete změřit rotaci, takže pokud to dokážeme společně 3 2 1 míra, je to správné a náhodou to přišlo v tom případě, ale když to necháš, další příklad, jestli to prostě dokážeme, nechej toho chlapa, ať to udělám, tentokrát to máš, nevím, jestli máš sílu, ale zkus to tři dva jedna ah ano podívej se na toho fanta fantastického, to je dost divný, protože tohle je příklad, se kterým jsi začal tím, že jsi řekl, že víš, že máš tento pravděpodobnostní opar možností a při měření se nějakým způsobem vybere jedna, která je divná, ale přijměme to v pořádku, protože **ted' chceme abychom mluvili o tom, na co jste se soustředili na okamžik, který je zapletení, ???** a k tomu vyvolejte dvě z těchto částic, které byly nastaveny, a já vás nechám vyznamenat, tak proč nezměříte jen částici na vpravo nedotýkejte se částice nalevo dobře 3 2 1 velmi dobře udělaný zvuk ten čas dobře, takže jde o to, že **změříte** částici **napravo** a docílíte, aby měla určitou kvalitu, **přinutíte** částici **nalevo**, aby měla jistá kvalita, to je ta korelace, která je divná, správně Einstein nazval to strašidelné právo dobře strašidelné, protože si musíme představit, že tito kluci jsou tak daleko od sebe **na opačných koncích vesmíru**, **teoreticky na papíře fyzika, nikoliv v realitě** jo, **nemohli si navzájem poslat signál**, řekni hej částice jedna, budu se točit nahoru, tak **co kdybys** ty se točila dolů jo, takže neexistují žádné signální teorémy, které by ukazovaly, že kvantová mechanika tato oddělená měření uh korelují do vyšší míry, než můžeme klasicky vysvětlit a **říkáme tomu nelokality** **Bude-li Vesmírem přidělena částici VLASTNOST že budou např. v párech (bílá s černou, kladná se zápornou, levotořivá s pravotořivou, atd.) pak prostě se musí dle takové vlastnosti chovat. Nebude pak divu, že mám-li v ruce částici >studenou<, že někdo bude k ní párová částice >horká<, ale proč má být ta druhá zrovna na konci vesmíru? Anebo když zničím částici studenou, proč má zaniknout také částice horká, někde??** a to to je v mnoha ohledech **podpis zapletení** **toto nazýváte zapletení?** těchto systémů a oni spolu nemluví, tak jak se to stalo. **Kde se „co“ stalo?** Jsem tak rád, že se ptám na otázky, které budete muset navštívit na jednom z mých kurzů, kde jsme vyřeším za vás h ne já ano my **je toho hodně, co o zapletení nevíme** a **hodně toho nevíme i o čertech v Pekle...** a různí lidé budou **zapletení definovat** ?? **Budete definovat něco co neexistuje? Proč?** Jinak, a ve skutečnosti mnoho experimentů, které jsme provedli uh

.....

(05)- looking for these non-classical correlations are Bell type experiments uh to to show that Bell's inequalities are violated by that's something talk about it a little bit in the next conversation but yeah but they they they look at two systems separated in space but of course we live in 4D or more as you like um and so what's really happening these measurements are not just across space but they're also at different times yeah technically right sure and so entanglement is a property of space and time and so there are these really clever experiments being done to think about the temporal aspects of entanglement um because you can understand maybe there's some spooky whatever connection between things at a spatial difference but how could it be that through time they're communicating so in fact there's uh I think you might have a slide yes I think can we bring up uh at leis yes so tell us what we're looking at here so this is roughly based on an what's called an entanglement swapping experiment and it was done at Hebrew University in 2012 2013 but basically you're looking at you see particles one and two are entangled photons just like we just you know did our little experiment with so if you follow their trajectories entanglement or let's see so one and two get entangled but then we measure one we kill it off right but we send two when you say kill it off you mean you've now changed its properties through this measurement absorb the particle or whatever yeah yeah so I mean Schrodinger's equation is deterministic so it's you know classical in a sense that it gives us values for all but as soon as we do a measurement it kicks that uh that EV Evolution out of unitarity but um Okay so do a measurement so we can't say you know anything further about two we send bouncing around on all these mirrors here for a bit so just forget about two you know U meanwhile at T3 here time three we create two more entangled particles three and four and we do a special measurement at two and three it's called a bell type measurement and it just does something called flips the entanglement it takes the entanglement from one and two and flips it onto two and three so the entanglement one and two and the entanglement of three and four gets swapped onto two and three but then we take four and we finally later on do a measurement of four now what's interesting is look at particle two over there he lived between T1 and T2 sorry particle one lived between T1 and T2 and then died and over here we have particle four which lived between T3 and T5 so in the lab frame of reference particle one and particle four never coexist and yet they measured um polarization angles that are non like spins spin that are non-classically described so they were entangled this particles that never lived at the same time nevertheless knew what values they should manifest such that they would violate classical statistical correlations and that's pretty uh cool that's kind of that's kind of crazy if any classical Reckoning um and and so what is this I mean it's still very much a story in the making but just in our last couple minutes here what do you make that this is telling us I mean is this giving us deep insight into the nature of SpaceTime some kind of entangled quality which other areas of physics have certainly been suggesting absolutely I think it that entanglement really forces us so the line after schrodingers the finishing of that sentence is not it's just one but the and the is supposed to be italicized in the original the um description that forces our entire departure departure from classical lines of thought our minds are still here's a physical object It's relatively isolated I can list its properties and those properties belong to that system yeah we just can't think like that anymore because entanglement showing us that how we Define systems uh there can be properties attached to those systems that don't obey the usual uh stories but then you can think that the story I told before about you know when we did our clapping and we got the entangled so and then I just showed you entanglement in time but we're still talking about polarization or spin a property being entangled over SpaceTime but there's this further question that if SpaceTime is quantized as many think it is then SpaceTime itself could be in



entanglement relationships and that is pretty cool also um and I think maybe there's another image that can show up yeah let's at least final image if you would yeah so I mean we don't think of SpaceTime as a physical object like you know a Rubik's Cube mini block or something it's clearly not that kind of substance but it ain't nothing okay even Newton understood that SpaceTime was some kind of substance not like a material body uh not just a force the spinning bucket of water is how we got to that conclusion but yes right and so um there's a way if SpaceTime can be curved so it can have properties right right then surely it .....

**(05)**- hledání těchto neklasických korelací jsou experimenty Bellova typu, které mají ukázat, že Bellovy nerovnosti jsou porušeny tím, o tom se trochu mluví v příštím rozhovoru, ale ano, ale oni se dívají na dva systémy oddělené ve vesmíru, ale samozřejmě žijeme ve 4D nebo více, 3+3D jak chcete, a tak to, co se skutečně děje, tato měření nejsou jen napříč prostorem, ale jsou také v různých časech, čímž máte na mysli různá tempa plynutí času, ano ??? ano, technicky správně, jistě, takže zapletení je vlastnost prostoru a času No, nevím jak to myslíte vy, ale tento výrok je téměř shodný s mou HDV, s mou vizí o stavbě hmoty, o „balíčkování“ dimenzí 3+3 do malých klubíček, které pak následně budou reálným výrobkem mikrosvěta tj. budou to elementární částice hmoty. Čili, mám tomu rozumět tak, že vaše „zapletení“ je „balíčkování“ dimenzí???...???...??? a tak tam dělají se tyto opravdu chytré experimenty, aby přemýšlely o časových aspektech zapletení, h, takže vaše zapletení není moje balíčkování, pouze tu máme podobná slováčka s totálně odlišnou představou „co to je“ protože můžete pochopit, že možná existuje nějaké strašidelné spojení mezi věcmi v prostorovém rozdílu, ale jak je možné, že časem komunikují, takže ve skutečnosti existuje, uh. Myslím, že byste mohli mít snímek ano, myslím, že můžeme vyvolat uh na slide ano, tak nám řekněte, na co se zde díváme, takže toto je zhruba založeno na experimentu, kterému se říká experiment s výměnou zapletení ehm, moje zapletení je zcela totálně něco jiného a tak bych se já nerad s vámi zapletl do nesmyslného zapletení a byl proveden na Hebrejské univerzitě v roce 2012, 2013, ale v zásadě se díváš, vidíš částice jedna a dvě jsou zapletené fotony, stejně jako my, jak víš, provedli náš malý experiment, takže pokud budeš sledovat jejich trajektorie, zapleteme se nebo uvidíme, že se jedna a dvě zapletou, ehm ale pak změříme jeden zabijeme to správně, ale pošleme dva, když řekneš zabít, myslíš tím, že jsi teď změnil jeho vlastnosti prostřednictvím tohoto měření absorbuji částici nebo cokoli, ano, ano, takže Schrödingerova rovnice je deterministická, takže to znáte klasické v tom smyslu, že dává nám hodnoty pro všechny, ale jakmile provedeme měření, nakopne to, že uh, že EV Evolution je z unitarity, ale um, tak udělejte měření, takže nemůžeme říct, že víte nic dalšího o dvou, které posíláme poskakovat po všech těchto zrcadla opravdu se nechci zaplést do těchto číleností a raději nebudu komentovat tady na chvíli, takže zapomeňte na dvě víte U mezitím v T3 tady čas tři vytvoříme další dvě propletené částice tři a čtyři a uděláme speciální měření ve dvou a ve třech nazývá se to měření zvonového typu a dělá to jen něco tzv. převrátí zapletení vezme zapletení z jedničky a dvojky a přehodí ho na dva a tři, takže zapletení jedna a dva a zapletení tři a čtyři se vymění na dva a tři, ale pak vezmeme čtyři a nakonec později provedeme měření co vlastně měříte ?? ze čtyř je nyní zajímavé podívat se na částici 2 támhle žil mezi T1 a T2 promiň částice jedna žila mezi T1 a T2 a pak zemřela a tady máme částici čtyři, která žila mezi T3 a T5, takže v laboratorním rámci referenční částice jedna a částice čtyři nikdy koexistují a přesto změřili um polarizační úhly, které nejsou jako spiny. Spin, které nejsou klasicky popsány, takže byly zapletené tyto částice, které nikdy nežily současně, přesto

**věděly**, úúúžasnééé jaké hodnoty by měly projevovat tak, aby porušily klasické statistické korelace a to je docela uh super, to je tak trochu bláznivé, pokud vůbec nějaké klasické Reckoning um a **a tak co to je?** Myslím tím, že je to stále hodně příběh ve vývoji, ale jen v našich posledních pár minutách, co to děláte to nám říká, chci říct, že nám **to dává hluboký vhled do povahy časoprostoru???** Já teda ať **vhledím jak vhledím hluboce, tak v tom podstatu časoprotoru nevidím a nevidím** nějaký druh **zapletené kvality**, kterou jiné oblasti fyziky jistě naznačovaly, absolutně si myslím, že **nás zapletení opravdu nutí**, takže řádek za Schrodingerem dokončí tuto větu není to jen jeden, ale a má být v originále psáno kurzívou popis um, který nutí celý náš odchod-odklon od klasických myšlenkových směrů, naše mysl je stále tady je fyzický objekt. Je relativně izolovaný. Mohu vyjmenovat jeho vlastnosti a tyto vlastnosti patříme do toho systému, jo, prostě už takhle nemůžeme myslet, protože zapletení nám ukazuje, že jak definujeme systémy,?? k těm systémům **mohou být** připojeny vlastnosti, které se neřídí obvyklými příběhy, ale pak si můžete myslet, že příběh už jsem o vás řekl, že víte, když **jsme tleskali a zapletli jsme se**, takže a pak jsem vám jen ukázal **zapletení v čase**, ale stále mluvíme o polarizaci nebo roztočení **vlastnosti, která je zapletena do časoprostoru**, **„vlastnost“ je zapletena do časoprostoru???** To jaksi neumím pochopit ač se hodně snažím ale je tu další otázka, že **pokud je časoprostor kvantován, v mé vizi HDV „plavou“ balíčky sbalených dimenzí ( tj. celé konglomerace interakcí) v rastru-síti-předivu časoprostoru a jsou s časoprostorem „propleteny“** [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c\\_418.jpg](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_418.jpg) ; [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c\\_426.jpg](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_426.jpg) do něho (balíček [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c\\_039.gif](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_039.gif)) (stavba uhlílu [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c\\_120.jpg](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_120.jpg)), takže pak se jeví v tomto pohledu časoprostor jako kvantovaný..., „shluky“ křivých dimenzí zamotaných se tu jeví jako >kvanta<, přičemž ty shluky jsou balíčky dimenzí = elementární růstice jak si mnozí myslí, **pak by samotný SpaceTime mohl být v zapletených vztazích** a to je také docela v pohodě um a myslím, že možná existuje další obrázek, který se může ukázat ano, pojďme alespoň konečný obrázek, pokud ano, tak myslím, že si nemyslíme Časoprostoru jako fyzického objektu, jako znáte miniblok Rubikovy kostky nebo něco takového, zjevně to není takový druh hmoty, ale není to nic, v pořádku, **dokonce i Newton pochopil, že Prostorčas byl a je nějaký druh hmoty**, ne jako hmotné tělo, ne jen síla točící se vědro vody je způsob, jak jsme k tomuto závěru dospěli, ale ano, správně, a tak **existuje způsob, jak lze SpaceTime zakřivit, aby mohl mít vlastnosti správně.** Ano, tyto snahy výkladu o křivení až prokřivení do balíčků, se už blíží k mé ideji o stavbě hmoty „z dimenzí 3+3 časoprostoru“. To je ten ohromující objev. !

.....

**(06)-** can have if it's quantized the quantum property namely entanglement so it could be that I've drawn these beautiful little arrows here to illustrate uh this little brick of SpaceTime and I've compressed one of the dimensions you choose which uh and the other up over there could be entangled such that well the nature of space and time are not a sign you know uh bodies sitting in those places aren't sitting in a region of space it's mindboggling and I'm just beginning to work on it so so it's a deep interconnection woven into the fabric of SpaceTime itself in principle absolutely fantastic yeah please join me in thanking Elise PE thank you thanks that was wonderful all right that was an enlightening tour of the basics of quantum reality including the probabilistic nature of quantum physics the remaining mystery of how a seemingly definite classical like world can emerge from one that is inherently quantum

mechanical and finally the wonderful weirdness that so concerned Einstein but has now become commonplace in our applications of quantum physics namely the non-local qualities that arise from quantum entanglement and these are qualities that may well be at the heart of how SpaceTime itself is stitched together all right with that quick summary I now encourage you to continue your journey with our second conversation in this Quantum reality series with our guest physicist Sean Carrol in which among many other things we will explore the many world's approach to quantum mechanics

34:13

[Music]

.....

**(06)**- může mít, pokud je kvantována, kvantovou vlastnost, jmenovitě zapletení, takže je možné, že jsem sem nakreslil tyto krásné malé šipky pro ilustraci této malé kostky Časoprostoru a zkomprimoval jsem jednu z dimenzí, kterou si vyberete, kterou uh a ta druhá tam nahoře by mohla být zapletená tak, že povaha prostoru a času nejsou znamením, víte, uh těla sedící na těchto místech nesedí v oblasti prostoru, je to omračující a právě na tom začínám pracovat, takže je to hluboké propojení vetkané do tkaniny samotného SpaceTime v principu naprosto fantastické ano, připojte se ke mně a poděkujte **Elise PE** děkuji díky to bylo úžasné, dobře, to byla poučná prohlídka základů kvantové reality včetně pravděpodobnostní povahy kvanta fyzika zbývající záhada toho, jak se zdánlivě definitivní svět podobný klasickému může vynořit z toho, který je svou podstatou kvantově mechanický, a nakonec ta úžasná podivnost, která tak znepokojovala Einsteina, ale nyní se stala běžnou v našich aplikacích kvantové fyziky, jmenovitě nelokální kvality, které vyplývají z kvantové provázanosti [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c\\_418.jpg](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_418.jpg) a to jsou vlastnosti, které mohou být jádrem toho, jak je samotný SpaceTime propojen, v pořádku s tímto rychlým shrnutím. Nyní vás vybízím, abyste pokračovali ve své cestě naším druhým rozhovorem v této sérii Quantum reality s naším hostujícím fyzikem **Seanem Carrolem** v které kromě mnoha jiných věcí prozkoumáme mnoho světových přístupů ke kvantové mechanice

34:13 [Hudba]

.....

JN, kom 01.05.2024