

<https://www.youtube.com/watch?v=BcvUoah66m8>

## What Creates Time? A Challenge to Scientific Orthodoxy

Co vytváří čas? Výzva pro vědecké pravoslavi



[World Science Festival](#)

1,33 mil. odběratelů

28 787 zhlédnutí Premiéra před 19 hodin [#briangreene](#) [#worldsciencefestival](#) [#entropy](#)

Scientist and author **Julian Barbour** joins Brian Greene to explain his heterodox views on the nature of time, entropy, and cosmic origins. This program is part of the Big Ideas series, supported by the John Templeton Foundation. Participant: Moderator: Brian Greene.

Vědec a autor Julian Barbour se připojuje k Brianu Greenovi, aby vysvětlil své heterodoxní názory na povahu času, entropie a vesmírný původ. Tento program je součástí série Big Ideas, kterou podporuje John Templeton Foundation. Účastník: Moderátor: Brian Greene.

0:01

**(01)-** [Music] in today's conversation I'm pleased to be speaking with Julian Barber who has spent decades thinking about the Deep Mysteries surrounding the nature of time you may know of him through his books that he's written among which we have the book The End of Time the Janice Point these are wonderful treaties on the nature of time that are accessible to a general person in the audience who's interested in these deep issues as well as informative to the acting professional because in these books Julian really described some of his forefront thinking on the nature of these issues so I'm so pleased to bring Julian into the conversation welcome Julian how are you doing today I'm doing very well

### **Welcome to Julian Barbour**

thank you Bri great pleasure to be talking to you thank you and and where are you at the moment where are you

1:01

joining us from I'm sitting in the in the middle of England about 20 mil north of Oxford in a beautiful old house built in 1659 to bring time in exactly and and so this is where you have done most of your research if I understand correctly is that right that's right yes uh I've been working away on this now in this house for over 50 years uh and and it's been a bit of a little bit of a conference center I've had some very distinguished people here and some very fruitful discussions some of the well-known people working in quantum gravity have been here um Roger Penrose even has been a couple of times um no not Steven Hawking but uh it's been wonderful and we have a little W I have a whiteboard up to my right and and we've had little seminars here yeah it's beautiful you know I you know I went to to graduate school at Oxford so  know that in environment well and before we get into our deep conversation about

2:05

your work and the nature of time your own trajectory within the course of of

**Barbour's background** physics and thinking about these ideas where did you go to school and how what was the trajectory that took you to this beautiful Farmhouse oh that's a fabulous bit of luck all told so about the age of 10 [11] was uh Blown Away by discovering astronomy and from the age of 10 I wanted to be an astrophysicist that took me to study mathematics at Cambridge then I started an astrophysics uh doctorate in in Munich in Germany um but I'd gone there for a year first of all to to learn Russian and German because I wanted to read Russian Pushkin in in in Russian extraordinary uh and there I um and I started on this  
3:00

astrophysics PhD but then quite by chance I read about the one popular science article at the great Quantum physicist Paul Dirac had written in the Scientific American in May 1963 in which he had questioned whether four-dimensional symmetry is a fundamental feature of the physical world he'd come to that conclusion from studying the dynamical structure of general relativity as a local Theory not as a space-time Theory and that had led him to this amazing conclusion and I read this and then I suddenly said to myself well what is time and I've never stopped since then and uh I at about the same time I uh started reading and learning about an Einstein's ideas about the relativity of motion and also Einstein's statement where he said it's utterly impossible to measure the changes of  
4:00

things by time quite the contrary time is an abstraction at which we arrive by means of the changes of things uh and in fact my first scientific paper was giving mathematical expression to that idea uh and then I had thought I would get a position at a university in this country after in Britain after I'd got my doctorate uh but I talked to um a well-known relativist Felix Pirani and said what's it like like being an academic he said well if you're confident you can do three things go for it and the three things are the administration giving the lectures and producing one or two good uh Theory uh papers a year and when he said that I knew I couldn't possibly do that because I was wanting to think about these really deep problems what is time what is motion what is space and there was no way I was going to produce one or two papers a year so uh by that purely by chance I read an  
5:04

advertisement in nature for people who knew Russian science and English could produce English to translate Russian scientific journals so they sent me a couple of trial things and they said you can have as much work as you'd like so for 28 years I I earned my living by translating Russian scientific journals uh but meanwhile that gave me about a third to a quarter of my time to do what I wanted uh complete Freedom so then it was actually five or six years before my first paper got published but then it was in nature and it attracted quite a lot of interest and eventually led to a wonderfully fruitful collaboration with a very good Italian theorist Bruno Bertotti well that's an extraordinary Story I mean it's interesting the three  
.....

**(01)-** [Hudba] v dnešním rozhovoru mě těší, že mohu mluvit s **Julianem Barberem**, který strávil desetiletí přemýšlením o Hlubokých záhadách kolem **povahy času**, **povaha času**, **co to vlastně je? Můžete mi říci několik příkladů?...** které o něm můžete znát prostřednictvím jeho knih, mezi nimiž máme kniha The End of Time the Janice Point to jsou úžasné smlouvy o **povaze času**, které jsou přístupné obecnému publiku, který se zajímá o tyto hluboké problémy, a zároveň informativní pro herce, protože v těchto knihách Julian skutečně popsal někteří z jeho přímých úvah **o povaze** těchto **problémů**, ?? takže jsem velmi rád, že mohu přivést Juliana do rozhovoru vítejte Juliane, jak se dnes máte, mám se velmi dobře. Vítejte v

destinaci Julian Barbour, děkuji. Bri, je mi potěšením s tebou mluvit děkuji a kde jsi v tuto chvíli kde jsi

1:01

připojuji se k nám z Sedím uprostřed Anglie asi 20 mil severně od Oxfordu v krásném **starém domě postaveném v roce 1659, aby přesně přinášel čas**, a proto jste zde provedli většinu svého výzkumu, pokud tomu dobře rozumím je to tak správně, ano, uh já na tom teď pracuji v tomto domě **více než 50 let to je úžasné, vím co říkám, sám pracuji na něčem hodně podobném 44 let. Tak vím** a bylo to tak trochu konferenční centrum, měl jsem zde několik velmi významných lidí a několik velmi plodné diskuse. Někteří ze známých lidí pracujících v kvantové gravitaci tu byli hm **Roger Penrose** dokonce několikrát byl hm ne ne **Steven Hawking**, ale bylo to úžasné a máme trochu W.?? Mám bílou tabuli po mé pravici a a měli jsme tady malé semináře, jo je to krásné, víš já víš, že jsem chodil na postgraduální školu v Oxfordu, takže vím, že v prostředí dobře a než se dostaneme do našeho hlubokého rozhovoru

o

2:05

vaše práce a **povaha času** vaše vlastní trajektorie v průběhu Barbourova základní fyzika a přemýšlení o těchto myšlenkách, kam jsi chodil do školy a jaká byla trajektorie, která tě zavedla na tento krásný statek, oh, to je báječný kousek štěstí, to vše bylo řečeno o věku 10 let

**[I]** Byl jsem uchvácen objevením astronomie a od 10 let jsem chtěl být astrofyzikem, což mě přivedlo ke studiu matematiky na Cambridge, pak jsem si nastoupil na doktorát z astrofyziky v Mnichově v Německu ehm, ale šel jsem tam na rok, abych se naučil rusky a německy, protože jsem chtěl číst ruského Puškina v ruštině a mimořádná ruština a tam jsem s tím začal

3:00

PhD astrofyziky, ale pak jsem si zcela náhodou přečetl o jednom populárně vědeckém článku velkého kvantového fyzika Paula Diraka, který napsal v Scientific American v květnu 1963 a v němž se ptal, **zda je čtyřrozměrná symetrie rozměrů, tedy dimenzí veličin** základním rysem fyzického světa. Došel jsem k tomuto závěru studiem dynamické struktury obecné relativity jako teorie dcal, nikoli jako teorie časoprostoru, a to ho vedlo k tomuto úžasnému závěru a četl jsem toto a pak jsem najednou, řekl jsem si, dobře, **co je čas** a od té doby jsem se nikdy nezastavil a přibližně ve stejnou dobu jsem začal číst a učit se o Markových představách o relativitě pohybu a také Markově **prohlášení**, kde řekl, že

= **je naprosto nemožné měřit změny**

4:00

**věcí časem,**

= naopak čas je abstrakce, ke které se dostáváme pomocí změn věcí **To je zajímavé ; sedím u počítače a už 10 minut rozjímám co je správně...; přemýšlím a zdá se mi, že platí obojí..., změny věcí se dějí nepřetržitě a změny tempa plynutí času také...** a vlastně moje první vědecká práce dávala té myšlence matematické vyjádření (?) a pak jsem si myslel, že dostanu místo na univerzitě v této zemi poté, co jsem v Británii poté, co jsem získal doktorát, uh, ale mluvil jsem se známým relativistou **Felixem Piranim** a řekl jsem, jaké to je být akademik, řekl dobře, pokud jste si jisti, že dokážete tři věci. pro to a tři věci jsou administrativa, která přednáší a produkuje jednu nebo dvě dobré ehm teorie ehm papíry ročně, a když řekl, že jsem věděl, že to nemůžu udělat, protože jsem chtěl přemýšlet o těchto opravdu hlubokých problémech. Je čas, co je pohyb, co je prostor a v žádném případě jsem nechtěl produkovat jeden nebo dva články ročně, takže čistě náhodou jsem si přečetl

5:04

reklamu v přírodě pro lidi, kteří znali ruskou vědu a angličtinu uměli produkovat angličtinu, aby překládali ruské vědecké časopisy, tak mi poslali pár zkušebních věcí a řekli, že můžete mít tolik práce, kolik chcete, takže 28 let [ ] Vydělával jsem si na živobytí překládáním ruských vědeckých časopisů, ale mezitím mi to dalo asi třetinu až čtvrtinu času na to, co jsem chtěl, úplná svoboda, takže vlastně trvalo pět nebo šest let, než vyšla moje první práce, ale pak to bylo v přírodě a přitahovalo to docela dost zajímavé a nakonec to vedlo k úžasné plodné spolupráci s velmi dobrým italským teoretikem **Brunem Berottim** dobře, to je mimořádný příběh. Myslím tím, že je zajímavý ti tři

.....

**(02)-** criteria that you laid out you know the administrative you know giving the lectures and producing the papers thought you were going to say I couldn't

6:01

bear do the doing the administrative or giving the lectures which for many of us is something that uh we try to steer away from but that's an extraordinarily wonderful story that has given you the freedom to not have to worry about I guess writing grants and trying to you know feed the academic Beast which of course is part of what we as you know in the Traditional Academy have to do so that's quite wonderful you mentioned a number of things in your inspiration you know dur and and M you know MCH certainly is a thinker who's had a profound impact on on many of us thinking about physics Einstein himself of course was influenced by mock thinking we're going to get into the details but from 30,000 ft where do you stand on the nature of time I mean was

### **Barbour's thinking on the Nature of Time**

7:00

minkowski correct in say reformulating Einstein's special relativity in this space time Arena which was not the original context that Einstein used to to frame his ideas was that the right move or was that a misleading move I would say it's right and wrong I think uh I mean the interesting thing is if you read that wonderful paper of MOSI 1908 where he introduces the notion of space time he actually said it's such a wonderful thing he says it should be it should be called absolute uh but there is no trace of any marchan awareness of what is time and what is motion uh he he it's completely well Einstein said of it it's it's uh Newton had the concepts of absolute space and absolute time and minkovsky had the notion of absolute space time but there's a very revealing moment in in uh

8:02

in that paper where minkovski says of his construction that he's proposing so as not to leave a yawning void anywhere let us suppose that everywhere there is something let us call it substance so he's as it were sprinkling Gold Dust all over this complete uniformity so that you can see where things are and with respect to it's a it's a monstrous lie that's not the way the world Works uh and to bring in my other great hero has who's influenced me hugely which is libnet and libnet says if there were no Variety in the world we could do nothing so liet builds up everything from variety and this is what's lacking now my feeling is and in fact I would say the work that I've done with some very good collaborator Botti Carol Kash lots

9:02

of the big figures in in quantum gravity um what you can show is that there's a different way of arriving at general relativity where the end product is in local bits of SpaceTime you have minkovski structure that's what Einstein took he has that there now I my feeling is that we should rethink general relativity and I was able to do that with some of my very good

collaborators and say that uh the minkovski thing is the final bit it's the end product not the starting thing and then general relativity looks very different so I would I mean it's it's clear general relativity is incredibly good about describing the universe as it now is I however I have a fairly strong suspicion it's on somewhat shaky foundations that go back to to that  
10:00

starting point of minkovski I mean that's a presumably a fairly minority view right I think most of us were schooled in the standard way of thinking about general relativity which is if you go into Free Fall then you're able to at least locally eliminate gravity if you're in free fall and you let something go it'll fall with you you don't see you see tidal gravitational forces which can be as minimal as you want if the masses are small and in that Free Fall frame of reference it's as if you're in a gravity free environment it's as if you're in the context of Einstein's special relativity it's as if you are in a little piece of manowski space is that an approach that you want us to move away from I I want to say say how does it get there now what Mark said was uh the the key thing is that's what you call local inertial frame of reference in fact it was Mark's Work That stimulated somebody called Ludwick

11:04

Langer to coin the expression inertial system so the question is where does the inertial frame of reference come from and Mark's conjecture was that it's an effect of all the bodies of the in the universe moving relative to each other that is somehow manifested locally and this is what the work in the first place that I did with berotti showed how that can be done and then later with a very top relativist nilo muru uh who did very important work on the initial value problem with Jimmy York uh in general relativity we showed how that that comes to be so really the whole universe is like a swarm of bees all moving relative to each other but their  
.....

**(02)-** kritéria, která jste stanovili, znáte administrativu, kterou znáte, přednášející a produkující dokumenty si mysleli, že řeknete, že nemůžu 6:01 nést dělat administrativu nebo přednášet, což je pro mnohé z nás něco, čemu se snažíme vyhýbat, ale je to mimořádně úžasný příběh, který vám dal svobodu, abyste se nemuseli starat o psaní grantů a pokusů víc, že nakrmíš akademickou bestii, což je samozřejmě součástí toho, co my, jak víš v Tradiční akademii, musíme udělat, takže to je docela úžasné, že jsi ve své inspiraci zmínil řadu věcí, které znáš dur and a M víš, že MCH je určitě myslitel který měl hluboký dopad na mnohé z nás, když jsme přemýšleli o fyzice, samotného Einsteina samozřejmě ovlivnilo falešné myšlení, že se dostaneme do detailů, ale z 30 000 stop, kde stojíte o povaze času, mám na mysli Barbourovo myšlení o povaze času

7:00

minkowski správně řekl, že přeformulování Einsteinovy speciální teorie relativity v této aréně časoprostoru, což nebyl původní kontext, který Einstein používal k rámování svých myšlenek, bylo, že správný tah nebo to byl zavádějící tah Řekl bych, že je to správné a špatné, myslím, že uh myslím zajímavé je, když si přečtete ten úžasný článek MOSI 1908, kde zavádí pojem časoprostoru, ve skutečnosti řekl, že je to tak úžasná věc, říká, že by to mělo být, mělo by se to nazývat absolutní uh, ale není tam žádná stopa po nějakém pochodovém povědomí o tom, co je čas a co je pohyb, uh he he, to je úplně v pořádku, Einstein o tom řekl, je to uh Newton měl pojmy absolutního prostoru a absolutního času a Minkovskij měl pojem absolutního časoprostoru ale je tu velmi odhalující moment v uh

8:02 v tom papíru, kde Minkovski říká o své konstrukci, kterou navrhuje, aby nikde nezůstalo zívající prázdno, předpokládejme, že všude je něco, nazvěme to hmota, takže jakoby posype



celou tuto úplnou uniformitu Zlatým prachem, takže vidím, kde se věci nacházejí, a pokud jde o to, je to monstrózní lež, takhle svět nefunguje uh a přivést svého dalšího velkého hrdinu, který mě ovlivnil obrovsky, což je libnet a libnet říká, že kdyby na světě neexistovala Variety, nemohli bychom nic dělat, takže liet buduje vše z rozmanitosti a to je to, co teď chybí, můj pocit je a ve skutečnosti bych řekl práci, kterou jsem s některými udělal velmi dobrý spolupracovník **Botti Carol Kash** To je zajímavý postřeh, že se člověk dozví poprvé za 40 let o jiném fyzikovi ( Botti) a on prý to je **pozoruhodný fyzik**. Já čtu strašně moc článků o fyzice, kde je strašně moc fyziků a on se za 40 tet v těch hromadách fyziky objeví jeden, který se 40 let neobjevil, neukázal se nikde ničím. A je to prý úžasný fyzik. (!) Proč úžasné fyziky nepotkáme za 40 let nikdy, nikde??, hodně

9:02

z velkých čísel v kvantové gravitaci hm, co můžete ukázat, je, že existuje jiný způsob, jak dospět k obecné relativitě, kde je konečný produkt v místních kouscích časoprostoru, máte minkovského strukturu, to je to, co Einstein vzal, má to tam teď, **můj pocit je, že bychom měli přehodnotit obecnou relativitu, proč? 100 let to nikomu nevydilo „že je vadná a měla by se přehodnotit“, proč?** a to se mi podařilo s některými z mých velmi dobrých spolupracovníků a říci, že věc s Minkovským je poslední kousek, je to konečný produkt není výchozí věc a pak obecná teorie relativity vypadá velmi odlišně, takže bych chtěl říct, že je to jasné, obecná teorie relativity je neuvěřitelně dobrá v popisu vesmíru, jaký je nyní. Mám však docela silné podezření, že je na poněkud vratkých základech, které sahají do že

10:00

výchozí bod Minkovského. **? oh, plácát nesmysly já umím taky...** Myslím tím, že je to pravděpodobně dosti menšinový názor, že ano, myslím, že většina z nás byla školená standardním způsobem uvažování o obecné relativitě, což znamená, že když vstoupíte do volného pádu, budete schopni alespoň lokálně eliminovat gravitaci, pokud jste ve volném pádu a necháte něco jít, spadne to s vámi, nevidíte, vidíte slapové gravitační síly, které mohou být tak minimální, jak chcete, pokud jsou hmoty malé a v této vztažné soustavě volného pádu je to, jako byste byli v prostředí bez gravitace, jako byste byli v kontextu Einsteinovy speciální teorie relativity, jako byste byli v malém kousku manovského prostoru, je to přístup, od kterého chcete, abychom se vzdělili. Říct, jak se to tam teď dostalo, to, co řekl Mark, bylo uh, klíčová věc je, že tomu říkáte místní inerciální referenční soustava, ve skutečnosti to byla Markova práce, která stimulovala někoho jménem **Ludwick**

11:04

**Langer**razil výraz inerciální soustava, **takže je otázkou, odkud pochází inerciální vztažná soustava** a Markova domněnka byla, že jde o efekt pohybu všech těles ve vesmíru vůči sobě navzájem, který se nějak projevuje lokálně, a to je co práce na prvním místě, kterou jsem udělal s **Berottim**, ukázala, jak to lze udělat, a později s velmi špičkovým relativistou **Nilem Muru** uh, **o zmiňovaných vědcích slyším poprvé (jak je možné, že jsem je za 40 let nikde ve vědecké literatuře nepotkal) (?)** který odvedl velmi důležitou práci na počátečním hodnotovém problému s **Jimmym Yorkem** v obecné relativitě jsme ukázali, jak se to stalo tak, že **celý vesmír je jako roj včel, které se navzájem pohybují, ano, vřící vakuum je jako roj včel...chaoticky se v něm mění křivosti všech 3+3 dimenzí časoprostoru a to nejen ve volném časo-prostoru, ale i uvnitř hmoty !!!...** ale jejich

.....  
**(03)-** effect is to create what looks like a rigid framework locally and that's your your your thing

12:01

that you have uh when you're free falling so it's how that framework of the free fall comes into existence that is the important thing and I think we could I think we can show that that that's in these papers and very important in this people don't I think properly appreciate it is the work on the initial value problem of general relativity you you you can't just start calculating in general relativity you have have what's called solutions to the initial value problem and that's the work that Jimmy yor and his first PhD student neilo muru did in in 19771 um and that I think is is a very different way of looking at at general relativity and if I'm relying on Paul der I'm not ashamed of that and and so just going back to to Mark's perspective for a moment I think many in our audience would be familiar with the thought experiment say of of Newton's bucket right Newton himself described

13:04

how you know if you have a bucket of water and you spin it the water begins to climb up the sides of the bucket it's very familiar another version of it which is perhaps simpler to think about if you have two masses connected by a string and as they start to spin around their Common Center the string will pull taut and a question that MCH asked was why does it pull tot and his answer as you made reference to in a slightly different context is it's the fact that there's all this Mass out there in the universe and the spinning motion is relative to that mass that's out there but that suggests that if you were to have a completely empty universe and something were to spin around the bucket or the masses the water wouldn't climb up the side the masses wouldn't pull taut because there'd be nothing with respect to which they would be spinning and so where do you come down on that question Einstein at least in my

14:06

reading of the general theory of relativity and I think it's a fairly commonplace one would say that SpaceTime is enough of a thing to set that reference and so the water would climb up the bucket spinning around in an otherwise empty Universe the masses would pull taught in an otherwise empty universe that's kind of an anti-an idea that comes out of general relativity does your reformulation give a different Intuition or a different answer for that I think it might let let me say one thing about about Einstein I always say

### **Barbour talks about Einstein**

he deserves six or seven Nobel prizes but when it comes to actually what he said about M I think he made a complete and utter mess he kept on changing I mean all through his life he was changing his his views on that and at the end of his life now first of he' spent six or seven years of the best years of his life trying to create Implement Mark's ideas at the end of his

15:05

life he just said it was completely wrong a moment's thought would show that it was irrelevant once field thei had coming I think that was all completely wrong but it that in no way takes from Einstein's greatness but to come back to how you should think about it when there's nothing there I explain things as best I can using the idea of Point particles in space because there you can see the issues clear most clearly so let me the way I like to illustrate it is is with so the simplest Universe you could

### **Barbour illustrates the idea of point particles in space**

possibly imagine would be of three particles so they would be at the vertices of this triangle and then they would move relative to each other and and that would be everything that there is so the the at at a different instant of time the triangle would have a different shape it would be would be like that and they would move there now what you can do you can develop a mchan

16:05

theory which shows how those separations between the particles are really only the ratios how the shape changes so uh when I showed you that triangle it appears to have a size but that's relative to my head and so forth like that if the triangle itself if the triangle is aware of itself all it can be aware of is its relative thing so the the particle here can sort of see it see what the angle is looking to the other things it's only the angles that are visible to the triangle with itself so you should think in terms of shapes so uh I've been it's now about 25 years ago I call the expression shape Dynamics and it's about how shapes change and then you can say that the shapes change in such a way that Newton's absolute space and time

17:06  
and absolute scale Play No role at all and then in that context you can show how first of all the universe overall has no net rotation that's no angular momentum at all uh and and has its energy exactly zero but then you can show how locally uh things behave so you can exactly

.....  
**(03)-** efekt je vytvořit to, co lokálně vypadá jako rigidní rámeček a je to vaše věc

12:01

že máte uh, když jste volným pádem, takže to, jak ten rámeček volného pádu vzniká, je důležitá věc **ve volném pádu se objekt pohybuje = posouvá se po křivých geodetách se stejnou křivostí svého pohybu** a myslím, že bychom mohli, myslím, že můžeme ukázat, že to je v těchto novinách a velmi důležité v tomhle lidé ne. Myslím, že správně oceňuji, že je to práce na **problému počáteční hodnoty obecné teorie relativity**, nemůžete jen začít počítat v obecné teorii relativity, máte to, čemu se říká řešení problému počáteční hodnoty, a to je práce, kterou **Jimmy Yor** a jeho první doktorand **Neilo Muru** to udělali v roce 19771 ? a myslím, že je to velmi **odlišný způsob pohledu** na obecnou relativitu, a pokud se spoléhám na Paula Diraka, nestydím se za to, a tak prostě jdu na chvíli zpět k Markově ? **Kdo to je ten Mark, to v tomto článku nikde není...** perspektivě. Myslím, že mnozí z našeho publika by byli obeznámeni s myšlenkovým experimentem o Newtonově vědru, který popsal sám Newton

13:04

jak poznáte, že máte kbelík s vodou a roztočíte ho, voda začne lézt po stranách kbelíku je to velmi známé další verze, o které je možná jednodušší přemýšlet, pokud máte dvě hmoty spojené provázkem a jako začnou se otáčet kolem svého společného středu, struna se napne a **MCH kdo je MCH?** se zeptal, proč to tahá, a jeho odpověď, jak jste se zmínil v trochu jiném kontextu, je skutečnost, že je tam venku všechna ta mše a vesmír a rotující pohyb je relativní k hmotě, která je tam venku, ale to naznačuje, že pokud byste měli mít úplně prázdný vesmír a něco by se točilo kolem kbelíku nebo hmot, voda by nešplhala po straně, hmoty by nenapínat, protože by nebylo nic, vzhledem k čemu by se točily, a tak kde jsi přišel na tuto otázku, Einstein, alespoň v mém

14:06

čtení obecné teorie relativity a myslím, že je to docela běžné, člověk by řekl, že časoprostor je dostačující k tomu, aby nastavil tuto referenci, a tak by voda šplhala nahoru po vědru otáčejícím se v jinak prázdném vesmíru, který by masy tahaly, učila v jinak prázdný vesmír, který je svým způsobem anti-myšlenkou, která vychází z obecné relativity, dává vaše přeformulování jinou intuici nebo jinou odpověď na to. Myslím, že by mi to mohlo dovolit říct jednu věc o Einsteinovi říct. Barbour mluví o Einsteinovi, zaslouží si šest nebo sedm Nobelových cen, ale když dojde na to, co řekl o M, **asi Marek** myslím, že udělal úplný a naprostý nepořádek, neustále se měnil, myslím tím celý svůj život, měnil na to své názory a



na konci svého života teď na prvním místě strávil šest nebo sedm let nejlepších let svého života snahou vytvořit Markovy nápady na konci jeho života. ??

15:05

život právě řekl, že to bylo úplně špatné, chvilková myšlenka by ukázala, že to bylo irelevantní, jakmile přijde pole, myslím, že to bylo úplně špatně, ale to v žádném případě neubírá Einsteinově velikosti, ale vrátit se k tomu, jak byste o tom měli přemýšlet když tam nic není, hmota tam není, ale je tam ten časoprostor, křivé dimenze vysvětlím věci, jak nejlépe umím, použiji myšlenku bodových částic ve vesmíru, protože tam vidíte problémy nejzřetelněji, tak mi dovolu, jak to rád ilustruji, je s tím nejjednodušším vesmírem, jaký můžete. Barbour ilustruje myšlenku bodových částic v prostoru možná si představte, že by byly ze tří částic, takže by byly ve vrcholech tohoto trojúhelníku a pak by se pohybovaly vůči sobě navzájem a to by bylo vše, co existuje, takže v jiném časovém okamžiku by trojúhelník měl jiný tvar by byl takový a oni by se tam přesunuli. Co můžete udělat, můžete vytvořit mchan ??

16:05

teorie, která ukazuje, jak tyto separace mezi částicemi jsou ve skutečnosti pouze poměry, jak se tvar mění, pozor, mění se křivosti dimení nikoliv „tvar objektu“, objektem je tu časoprostor, nikoliv ty tři body takže uh, když jsem vám ukázal ten trojúhelník, zdá se, že má velikost, ale to je relativní k mé hlavě a tak dále, jako když samotný trojúhelník, pokud trojúhelník je si vědoma sama sebe všeho, čeho si může být vědoma Ware of is is is is is je to uh, je to relativní věc, takže částice zde může tak nějak vidět, jaký úhel se dívá na ostatní věci, jsou to pouze úhly, dva body „stojí“ a třetí bod si lítá po kružnici tam a zpět... to je Pythagorova věta..., a je důležité se na to podívat „různým stylem myšlení“: když bude ( v STR) objekt v pohybu, měnit se bude „v“, měnit se bude „pomocí“ „a“, ( $a = x/t^2$ ;  $a = x/t_1.t_2$ ), tak se bude objekt pootáčet, respektive se bude pootáčet jeho vlastní soustava. A v tom je to „nové myšlení“, je to pohyb „třetího bodu“ v trojúhelníku „po oblouku kruhu“Thaletova kružnice (myšlení si spojte s tím kýblem s vodou) které jsou viditelné pro trojúhelník sama se sebou tak ty měl by uvažovat v pojmech tvarů, takže uh, byl jsem, je to nyní asi před 25 lety, nazývám výraz tvar Dynamika a jde o to, jak se tvary mění, tvary? Čeho? Ne. Mění se křivosti dymenzí a pak můžete říci, že se tvary mění takovým způsobem, že Newtonův absolutní prostor a čas

17:06

a absolutní měřítko Nehrajte vůbec žádnou roli a pak v tomto kontextu můžete ukázat, jak zaprvé vesmír celkově nemá žádnou čistou rotaci, k čisté rotaci se přidává ještě pohyb=posun po „jiné dimenzi. Je z té kružnice parabola... nemá vůbec žádný moment hybnosti a má energii přesně nulovou, a co je nulové? Hmotnost, nebo délka? Nebo čas? A proč? ale pak můžete ukázat, jak se věci lokálně uh. chovej se tak, jak přesně můžeš

.....

(04)- recover this was in my paper in 1982 with Bruno Botti um which Roger penro communicated to the proceedings of the Royal Society showing how uh you could uh you could have all of the particles in the universe uh moving relative to each other but then that would create local frames of reference in which the bucket would Spin and the water would go up the sides of the wall of the bucket uh so all of that I would say is is is pretty clear so I I think one should I think one should

18:02

think about reformulating general relativity uh but it's it's still a wonderful Theory I mean nobody can doubt it my guess is that that it's definitely very good now in the present Epoch of the University Universe it may be either wrong or misunderstood near Big Bang and I think we'll probably be able to come on to that how we might think about it in a different way near the Big Bang yes well I you know I think many of us who've worked on quantum gravity whether it's string theoretic approach or Loop quantum gravity I think many of us have come to a similar conclusion that in extreme environments like near the Big Bang or near the singularity of a black hole it's likely that general relativity needs to be modified in in some way and I'd love to come back to that but I want to stay simple first so in your example of the three particles as a toy

19:06

universe in which you can begin to develop from first principle some notion of what is the right language what are the right considerations to talk about space and time how do you think of time in that setting I mean you use the language at one moment the particles are in this configuration at another moment they're in another configuration so it seems to be relying on the fairly traditional idea that you can't talk about time without change but are you imagining that this time is existing outside of those three particles or those three particles in this toy universe in some sense generating a notion of time by their relative positions uh my position is that instants of time exist and in the simplest case an instant of time would be just the shape formed by the three particles my model Universe three

20:05

particles their shape defines an instant of time at a different instant of time that shape would be different and then I would say that it's important to distinguish between those instants of time and what I would call duration is something that we imagine characterizes the difference between them so I would say dur is the diff is the difference between instance uh but the instances are the fundamental things so I think we our first ideas are of I mean imagine looking at the stars in the sky and in Arizona at night I mean fabulous experience we see angles between between the stars that that's my most basic way of thinking but then if if we look long enough we can see that the stars have moved if we if we stand

21:02

there for a thousand years we will begin to see slight changes in the stars and I think that's the way we should think about it now what I think Newton did was really introduce a way of thinking about that change which makes that change seem to unfold in a particularly smooth way and that's what I think duration is it's something that we introduce the fundamental things are the triangles or the the the overall the the the relative shape of the universe how that changes but Newton taught us to describe that in a very wonderful way which makes it appear uh particularly uniform and it's expressed in the conservation of energy that that energy is conserved but I would say that energy conservation is not really the fundamental thing that's half of it is put in energy has two parts it has the

22:00

kinetic energy and it has the potential energy the potential energy is the reflection of how the particles are relative to body that for me is fundamental that is that is the rock on which I stand but then the change of that thing and the the it's our choice of saying that that must happen in a particular way that then creates kinetic energy so I would say kinetic energy is a human creation to make sense of the universe and we all all agree on the same convention so we all manage to agree particularly here on the surface of the Earth that that energy is

conserved because it's all governed by the total law of the whole universe that's how I see it  
sure now now Newton just to sort of get his program off the ground needed

### Could Newton have done a better job describing Space and Time?

to articulate the starting point and certainly in the pipia he talks about a definition so to speak  
of space and a definition so to speak of time but when

23:03

you parse out the language roughly speaking all Newton really said was there is this Arena  
.....

**(04)-** obnovit to bylo v mém článku v roce 1982 s **Brunem Bottim**, který Roger Penrose předal jednání Královské společnosti a ukázal, jak byste mohli mít všechny částice ve vesmíru pohybující se vůči sobě navzájem, ale pak by to vytvořilo místní referenční rámce, ve kterých by se kbelík točil a voda by stoupala po stranách stěny kbelíku, **čili lokální křivosti časoprostoru jsou někdy se stejným jmenovatelem ( té lokality), a jindy se stejným jmenovatelem v jiné lokalitě...A v té lokalitě pak >operují< „balíčky“ křivých dimenzí, kdy je-li = má-li balíček stejné křivosti s jiným balíčkem, jsou to identické částice...a interakce se chovají „podle předpisů“ atd. výklad jinde... takže vše, co bych řekl, je, je docela jasné, takže si myslím, že jeden měl bych si myslet, že by měl**

18:02

**přemýšlejte o přeformulování obecné teorie relativity, tím jsem se bavil hodně, hodně dlouho...; stručně: krok první: v OTR vzít „G-konstantu“ a této konstantě odebrat rozměry. Tím sice vznikne v rovnici rozměrová nerovnováha, a tak tuto nutno řešit druhým krokem: v rovnici substituovat „písmenko“ „m“ za dimenze dvou veličin Délka a Čas...; vznikne lineární rovnice s n+m počtem dimenzí, kde...kde lze – třetí krok: tvořit, realizovat, stavět „balíčky dimenzí“, které už budou elementárními částicemi ...a máme lineární rovnici, rovnice QM !!! Čili OTR jsme upravili = opravili na QM, o to jde, že: OTR musíte nechat „vládnout“ v gravitačním makrosvětě. A QM musíte nechat vládnout v mikrosvětě a nespojovat je. Chcete-li je spojit, musíte odebrat G-konstantě rozměry.**

- To bylo stručně. To složitě je pak „hlava = mozek čtenáře“, tam musí nastat to myšlení co vede k pochopení křivosti dimenzí = jednou to jsou křivosti „parabolické“ = OTR a jindy křivosti lineární = QM kde se balíčky slučují v jiné balíčky při stálé lineární rovnováze dimenzí, a s proměnami křivosti ... - - Bylo to stručné?? ale je to OTR stále úžasná teorie. Myslím tím, že o tom nikdo nemůže pochybovat, můj odhad je, že je to rozhodně velmi dobré, nyní v současné epoše univerzitního **dvouveličinového** vesmíru, může to být buď špatně nebo špatně pochopeno. blízko velkého třesku, a myslím si pravděpodobně budeme schopni přijít na to, jak bychom o tom mohli uvažovat jiným způsobem už jsem to **udělal...** poblíž velkého třesku ano, dobře, já vím, myslím, že mnozí z nás, kteří pracovali na kvantové gravitaci, ať už je to strunový teoretický přístup nebo smyčková kvantová gravitace Myslím, že mnozí z nás došli k podobnému závěru, že v extrémních prostředích, jako je **a)** blízko velkého třesku nebo **b)** blízko singularity černé díry, je pravděpodobné, že obecná teorie relativity musí být nějakým způsobem upravena a to znamená co?? najít mnoho až nekonečně mnoho upravovacích způsobů?? Ne. Po velkém třesku ještě není hmota „hotová“, je tu stav extrémně křivých dimenzí, časoprostor v pění dimenzí semzačne rozbalovat a souběžně s tím se ( v té pění, v plazmě) začnou vyrábět „balíčky, kokony křivých z křivých dimenzí = hmotové elementární částice, i pole „otevřené křivosti“ a Rád bych se k tomu vrátil, ale chci nejprve zůstat jednoduchý, takže ve vašem příkladu tří částic jako hračky

19:06

vesmír, ve kterém si můžete začít vyvíjet od prvního principu nějakou představu o tom, co je správný jazyk, jaké jsou správné úvahy při hovoření o prostoru a čase, jak přemýšlíte o čase v tomto prostředí. Myslím tím, že používáte jazyk, v jednom okamžiku částice jsou **a**) v této konfiguraci v jiném okamžiku, jsou **b**) v jiné konfiguraci, **O.K. pozor, jsme tu v „lineárním“ prostředí (kde se p r o m ě ň u j í balíčky i n t e r a k c e m i )** takže se zdá, že se spoléhají na poměrně tradiční myšlenku, že **nemůžete mluvit o čase beze změny**, o plynutí času bez změny křivostí „v balíčcích“ i v „lineární rovnici interakcí“, při změnách konfigurací hmot, čili obojí... ale představujete si, že tento čas existuje mimo tyto tři částice **ne, ne, naopak. Čas tu není stoický, je to plynutí času a plynutí času znamená „ukrajování intervalů na časové dimenzi“ → což dělá objekt složitý i jednoduchý (např. kursor na dimenzi)** nebo ony tři částice v tomto hračkářském vesmíru v jistém smyslu generování představy o čase jejich relativními polohami uH moje pozice je taková, že okamžiky času existují a v nejjednodušším případě by okamžik času byl právě tvar tvořený třemi částicemi, můj model. Vesmír tři

20:05

částice jejich tvar definuje časový okamžik ?? v jiném časovém okamžiku, tento tvar by byl odlišný. A pak bych řekl, že je důležité rozlišovat **co?** mezi těmito časovými okamžiky a to, co bych nazval trvání, je něco, co si představujeme, charakterizuje rozdíl mezi nimi takže bych řekl, že **dur** je rozdíl je rozdíl mezi instancí uH, ale instance jsou základní věci, takže myslím, že naše první nápady jsou myslím si představte, že se díváte na hvězdy na obloze a v Arizoně v noci, myslím báječný zážitek vidíme úhly mezi hvězdami, to je můj nejjzákladnější způsob myšlení, ale když se podíváme dostatečně dlouho, můžeme vidět, že se hvězdy pohnuly, když budeme stát

21:02

tam po tisíc let začneme pozorovat nepatrné změny ve hvězdách a myslím, že to je způsob, jakým bychom o tom nyní měli přemýšlet. **Jistě, triviální, to dělají všichni astronomové už 3000 let.** Myslím si, že Newton skutečně zavedl způsob uvažování o této změně, díky kterému se tato změna zdánlivě rozvinula. Obzvláště hladká cesta a to je to, co si myslím, že trvání je něco, co zavádíme. Základní věci jsou trojúhelníky nebo the the the total the the the relativní tvar vesmíru, jak se to mění, ale Newton nás naučil popsat to v velmi úžasný způsob, který to dělá vypadají obzvláště jednotně a je to vyjádřeno v zachování energie, **čili v zachování „jistého balíku počtu dimenzí a křivostí těchto dimenzí“ aby jako balík byl stejný s jiným balíkem... při různých parametrech, že,** že tato energie je zachována, ale řekl bych, že úspora energie není ve skutečnosti základní věcí, protože její polovina je vložena do energie má dvě části, které má

22:00

kinetická energie a má potenciální energii, potenciální energie je odrazem toho, jak jsou částice vzhledem k tělu, což je pro mě zásadní, to je skála, na které stojím, ale pak změna té věci a to je naše volba říkat, že se to musí stát určitým způsobem, který pak vytváří kinetickou energii, takže bych řekl, že kinetická energie je lidským výtvoem, který dává smysl vesmíru, a všichni se shodneme na stejné konvenci, takže se všichni dokážeme shodnout zejména zde na povrchu Země, kterým tato energie je zakonzervována, protože se to všechno řídí úplným zákonem celého vesmíru, tak to teď vidím jistě, „jistého“ **balíku počtu dimenzí a křivostí těchto dimenzí.** Newton, jen proto, aby svůj program rozjel. Mohl Newton odvést lepší práci při popisu prostoru a času? artikulovat výchozí bod a jistě v pipii mluví o definici takříkajíc prostoru a definici takříkajíc času, ale když

23:03

zhruba řečeno vše, co Newton skutečně řekl, bylo, že existuje tato Arena

.....

(05)- called space I'm just going to assume that it's there and there is this thing called time which seems to flow I think his language was equally in equal increments from moment to moment but when you try to pursue what that really means it's hard to feel that it's any more than just a dictate you know by Fiat there is this thing called space there is this thing called time can we do better than that could Newton have done better than that yes and interestingly he was very close to it because um let me just briefly say how how I would say time and clocks developed so um I mean there were in in the time of the ancient Greeks there were water clocks and things like that and S clocks and and all that like that but the key thing is the laws of planetary motion

24:04

could never have been discovered if it weren't for the existence of what we now recognize what was then eventually recognized to be a fabulous clock which is the rotation of the Earth or the rotation of the Stars so that defines what's called sidereal time the the time that the Stars tell and uh the great Greek ancient astronomer Hipparchus and they made their observations and then they were dated by by the time and then uh that eventually led to the Copernican revolution to fabulous observations by Tycho Brahe and then for me the one of my huge heroes is Kepler who by the way whose intuition was very like Ernest Marx and in fact I've I've got on record and say that in fact in many ways Kepler's discovery of the laws of planetary motion was the first great

25:01

Triumph of M's principle long before M but uh what Kepler discovered was Kepler's second law what Kepler discovered of the planets that the planets in their motion around the Sun sweep out equal areas in equal times now the key thing about that is the expression I use is that those clocks that each of the planets define by the area they sweep out marches in step with the rotation of the earth which is an independent clock so I say that you can't say that one clock is a good clock you say that a collection of clocks are good if they all keep the same time their rates may be different but the ratios of the rates must stay the same and then so so the next big advance in in in really fundamental scientific time keeping is comes with Kepler's second law then the next thing is the astronomer Royal

26:04

Huygens 60 or so years later at Greenwich who showed that the pendulum clocks keep time with uh with the rotation of the earth with sidereal time and not with solar time not with mean solar time so and now that's exactly what happens with modern atomic clocks cuz it is not one single clock I mean it's a fabulous situation now with the way timekeeping is done there are sort of six master clocks in Boulder Colorado uh they're the best ones and there's some very good ones in Brunsvick in Germany then there's about a hundred all around the world and they're all matched up and they can't use just any one of them because they have glitches uncontrollable glitches and then on top of that they have to take into account things like continental drift uh the Chandler wobble of of where and now they even have to

27:01

take into account how the tides are moving on the earth uh to to to determine time it's a it's a colossal enterprise but the key thing is ultimately always to get as my expression is Marching In step it is a wonderful story and I mean the most modern time pieces you know these atomic

clocks I think some of them are based on cesium 133 you know the vibrational modes gives you this cyclical process The pendula Swinging is a cyclical process the motion of the planets is a cyclical process so we have found that by finding ever more stable cyclical motion we can have ever better clocks but if you were to be pressed and say what is it that they are measuring would you make it a self-referential statement that they're all measuring the same kind of thing because the ratios stay the same as you

28:00

made reference to or is there some independent notion that we can really use as the definition of time or should time be simply defined in this very straightforward operational sense as that which clocks measure I I think for practical purposes and the mere fact that we're able to talk to each other because a huge part of us talking to each other is messages is being about coordinating the clocks between you and me uh that that a vast amount of the information is devoted to that I would my guess my feeling is that the whole universe is just evolving it's getting it's getting more richly structured I think we're going to come on to this a bit later and I think just that overall thing just all of these things that clocks are picking up is just part of

**(05)-** nazývaný prostor Jen budu předpokládat, že to tam je a je tu věc zvaná čas, která jakoby plyne, myslím, že jeho jazyk byl od okamžiku k okamžiku rovnoměrně ve stejných přírůstcích, ale když se pokusíte vydolovat to, co skutečně znamená, že je těžké cítit, že je to něco víc než jen diktát, který znáte od Fiatu, existuje něco, čemu se říká prostor, existuje něco, čemu se říká čas, můžeme udělat lépe, než to mohl Newton udělat lépe, ano a zajímavé je, že byl velmi blízko tomu, protože ehm, dovolte mi stručně říci, jak bych řekl, že se čas a hodiny vyvinuly tak um, chci říct, že v době starých Řeků byly vodní hodiny a takové věci a hodiny S a všechno to podobné ale klíčová věc jsou zákony planetárního pohybu

24:04

nikdy by nebylo možné objevit, kdyby neexistovala existence toho, co nyní poznáváme, co bylo nakonec uznáno za báječné hodiny, kterými jsou rotace Země nebo rotace hvězd, takže definují to, čemu se říká hvězdný čas. Čas, který hvězdy vyprávějí, a velcí řeční starověcí astronomové hipparchus a hračka, kteří provedli svá pozorování, a pak byla datována časem a pak, což nakonec vedlo k kapernské revoluci k úžasným pozorováním od **Ticho Braha** a pak pro mě je jedním z mých obrovských hrdinů **Kepler**, který mimochodem, jehož intuice byl velmi podobný Ernestu Marxovi a ve skutečnosti jsem šel do záznamu a řekl, že ve skutečnosti v mnoha ohledech Keplerov objev zákonů pohybu planet byl první velký

25:01

triumf Mova principu dávno před M, ale to, co Kepler objevil, byl Keplerův druhý zákon o tom, že Kepler o planetách, které planety při svém pohybu kolem Slunce zametají ze stejných ploch ve stejných časech, teď klíčová věc na tom je výraz, který používám, je, že ty hodiny, které každá z planet definuje oblastí, kterou zametají, pochodují v kroku s rotací země, což jsou nezávislé hodiny, takže říkám, že nemůžete říct, že jedny hodiny jsou dobré hodiny říkáte, že sbírka hodin je dobrá, pokud všechny udržují stejný čas, jejich sazby se mohou lišit, ale poměry sazeb musí zůstat stejné, a tak další velký pokrok v opravdu zásadním vědeckém měření času přichází s Keplerovým druhým zákonem, pak další věcí je astronom Royal

26:04

flamsteed UH o 60 nebo tak let později v Greenage, který ukázal, že kyvadlové kyvadlové hodiny udržují čas s uh s rotací země s postranním časem a ne se slunečním časem, ne se středním slunečním časem, takže a nyní je to přesně to, co se děje s moderními atomovými



hodinami protože to nejsou jedny hodiny, myslím, že je to báječná situace, teď s tím, jak se dělá měření času, je v Boulderu asi šest hlavních hodin Colorado, uh, jsou nejlepší a několik velmi dobrých je v Brun Brunswick v Německu, pak je jich asi sto po celém světě a všechny jsou sladěny a nemohou použít jen jednu z nich, protože mají závady. Některé závady a pak navíc musí vzít v úvahu věci jako kontinentální drift, chandlerovské kolísání toho, kde a teď dokonce musí

27:01

vezměte v úvahu, jak se příliv a odliv pohybují na zemi, uh až k určení času, je to kolosální Enterprise, ale klíčové je nakonec vždy dostat, protože můj výraz je Pochodovat V kroku je to úžasný příběh a myslím tím nejmodernější časové úseky, které znáte, tyto atomové hodiny Myslím, že některé z nich jsou založeny na **na počtu tiků, či na frekvenci tiků cesia 133** víte, že vibrační režimy vám poskytují tento cyklický proces. Kyvadlo Kyvné je cyklický proces pohyb planety jsou cyklickým procesem, takže jsme zjistili, že nalezením stále stabilnějšího cyklického pohybu můžeme mít stále lepší hodiny, **O.K. mechanismus, který produkuje stále stejný „počet tiků“ za zvolenou jednotku...; autor Barbour tady obdivuje „místní, lokální tempo plynutí času“, ale zdalipak také bádá proč máme tu na Zemi takové tempo jaké tu máme. Zda je toto tempo stejné všude v celém vesmíru, anebo jen v naší galaxii. Zda toto tempo se v průběhu dějin mění, jen v galaxiích nebo i mimo ně...atd.** ale kdybyste byli natlačeni a řekli, co to je, co měří, udělali byste z toho seberefrenční prohlášení, že Všichni měříte stejný druh věcí, protože poměry zůstávají stejné jako vy ??

28:00

odkazoval na nebo existuje nějaký nezávislý pojem, který můžeme skutečně použít jako **definici času**, **máte definici na „veličinu Čas“ ? a také na „tempo plynutí času“?** nebo by měl být čas jednoduše definován v tomto velmi **přímočarém provozním smyslu** jako to, co hodiny měří. **Hodiny nic neměří, my měříme, hodiny pouze „odtikávají“ intervaly a my je porovnáváme s intervaly na časové dimenzi, které vykonává objekt, objekt se posouvá po časové dimenzi a to pak vnímáme jako „tempo plynutí času“, vnímáme změny velikostí intervalů, které „vyrábí objekt svým posunem“ „po čase“ (po dimenzi časové), hodinky si ovšem tikají stále svým tempem** Myslím, že pro praktické účely a pouhou skutečnost, že jsme schopni mluvit spolu, protože velká část z nás, co spolu mluvíme, jsou zprávy o koordinaci hodin mezi vámi a mnou, že je tomu věnováno obrovské množství informací. Vesmír je spravedlivý, vyvíjí se, to je stále bohatší, myslím, že k tomu přijdeme o něco později, a myslím si, že celkově jsou všechny tyto věci, které hodiny nabírají, jen součástí

.....  
**(06)-** that one single on onward evolution of the universe which I will argue is to Greater structure uh greater

29:05

complexity uh that that's what's going on that that's what I would say and so why don't we turn to that now and before we get to some of the ideas that you've

### **How to characterize Entropy and the unfolding of the Universe**

been developing recently and in fact over the course of many decades I thought it would be worthwhile to spend a little time on on the more conventional story that has emerged through the work of of many thinkers and you made reference before to Roger Penrose Penrose of course has played a a vital role in this idea and trying to have some understanding of how to characterize the unfolding of the universe and of course entropy is an idea that has played a

vital role in that story so maybe we can take a step back and just imagine where say in the 1800s and there are steam engines that

30:01

people are trying to understand and in trying to get a grasp on why steam engines always were releasing a certain amount of heat to the environment there was always waste coming from you burn this fuel and you want the fuel to make that piston push against that air in a canister driving whatever mechanical device it is to undergo its motion there's always waste and that led people like you know even further back carau it led people like bolman to this notion of entropy which is a very slippery idea especially for those who are not well versed in the language of mathematics how in a general context do you think about intuitively and how would you describe to a general audience this notion of entropy well first of all let me say that I think the discovery of the laws of thermodynamics by William Thompson later Lord Kelvin and Rudolph clausius in Germany it's one of the most beautiful stories in in physics but um I think the key thing well let me first of all say uh I think a thing which has been amazingly ignored is that all of the law the the laws of thermodynamics and then their explanation through the atomistic theory of statistical mechanics the the atomistic explanation of it all of that developed out of the study of steam engines now steam engines stop working if the steam escapes from the cylinder and uh so if you look at all the great initial papers that uh we that the ones that I've mentioned and you've mentioned uh including also the Great American um

32:00

Gibbs and and Maxwell they all assume particles molecules in a box so the typical situation describing entropy you can think of it as as if you got uh uh a box with air and you start off with a little cube of ice in the bottom corner of one bottom corner of the box and that ice in a crystal lattice is very highly structured there are water molecules in the air all floating around a bit by bit the uh the ice melts becomes water and then the water evaporates and then all of its water molecules are spread around the thing and that's an irreversible process now technically if you could stop uh all the particles and exactly reverse their motions they would go back to that uh block of ice that little cube of ice but that never happens and that process is is uh from a highly ordered state you've gone to a highly disordered state so

33:03

this is basically what people say is the growth of entropy uh and there's no doubt that that's correct and I mean the the things that have come out of the study of entropy and thermodynamics and statistical mechanics are just wonderful it goes on and on and still going on marvelous discoveries perhaps the most incredible of all was the discovery of of of the first Quantum Effects by Max plank based on uh trying to make sense of of these these processes with radiation I think there's only one person before me if I may boast about it who said what happens if the box is not there and if say these particles are interacting through gravity now the one person who did question that was was ludc boltzman in 1896 when he was involved in a very famous debate with the German zero who later became a great

34:00

logician about explaining the second law of Thermodynamics and uh so Meo was relying very heavily on the a famous theorem that panker had proved just a few years earlier the recurrence theorem which if you have a dynamical system like that in a box if you wait long enough it will come back arbitrary close to any position it was in in previous so both uh Meo said I want the second law of Thermodynamics to say entropy must always increase but uh in this

situation it's clear it will go back again and there's actually it's more or less just a footnote from bman who says are we so sure that the universe is in a box and satisfies the recurrence

.....

(06)- ten jediný na dalším vývoji vesmíru, o kterém budu tvrdit, že je do větší struktury, uh větší 29:05 složitost, že to je to, co se děje, to je to, co bych řekl, a tak proč se na to nezaměříme teď a než se dostaneme k některým nápadům Jak charakterizovat entropii a rozvíjení vesmíru se vyvíjel v poslední době a ve skutečnosti v průběhu mnoha desetiletí jsem si myslel, že by stálo za to věnovat trochu času konvenčnějšímu příběhu, který se objevil díky práci mnoha myslitelů a předtím jste se samozřejmě zmínili o Rogeru Penrose Penrose hrál v této myšlence zásadní roli a snaha porozumět tomu, jak charakterizovat vývoj vesmíru a samozřejmě entropie je myšlenka, která v tomto příběhu hrála zásadní roli, takže možná můžeme udělat krok zpět a jen si představit kde říct 1800 a tam jsou parní stroje, které 30:01 lidé se snaží pochopit a ve snaze pochopit, proč parní stroje vždy uvolňovaly určité množství tepla do životního prostředí, vždy přicházel odpad, který spalujete toto palivo a chcete, aby palivo přimělo píst tlačit na vzduch v kanystru, který řídí jakékoli mechanické zařízení, aby podstoupil jeho minaci, je vždy odpad a to vedlo lidi, jako jste vy, ještě dále zpět do carau, přivedlo lidi jako bolman k tomuto pojmu entropie, což je velmi kluzká představa zejména pro ty, kteří se nemají dobře zběhlý v jazyce matematiky, jak v obecném kontextu intuitivně přemýšlíte o tomto pojmu entropie a jak byste jej popsal širokému publiku, nejprve mi dovoluete říci, že si myslím, že objev termodynamických zákonů Williama Thompsona později Lord Kelvin a Rudolph clausius v Německu je to jeden z nejkrásnějších příběhů ve fyzice, ale ehm, myslím, že je to klíčová věc, dovoluete mi, abych nejprve řekl, uh, myslím si věc, která byla úžasně ignoruje se, že všechny zákony, zákony termodynamiky a jejich vysvětlení pomocí atomistické teorie statistické mechaniky, atomistické vysvětlení toho všeho, co se vyvinulo ze studia parních strojů, nyní parní stroje přestanou fungovat, pokud pára unikne z válec a uh, takže když se podíváte na všechny ty skvělé počáteční papíry, které uh, tak ty, které jsem zmínil a vy jste zmínil, uh, včetně také Velkého amerického um 32:00 Gibbs a Maxwell všichni předpokládají molekuly částic v krabici, takže typickou situaci popisující entropii si můžete představit, jako byste dostali krabici se vzduchem a začali s malou kostkou ledu ve spodním rohu krabice. spodní roh krabice a ten led v kříšťálové lati je velmi vysoce strukturovaný, ve vzduchu jsou molekuly vody, všechny plují kousek po kousku a led taje, stává se vodou a pak se voda odpařuje a pak všechny jeho molekuly vody jsou rozprostřeny kolem věci a to je technicky nevratný proces, kdybyste mohli zastavit uh všechny částice a přesně zvrátit jejich pohyby, vrátily by se zpět do toho uh bloku oka té malé kostky ledu, ale to se nikdy nestane a ten proces je z vysoce uspořádaného státu, přešel jste do vysoce neuspořádaného stavu, takže 33:03 to je v podstatě to, co lidé říkají, je růst entropie a není pochyb o tom, že je to správné a mám na mysli věci, které vzešly ze studia entropie a termodynamiky a statistické mechaniky, jsou prostě úžasné, jde to dál a dál a pořád to jde na úžasných objevech možná nejneuvěřitelnější ze všech byl objev prvních Quantum Effects Max plankem založeným na snaze porozumět těmto procesům pomocí záření Myslím, že před tím existuje jen jeden člověk Pokud se mohu chlubit, kdo řekl, co se stane, když tam krabice nebude, a pokud řekneme, že tyto částice interagují prostřednictvím gravitace, teď jediná osoba, která to zpochybnila, byl ludc Boltzman v roce 1896, když se zapojil do velmi slavné debaty s německá nula, která se později stala velkým 34:00 logik vysvětlující druhý termodynamický zákon, a tak se Meo velmi spoléhal na slavnou větu, kterou panker prokázal jen před několika lety, teorém o opakování, který když máte takový dynamický systém v

krabici, pokud dostatečně dlouho čekáte vrátí se libovolně blízko k jakékoli poloze, ve které byl v předchozím, takže oba uh Meo řekl, že chci druhý termodynamický zákon, který říká, že entropie musí vždy vzrůst, ale uh v této situaci je to jasné vrátí se to znovu a ve skutečnosti je to víceméně jen poznámka pod čarou od bmana, který říká, zda jsme si tak jisti, že vesmír je v krabici a uspokojuje opakování

.....

**(07)-** principle and I don't I'm not sure that anybody else has taken it up if you read uh um gibbs's book published just at the end of his life very great book where he he develops all his theory with his probability and lille's Theorem and he says but I must point out that this  
35:06

Theory will fail if the system can expand into Infinite Space or the momenta can become unboundedly large because then my probabilistic arguments will fail but he doesn't say uh what what could go then now Einstein said that the only physical Theory which he was convinced would never be overthrown within the domain of applicability of its basic concepts is thermodynamics but Einstein didn't spell out what those basic concepts are and the basic concept is essentially the system must be in a box or mathematically speaking technically it's that the Solutions of the dynamical system can only explore a phase space of bounded leil  
36:06

measure and if it's unbounded I would say the diff it's a difference between night and day before we get there because that that that is a key point but I just want to make sure that we cover the more conventional system a little bit more fully just to tie it into our theme on on the nature of time so if we are in a bounded system like a body as you have described things if you start in an ordered State it's quite clear that over time the system overwhelmingly is likely to go to a more disordered state so you had the ordered ice in a nice crystal lattice and over time those molecules they melt they fill up the box and it's a more disordered environment now you're also saying that that transformation from from order to disorder from low entropy to higher entropy it's a tendency even in that  
37:05

setup it's not an ironclad law because as you made reference there are those who showed that if you wait long enough the system through its random motion will find its way back arbitrarily close to the ordered state that it began with so it's a statistical statement the second law of Thermodynamics even in this constrained setup is a statistical statement it's overwhelmingly likely to go from order to disorder but you wait long enough and highly unlikely intuitively unlikely things will happen the system can find its way back arbitrarily close to beginning so in in that bounded setup we seem to have at least some semblance of a notion of time

### **The Arrow of Time**

having a direction it tends to go from order to disorder now again we're going to then move in a moment to the more General situation where we're not in a box but even in that more constrained  
38:01

setup this seems to be progress it seems to give us some sense of an understanding of why there is an orientation to time order toward disorder but as people like Roger Penrose pointed out and maybe you did too there's a presupposition in there that there is some initial state of order from which we can then degrade toward Disorder so it does raise the question of where did the original order come from and this led people to suggest a new principle of physics

called the past hypothesis that for some reason that we don't understand things began in an ordered State near the big bang and we have been living through the degradation of that ordered State ever since is that a compelling set of words words to you for how we can have an arrow of time come in in a cosmological setting or are you

39:04

going to ask us to slide that to the side in favor of ideas that you have developed uh yes I am uh in fact I would say it's it's it's perfectly all right for me living in this lovely house where I am I'm I'm slowly degrading [II] will move next door into the churchard it's very beautiful uh but I would say it's completely the wrong way to think about the Universe I think uh um [II] think uh well nothing is ever certain in science so this is this is just my conviction but I think it's quite persuasive and and [II] just go to the oldest dynamical Theory which exists which is Isaac Newton's theory of universal gravitation and there um if the energy this has been known since 1772 if the energy is non

40:00

negative uh the uh so the energy is either zero which is the one that Mark would like and I do like uh uh and and then the system uh well there's two possibilities the most common one if the energy is zero or it's positive is that in the infinite Newtonian past the size of the system will be infinite great infinitely great it will come down to a finite size and then go up again to an infinitely great size and uh that's that size is measured by a ruler outside the universe but that already defines two uh bidirectional arrows of time going either way from that point of minimum size so if I were God looking at this happening from outside and I had my ruler to .....

**(07)-** princip a já ne. Nejsem si jistý, že se toho chopil někdo jiný, pokud si přečtete uh um Gibbsovu knihu vydanou právě na konci jeho života, velmi skvělá kniha, kde se svou pravděpodobností rozvíjí veškerou svou teorii a Lille's Theorem a on říká, ale musím podotknout, že tato

35:06

teorie selže, pokud se systém může rozšířit do nekonečného prostoru nebo se hybnost může stát neomezeně velkou, protože pak mé pravděpodobnostní argumenty selžou, ale neříká, co by se mohlo stát, **pak Einstein řekl, že jediná fyzikální teorie**, o které byl přesvědčen, by nikdy **nebude svržena** v rámci oblasti použitelnosti jejích základních pojmů, **je termodynamika**, ale Einstein nevysvětlil, co tyto základní pojmy jsou, a základním konceptem je v podstatě systém musí být v krabici nebo matematicky vzato technicky je to tak, že Řešení dynamického systému mohou prozkoumat pouze fázový prostor ohraničeného leilu,

36:06

měřit, a pokud je neomezený, řekl bych, že rozdíl je rozdíl mezi nocí a dnem, než se tam dostaneme, protože to je klíčový bod, ale chci se jen ujistit, že pokryjeme konvenčnější systém trochu úplněji, jen abychom spojíte to s naším tématem **o povaze času**, takže pokud jsme v ohraničeném systému, jako je tělo, jak jste popsal věci, pokud začnete v uspořádaném stavu, **je zcela jasné, že v průběhu času systém většinou pravděpodobně přejde do více neuspořádaný stav**,

**\*\*VSUVKA:**

**Minulost je podle Smolina zcela klasická. Zkuste přemýšlet**

**takto : Před velkým třeskem byl vesmír jen hladkým nekonečným časoprostorem bez hmoty, bez toku plynutí času a bez rozpínání (protože byl nekonečný v 3+3 dimenzích ). Pak nastala**

ta skoková změna „stavu předešlého“ na stav „následný = náš pokřivený vesmír“ s hmotou a poli, a s rozbalováním času a rozbalováním délek a to do...??. do čeho ? Buď je to tak, že se rozbaluje „do Ničeho...“, anebo „náš pokřivený časoprostor s hmotou“ plave v původním plochém euklidovském rastru-síti-předu 3+3D... a pak se tedy „současnost“ hrne-rozbaluje do „budoucnosti nikoliv „do Ničeho“, a minulost je už stav deterministický, budoucnost se neví jak se „proměny křivostí dimenzí přetvarují“. Minulost je „zakonzervována“ tak jak se změny vyvíjely a staly, jsou definitivní, ano; budoucnost jsou změny, které nastanou...jistě, ale to víme 2000 let. To není nový poznatek pro pochopení „času“ beze zbytku, ani k pochopení názoru, že: „čas neplyne nám, ale my plyneme jemu“. Dále povídání o entropii nebo „o stávání se“ (Heidegger) nám nepomůže poznat další „chování“ času: zda má stejné tempo plynutí po celou historii dějin Vesmíru, zda se tempo plynutí času nemění v různých etapách historie..., zda tempo plynutí času je stejné „po celém vesmíru“ alebo je lokálně, v mnoha časoprostorových lokalitách vesmíru jiné. Nepomůže nám to zjistit „proč“ je tempo plynutí času práááávé takové jaké ho máme na Zemi. Nepomůže nám to dále bádát nad tím proč je tempo plynutí času na Zemi to nejrychlejší a všude jinde prý je pomalejší a pomalejší ( viz tvrzení českého prof. Kulhánka ). Nepomůže nám to zjistit, zda čas má také dimenze. Nepomůže nám dále bádát „jak se čas zakřivuje“ a kde a co z toho plyne. Nepomůže nám to zjistit jaké chování má čas v „antisvětě“, tj. ve druhém kvadrantu Vesmíru „za bránou“. Atd. Už to nejsou pravděpodobnosti. Jsou definitivní. Už se staly. Nemohou se stát. Toť otázka „co“ stát se stejného z minulosti se může a co ne. To také není taxativně stoprocentně řečeno. Budoucnost je však kvantová.???? Pro výrobu budoucnosti sice Vesmír potřebuje pravděpodobnosti, i QM, ale to neznamená, že pro budoucí realitu nepotřebuje např. gravitaci, nebo elementární hmotu, která je už beze změny od Veského třesku. ( elektron je stále stejný už 13,8 miliard let a takový bude i v budoucnu ). Takže budoucnost není jen kvantová. \*\*

KONEC VSUVKY z [https://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa\\_227.pdf](https://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_227.pdf) ;

DRUHÁ VSUVKA:

...a pokud toto poznání vede k neustálému vytváření více informací, pak se také zvyšuje entropie. [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/h/h\\_030.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/h/h_030.pdf) A protože klasická definitivní minulost se stává známou a nemůže se vrátit do neznáma, čas nelze zvrátit Plynutí času jedním směrem nelze zvrátit do opačné šipky pouze v makroměřítku .V mikroměřítku na planckových škálách „svět kvantové mechaniky“, to lze, např. „balíčkováním 3+3D, což vede k výrobě hmoty <http://www.hypothesis-of-universe.com/index.php?nav=e> a entropii také nelze snížit (...).Opravdu nevíme, co je čas, víme to ; jen o něm nevíme všechno ale jsme si zcela jisti, že tato entropie ve vesmíru narůstá, a proto je stále více neuspořádaný. Ne, je také, i uspořádaný [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_009.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_009.pdf) ; [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g\\_041.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g_041.pdf) ; [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa\\_078.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_078.pdf) To znamená, že entropie musela být mnohem nižší dříve, zvláště v blízkosti velkého třesku. Neuspořádanost a složitost stavů uspořádaných jsou dva jiné pohledy na věc. Jak se vesmír na začátku dostal do tohoto superuspořádaného stavu s nízkou entropií? [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa\\_078.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/aa/aa_078.pdf) To je záhada. Není to záhada, pochopení je zřejmé zde [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_009.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_009.pdf) Ale přivádí naši diskusi o čase do měřítku vesmíru a kosmického času. Kéžby můj nekonečný monolog ( 20 let ) byl také jednou i diskuse-dialog. \*\*

KONEC DRUHÉ VSUVKY



takže jste měli uspořádaný led v pěkné krystalové mřížce a časem ty molekuly, které roztají, zaplní krabici a je to neuspořádanější prostředí, teď také říkáte, že ta transformace z řádu do neuspořádanosti z nízké entropie na vyšší entropie je to tendence i v tom

37:05

Nastavení, to není železný zákon, protože jak jste se zmínil, jsou tací, kteří ukázali, že pokud budete čekat dostatečně dlouho, systém prostřednictvím svého náhodného pohybu najde cestu zpět libovolně blízko k uspořádanému stavu, kterým začal, takže je to statistický výkaz druhý termodynamický zákon i v tomto omezeném nastavení je statistickým tvrzením, je velmi pravděpodobné, že půjde od řádu k nepořádku, ale čekáte dostatečně dlouho a vysoce nepravděpodobné intuitivně nepravděpodobné věci se stanou systém si může najít cestu zpět libovolně blízko. Abychom začali tak v tomto ohraničeném uspořádání, zdá se, že máme alespoň nějaké zdání pojmu času. Šíp času mít směr, který má tendenci jít od řádu k nepořádku, teď znovu, pak se za chvíli přesuneme do obecnější situace, kdy nejsme v krabici, ale dokonce i v této omezenější.

38:01

Zdá se, že toto nastavení je pokrok, zdá se, že nám dává určitý smysl pro pochopení toho, proč existuje orientace na časový řád směrem k nepořádku, uspořádané stavy přechází do neuspořádaných „plynule“ ( v souladu s tokem času ), A neuspořádanost přechází v uspořádanost „skokem“, okamžitým skokem ... Big-bang byl „okamžitý skok“ = změna stavu časoprostoru s  $k = 0$  na stav s  $k = \text{nekonečno}$ , skokem, ale jak zdůraznili lidé jako Roger Penrose a možná jste to udělali i vy, existuje předpoklad, že existuje nějaký počáteční stav řádu,  $k = 0$  ze kterého pak můžeme degradovat směrem k nepořádku,  $k = \text{nekonečno}$  ;  $t = 0$ .

Čili opakování: Před BB je křivost všech dimenzí  $k = 0$  ;  $t = \text{nekonečno}$ . Nastane skok = změna stavu Po BB je  $k = \text{nekonečno}$  ;  $t = 0$ . Nyní nastane geneze „našeho“ vesmíru, který končí s  $t = \text{nekonečno}$  ;  $k = 0$  a...a cyklus se opakuje jak si to přeje pan Penrose ... takže vyvolává otázku, odkud se vzal původní řád, odkud? Řád časoprostoru s 3+3 dimenzemi časoprostoru je řádem proto, že tu je se všemi 3+3 plochými dimenzemi,  $k = 0$ , prostor je nekonečný, čas >nulový< stoický, bez plynutí, stav tohoto vesmíru – časoprostoru je bez hmoty, (potažmo bez energie), bez fyzikálních polí, bez zákonů, bez pravidel, bez principů a to vedlo lidi k návrhu nového principu fyziky zvaného minulá hypotéza, ? který z nějakého důvodu, kterému nerozumíme věci začaly v an nařídil stát blízko velkého třesku a od té doby prožíváme degradaci tohoto spořádaného státu, což je přesvědčivá sada slov, která vám říká, jak můžeme nechat šíp času vstoupit do kosmologického prostředí nebo jste tato řeč nic nevysvětluje

39:04

zeptáme se nás, abychom to posunuli na stranu ve prospěch myšlenek, které jste rozvinuli uh ano jsem uh ve skutečnosti bych řekl, že je to je to je pro mě naprosto v pořádku žít v tomto krásném domě, kde jsem, jsem já pomalu degraduje. ?? Měli by jste pochopit, že entropie tu sice na každém kroku je, ale také vedle entropie tu je >něco< co se s k o k e m zesložití, naroste složitost a...a ta se zařadí zase do „laviny entropií“. Přesunu se vedle do kostela, je to velmi krásné, ale řekl bych, že je to úplně špatný způsob, jak přemýšlet o vesmíru. O.K. Bůh patří do lidské říše, Vesmír je jiná říše, kde se „pracuje s fyzikou“... Myslím, že ve vědě není nic jistého, takže tohle je to jen moje přesvědčení, ale myslím si, že je to docela přesvědčivé a já jdu k nejstarší dynamické teorii, která existuje, což je teorie univerzální gravitace Isaaca Newtona a tam, pokud energie je známá od roku 1772, pokud energie není

40:00

negativní uh, uh, takže energie je buď nulová, což je ta, kterou by chtěl **Mark ?? kdo to je** a já mám rád uh uh a a pak systém uh dobře, jsou dvě možnosti, nejběžnější, pokud je energie nulová nebo je kladná, je, že v nekonečná Newtonova minulost, velikost systému bude nekonečně velká nekonečně velká, **klesne na konečnou velikost rozbalování dimenzí „převíží“ činy „sbalování“ dimenzí... výsledkem bude opět 3+3D časoprostor s k=0** a pak se zase zvýší na nekonečně velkou velikost **ta entropie = 3+3D časoprostor s k=0** a to je ta velikost, kterou měří pravítka mimo vesmír, ale to už definuje dvě uh, obousměrné šipky času jdoucí oběma směry od tohoto bodu minimální velikosti, **jsem přesvědčen, že se v rozvinutém Vesmíru (od BB do big-cruichu) uplatnila, převážila jednosměrná šipka (času) v makrosvětě do nelineární rovnice OTR (z důvodů rozbalování křivostí všech dimenzí tj, třech dimenzí časových) a obousměrná šipka se uplatnila v mikrosvětě do QM do lineární rovnice interakcí (z důvodů výroby elementárních částic hmoty a jejich vzájemných přeměn-proměn, výklad o tom je jinde)** takže kdybych byl Bůh, díval se na to zvenčí a měl bych svého vládce, aby

.....

**(08)-** measure it I would see those arrows of time and they are there by

41:00

Newton's Laws there's no special past hypothesis has to go in that point of minimum size which is what I call the Janis point is there an immediate consequence of Newton it's a two line proof out of Newton's Laws it's Newton's second law and the fact that the gravitational potential it has a property called homogeneity of degree minus one and it's negative definite so it's a two-line proof and it was already known in 17 19 72 uh but now what is much more interesting is if you were inside that universe and you could look at its shape what its shape is and the shape is most uniform at that Janis point and as it goes away from it in both directions the shape gets more structured clusters form and those clusters particularly you get Kepler pairs forming that's two particles going around each other in capan orbits and as they do all of these

42:00

ones they start marching in Step each Kepler pair becomes a rod clock and Compass all in one and they all are Marching In Step becoming synchronized with each other in the most fantastic uh growth of order so at the where J just so you're saying these klarian pairs which are just two particles orbiting around each other in essence become a clock because it's cyclic Motion in essence become a rod because there's some specific separation between them that's the the major the length of the Li and that gives you a compass as well because you've got a Direction that's comp as well yeah so you're saying that there it's a general property of just classical we're talking classical Newtonian physics here and the usual classical neonian gravitational pole between Mutual massive objects if you start with some random configuration of particles in the

43:00

I hate to use this language but infinite path just to give us a language to speak about it you're saying that the general solution ultimately has the shape that you are describing that it will collapse down to some minimum size and from there it will then evolve into these cut capillarian pairs as it evolves toward the the future from that point yes every every solution well it's not quite every solution because there are even more interesting ones which we'll come to but basically uh there is so you can imagine this a Newtonian timeline and the

direction in the timeline is completely nominal so you can say that's going forward or that's going forward but in the middle there's always in the middle there's a situation where the particles are like a swarm of bees and in both directions away from it all of this fantastic structure emerges and that is just come straight out of Newton's Laws it's nothing whatever to do with anybody putting in a special past hypothesis or anything like that but is that different I mean bolts boltzman of course had this

44:05

this idea that you start with you know gas in a box and it's got random motion and if you wait long enough through sort of the recurrence ideas as well but any configuration will be sampled if you wait long enough you wait long enough those particles can have an entropically decreasing evolution get to a low entropy State and from there you can then unfold to a higher entropy State toward the future where there can be structure and root to that high entropy future is this an example of that or is this somehow distinct from that Boltzmann idea no no no it's completely different that that effect there Boltzmann when you have the uh this this entropy normally it's tiny fluctuations that that happen you you have to wait immense time but except for

45:00

those very brief moments when you would get a big fluctuations uh the situation is always like a swarm of bees the swarm of bees in Newtonian theory is just at that one point there there's only one swarm of bees in the thing like that and in both directions away from it so it's a completely different picture it's completely and utterly different and this was first pointed out uh in in this paper by myself and my two collaborators Tim Klovski and Flavia McCarty published in 2014 in physical review letters and they were so worried about it they sent it to five referees and what was the worry what was the what was the worry then I mean it's an unfamiliar way of framing things I mean because we were overturning a a dogma of 170 years saying there's no exp basically for 170 years people had

46:01

thought there was no explanation for the arrow of time and we were showing it least in Newtonian theory that that is an arrow of time comes out of the the oldest known theory of dynamical theory so it's a Time symmetric configuration in the sense that from this minimum size the evolution that way or that way looks very similar so you sort of have time symmetry

**(08)-** změřte to Viděl bych ty šipky času **ne, neviděl, neb jsou v mikrovětě na planckových škálách** a jsou tam

41:00

Newtonovy zákony, neexistuje žádná **speciální** minulá hypotéza, **proč neexistuje?** musí jít do bodu minimální velikosti, kterému říkám **Janisův bod**, existuje bezprostřední důsledek Newtona, je to dvouřádkový důkaz z Newtonových zákonů, je to druhý Newtonův zákon a skutečnost, že gravitační potenciál má vlastnost zvanou homogenita stupně minus jedna a je záporně definitní, takže je to dvouřádkový důkaz a byl znám již v 17. 19 72 uh, ale teď je mnohem zajímavější, kdybyste byli uvnitř toho vesmíru a mohli byste se podívat na jeho tvar, jaký má tvar a tvar je nejjednodušší v tom Janis bodě **hm, návrh je to pěkný, ale kde je popis toho návrhu, tj. „co dokáže Janisův bod“?** a jak se od něj vzdaluje v obou směrech, tvar vytvoří se **strukturovanější shluky** z čeho? **Pokud z dimenzí veličin, pak by to mohly být moje balíčky elementárních částic, z nich složitá hmota** a zejména tyto shluky se vytvoří Keplerovy

páry, což jsou dvě částice, z čeho?, které se kolem sebe pohybují po Capanových drahách to je co? a stejně jako všechny tyto

42:00

ty začnou pochodovat v kroku každý pár Keplerovců se stane tj. jakože po máchnutí čarovnou hůlkou „se stane“? tyčovými hodinami ?? a kompasem v jednom a všechny pochodují krok za krokem se synchronizují spolu s tím nejfantastičtějším růstem řádu, ?? takže tam, kde J právě tak říkáš tyhle klarijské páry, které jsou jen dvěma částicemi obíhajícími kolem sebe v podstatě, se stávají hodinami, částice se stávají hodinami?? protože je cyklický Pohyb se v podstatě stává tyčí, a pohyb se stává tyčí?? protože mezi nimi existuje kde se vzala, tu se vzala ... určitá specifická separace, která je největší z délky Li ?? lithium??) a která vám dává kompas také, protože máte Směr, který je také kompas, ano, takže říkáte, že je to obecná vlastnost pouze klasické, čeho? Už skoro nemám chuť dál to číst. Nic rozumného tu není... zde mluvíme o klasické newtonovské fyzice a obvyklém klasickém neonovém ? gravitačním pólu mezi Vzájemnými hmotnými objekty, pokud začnete s nějakou náhodnou konfigurací částic v

43:00

Nerad používám tento jazyk, ale nekonečná cesta jen proto, aby nám dal jazyk, abychom to už je kdákání o kdákání o tom mohli mluvit, říkáte, že obecné řešení má nakonec tvar, který popisujete, že se zhroutí na nějakou minimální velikost a odtud se pak vyvinout se do těchto řezaných kapilárních párů, jak se to co „to“? vyvíjí směrem k budoucnosti od toho bodu ano každé řešení dobře, není to úplně každé řešení, protože existují ještě zajímavější, ke kterým se dostaneme, ale v zásadě existuje, takže si to dokážete představit newtonovská časová osa a směr na časové ose je zcela nominální, takže můžete říci, že jde dopředu nebo že jde dopředu, ale uprostřed je vždy situace, kdy jsou částice jako roj včel a v obou směrech pryč od celá tato fantastická struktura se vynořuje a právě to vychází přímo z Newtonových zákonů, není to nic společného s tím, že by někdo zaváděl speciální minulou hypotézu nebo něco podobného, ale je to jiné, myslím šrouby Boltzman to samozřejmě měl

44:05

tato myšlenka, se kterou začínáte, znáte plyn v krabici a má náhodný pohyb, a pokud budete čekat dostatečně dlouho prostřednictvím nápadů s opakováním, ale každá konfigurace bude vzorkována, pokud počkáte dostatečně dlouho, počkáte dostatečně dlouho, které částice mohou mít entropicky klesající evoluce se dostane do stavu nízké entropie a odtud se pak můžete rozvinout do stavu s vyšší entropií směrem k budoucnosti, kde může být struktura a kořen této vysoké entropie budoucnosti ?? je to příklad toho nebo je tohle se nějak liší od myšlenky Bol Manan ne ne je to úplně jiné, že ten efekt tam Bri když máš uh tohle tuhle entropii nevím zda toto komolení tu dělá překladač, nebo autor... normálně jsou to drobné výkyvy, že se to stane, musíš čekat nesmírnou dobu, ale kromě

45:00

ty velmi krátké okamžiky, kdy byste měli velké výkyvy uh, situace je vždy jako roj včel, roj včel v Newtonově teorii je právě v tom jednom bodě, v takové věci je jen jeden roj včel a v obou směrech pryč od toho, takže je to úplně jiný obrázek, je to úplně a úplně jiné a na to jsem poprvé poukázal v tomto článku já a moji dva spolupracovníci Tim Kloviski a Flavia McCarty publikoval v roce 2014 ve fyzických recenzních dopisech a oni se tím tak obávali, že to poslali pěti rozhodčím a jaké to bylo znepokojení, jaké to bylo, jaké to bylo znepokojení, pak myslím, že je to neznámý způsob rámování věcí, myslím, protože jsme převraceli ?? a a

dogma 170 let říká, že neexistuje žádný exp v podstatě za 170 let, co lidé měli ?? už vůbec nevím o čem se tu mluví

46:01

mysleli jsme si, že neexistuje žádné vysvětlení pro časovou šipku, tohle je první SROZUMITELNÁ věta po 20ti minutách čtení... a my jsme to nejméně ukazovali v newtonské teorii, že tato šipka času pochází z nejstarší známé teorie dynamické teorie, takže jde o časově symetrickou konfiguraci ?? bez vysvětlení nevím o co jde v tom smyslu, že z tohoto minima velikost evoluce tak či onak vypadá velmi podobně, takže máte určitou časovou symetrii plácání o plácání

.....

(09)- in aggregate but if you I gather are an observer on one side of the growth or the other your world appears to have an arrow of time because you're not really aware of the overall picture is that a way of describing it that's at that stage and that's the stage we got to 10 years ago now um as I was writing the Janice point I became much more interested in the very special there are very special Solutions which are much more remarkable now these have 47:02

been known about for about 30 years they're called total Collision Solutions now there are Newtonian Solutions where you have the shape that the the particles form is changing but then they're very special and it can happen that all the particles come together in a very special way and they all Collide at once at the center C of mass and that's called a total collision and there's a very special shape there and then if you time reverse that that's a Newtonian big bang and then instead of having this Janice Point situation you have a very special situation at uh at the start of that and then then it's like half of those Janis Point things so you start with a very special State and then the the the again all these cap Pairs and form and that is I'm I'm really only getting clear on 48:03

this I would say so Newton when he created Dynamics he introduced the concept of absolute space and absolute time and with absolute space comes a notion of absolute scale so then what I'm now arguing is I'm now going to say that Newton got one thing absolutely two things absolutely right his second law of motion and the gravitational force law but he introduced extra structure which was like putting well let me say it was like putting angels in a prison absolute space and time and scale so they couldn't do so that the Universe couldn't do what it wants to do and so I say let's look at all the solutions that Newton Theory but only but throw away all of those 49:00

which are contaminated or have been put in prison by his absolute space time and scale and then what is left is just these very special Solutions no other Solutions than these ones that start they are actually maximally Orting they are remarkably like a past hypothesis because they're very very uniform they're not perfectly uniform there are always some non-uniformities in them and then they go off in a very special way and basically they will start more or less in thermal equilibrium but nevertheless following a very particular course and then they will will go on and I think this is potentially very very interesting and it's I would say there's miraculous things in Newtonian Theory which are only now coming to light and so would it be a way of

**Past Hypothesis and Newtonian Physics**

50:00



summarizing it whereas the conventional story that many of us have been telling requires that we make this Assumption of the so-called past hypothesis and again just that the audience is completely aware of what the terminology means that is the assumption that in the distant past we were in a state of high order very low entropy allowing us to then degrade to higher entropy as we head toward the future you would want to say that you don't really need to make that assumption per se because it's a natural dynamical consequence at least in Newtonian theory that you would find yourself in that state and then from there things would degrade to higher disorder from that point is that a reasonable summary no no no no they the the there would be no degradation it would just be getting ever better ordered all the way it would be the the Universe would start with uh I would make the distinction between uniformity and

51:03

structure or variety so the so the picture that I have now is the universe starts at its most uniform shape that it can possibly have it's not perfectly uniform there'll always be certain uh differences and then it will go and get more and more structured uh more and more varied and and I would say there are sort of nuggets of variety which form these are my Kepler pairs um and so this so we're now showing what it would look like now this is in two Dimensions uh and uh this is what the if it was a two-dimensional Newtonian Big Bang this would would look what the big bang would look like now the you will see that the density of the particles this is a thousand particles the density of the particles is increasing from the center to the rim now if that were done in three dimensions that would be an

52:04

incredibly perfect sphere uh it wouldn't be completely uniform but it would be a very uniform density with a perfect spherical rim and that's a very wonderful property of Newtonian Theory solely in Newtonian gravity it's Newton's potential theorem it's what explains why the Sun and the moon the celestial bodies are spherical and it's a it's a very interesting property so basically uh what you're seeing there is is uh Newtonian gravitational forces pulling it towards

**(09)-** v souhrnu, ale pokud se domnívám, že jste pozorovatel na jedné straně růstu **čeho?** nebo na druhé, váš svět se zdá být šípem času, protože si ve skutečnosti neuvědomujete celkový obraz, je to způsob, jak jej popsat to je v té fázi a to je fáze, do které jsme se dostali před 10 lety, teď, když jsem psal bod Janice, začal jsem se mnohem více zajímat o velmi speciální, existující velmi speciální řešení, která jsou nyní mnohem pozoruhodnější. **Je tu někdo kdo tomu rozumí a chápe to?...**

47:02

o kterých se ví asi 30 let, říká se jim totální kolizní řešení, **takže se už 30 let ví o "totálním kolizním řešení", no a čeho?...** nyní existují newtonovská **řešení, kde máte tvar**, že se tvar částic mění, **no, mám tvar, a ten je newtonským řešením...čeho?** ale pak jsou velmi zvláštní a **může se stát**, **může se stát i to, že se na Komorní Hůrce (to je u Aše v západních Čechách) otevře zem vyvalí se kouř a vyleze čert a dělá brm, brm, brm ... že se všechny částice spojí ve velmi zvláštním způsobem** a všechny se srazí najednou ve středu hmoty C **a tomu se říká totální srážka a je tam velmi zvláštní tvar ( má dva rohy)** a pak, když **to otočíte** časem, je to newtonovský **velký třesk** **úúúúžasný. Tak tomu se musí říkat „nová věda“ !!** a pak místo toho, abyste měli situaci s **Janice Pointem** **u té Komorní Hůrky...** máte velmi zvláštní situaci na



začátku **toho** a pak je **to** jako polovina **těch** věcí Janis Point, takže **začnete** s velmi zvláštním stavem a pak znovu všechny tyto páry čepic a forma **a to je já** jsem Opravdu mám jen jasno 48:03

řekl bych to tak Newton, když vytvořil Dynamics, **zavedl** koncept absolutního prostoru a absolutního času a s absolutním prostorem přichází pojem absolutního měřítka, takže teď argumentuji, že teď řeknu, že Newton jeden dostal naprosto dvě věci jsou naprosto v pořádku, jeho druhý pohybový zákon a zákon gravitační síly, ale **zavedl** zvláštní strukturu, která byla jako dát dobře dovolu mi říci, že to bylo jako umístit anděly do vězení absolutní prostor, čas a měřítka, aby to nemohli udělat, že Vesmír nemohl dělat, co chtěl, **to je unáikátní slohová práce ... a tak říkám, pojďme se podívat na všechna řešení, která Newtonova teorie, ale všechna ta zahodíme to je čeština jako kopyto...**

49:00

kteřé jsou kontaminovány nebo byly uvězněny jeho absolutním časoprostorem a měřítkem, a pak zbyla jen tato velmi speciální Řešení, žádná jiná Řešení než ta, která začínají, jsou ve skutečnosti maximálně Ortingova, jsou pozoruhodně jako minulá hypotéza, protože jsou' jsou velmi velmi stejnoměrné, nejsou dokonale rovnoměrné, vždy jsou v nich nějaké nestejnomyěrnosti a pak se rozběhnou velmi zvláštním způsobem a v podstatě začnou víceméně v tepelné rovnováze, ale přesto sledují velmi konkrétní průběh a pak budou pokračovat a myslím, že je to potenciálně velmi zajímavé a řekl bych, že v Newtonovské teorii jsou zázračné věci, které teprve nyní vycházejí najevo, a tak by to byl způsob Minulá hypotéza a Newtonovská fyzika

50:00

shrňme-li to, **Ano, shrňme to: je to o hovně a stojí to za hovno... (co vytváří čas jsem se nedozvěděl)**. **Dál mi opadla chuť číst** zatímco konvenční příběh, který mnozí z nás vyprávěli, vyžaduje, abychom učinili tento předpoklad takzvané minulé hypotézy a opět jen to, aby si publikum bylo zcela vědomo toho, co tato terminologie znamená, že je předpoklad, že v dávné minulosti byli ve stavu vysokého řádu velmi nízké entropie, což nám umožnilo degradovat na vyšší entropii, když směřujeme k budoucnosti, chtělo by se říci, že tento předpoklad sám o sobě skutečně nepotřebujete, protože je to přinejmenším přirozený dynamický důsledek v newtonovské teorii, že byste se ocitli v tomto stavu a odtud by se věci od tohoto bodu zhoršovaly na vyšší nepořádek, je to, že rozumné shrnutí ne ne ne ne tam nebude žádná degradace, jen by se to stále lépe uspořádané jak by to bylo, vesmír by začínal u,

51:03

struktura nebo rozmanitost, takže obraz, který teď mám, je vesmír začíná ve svém nejjednodušším tvaru, jaký může mít, není dokonale jednotný, vždy budou určité rozdíly a pak to půjde a bude stále více strukturované, u, stále rozmanitější a řekl bych, že existují jakési nugety rozmanitosti, které tvoří toto jsou moje Keplerovy páry u a tak toto, takže teď ukazujeme, jak by to teď vypadalo, tohle je ve dvou dimenzích u a u tohle je to, co pokud byl to dvourozměrný newtonovský velký třesk, vypadalo by to, jak by teď vypadal velký třesk, uvidíte, že hustota částic toto je tisíc částic hustota částic se nyní zvyšuje od středu k okraji kdyby to bylo provedeno ve třech rozměrech, bylo by to an

52:04

neuvěřitelně dokonalá koule, nebyla by úplně stejnoměrná, ale byla by to velmi stejnoměrná hustota s dokonalým sférickým okrajem a to je velmi úžasná vlastnost Newtonovy teorie pouze v Newtonově gravitaci, je to Newtonův potenciální teorém, to vysvětluje, proč Slunce a

Měsíc nebeská tělesa jsou kulovitá a je to velmi zajímavá vlastnost, takže v podstatě to, co tam vidíte, je uh newtonovské gravitační síly, které táhnou to směrem

.....

the uh the center but at the same time there are repulsive forces so-called hook forces pushing it apart so it's holding it in Balance um but then uh uh in those hook forces aren't really there uh so so the Newtonian Theory they would collapse uh

53:01

but um then you you just run time the other way and you you get a situation where you start looking like that and then you just get ever more structured uh and and ordered into the future to it was Fineman who first said about the past hypothesis he said to explain the second law of Thermodynamics you have to assume that something is added to the known laws of nature which is not part of the known laws of nature to have that special condition in the past and that's what David Albert uh I you probably know him in he's in New York like you uh has called the past hypothesis so what we saying is that if you actually just look at the essential core of Newtonian Theory you don't need a past hypothy it's sitting there in Newton's Theory and it was disguised by Newton introducing his ideas of absolute space time and absolute came in with absolute scale but I'm confused on on one point

54:02

so I obviously it's very appealing to have the conditions that we impose by Fiat calling it the past hypothesis is just a fancy way of saying we don't really understand how it came to be but we're going to demand that there was a time in the distant past that was highly ordered your approach is saying that's a natural consequence of of Newtonian physics but from there wouldn't you then in aggregate talk about a drive toward greater disorder from that point if you're including both the matter degrees of freedom and the gravitational degrees of freedom or would you want to deviate from that part of the conventional story as well that that part I didn't understand what is what is really happening is as these uh what I call these nuggets of variety so the the great thing about uh Newtonian gravity and also general relativity which is very in many ways is very close to Newtonian gravity uh um you you get

55:04

clusters form and when clusters are formed that is essentially creating the conditions of a steam engine so uh a very good example of this is globular clusters so globular clusters these things with a million stars uh beautiful things um they would they are eff effectively thermodynamic systems and some and you can more or less Define an entropy for them so we don't quite know how they form but they have some sort of entropy and then they sort of heat up in the center and things like that uh and there is a a beautiful theory of them but in fact actually bit by bit they evaporate and as they evaporate uh this quantity which we call the complexity so there's a key quantity which is not the Newtonian gravitational potential but it's the gravitational potential multiplied by the quantity which defines the size of the system so it's a scale

56:03

invariant quantity and that gets ever more structured and and so that's what's really going on so but when these clusters form they have a for a short for a period a certain period of time they behave to a very good approximation thermodynamically so I would say that thermodynamics is an emergent law of nature which is has exists in a localized uh sort of what you can you get an approximation to a thermodynamic system in a fin in a bounded region of space for a bounded length of time but it comes into existence and it it uh falls

apart and and so that's that I would say is is a is a very satisfactory State of Affairs so my view is that there is there is an overall law of the

57:02

universe and then there are emergent local laws of nature one of which is thermodynamics or the laws of thermodynamics and that the second law of Thermodynamics applies only transiently to for these systems that come into existence and then go out of existence and in the simplest case of the Newtonian uh nbody problem those Kepler pairs those are the ones that exist forever they are a little bit like black holes they form they never well uh unless quantum mechanics comes in which is a natural next question so the

### **Newton's Theory and General Relativity**

results that you made reference to I gather have their most solid foundation as you described it in Newtonian classical mechanics when you try to push the ideas to say general relativity to go beyond Newton's version of classical

58:01

Theory or to Quantum Mechanics how far can you push them to date I well this this is very much a conjecture but my conjecture is that um so first of all these very special Solutions you would never see that they could they would that this total Collision or the time reverse Big Bang you you can't if you just set up ordinary initial conditions and on a computer and evolve them you will never find them because it's it's you would have to be aiming with infinite accuracy so you can't get them and the conjecture and I emphasize it is a conjecture that I have at the moment is that really general relativity at the Big Bang starts off just like I've described and that it might just be that inflation is I mean inflation is a wonderful thing but they have an awful lot of difficulty

59:01

understanding how it starts so my my intuition my my hunch is that really if if you could do the same to general relativity there's there's an absolute scale in general relativity now let me come in with Einstein here because this is very interesting so the key Concepts which Einstein took over straight from minkovski are proper distance and proper time so these are absolute quantities these rely on a clock and a ruler outside the universe and already in 1921 Einstein was pointing out that he committed he did there's something not quite right with general relativity because he says there's two quite distinct things in general relativity there's the metric which gives you your special time your proper time and your proper distance and then brought in from

1:00:00

outside completely independently rods and clocks which rods

1:00:06

and clocks which measure them and then he comes back to that in his autobiographical notes at the end of his

1:00:13

life in 1949 where he says this is this is wrong he said I committed a

1:00:20

sin those rods and clocks should emerge out of the equations of was a theory not

1:00:27

brought in by hand like that but it was never done people

1:00:34

philosophers of science are aware of this this issue I mean that that that passage is often taken up now what is

1:00:40

interesting is we have shown exactly how this happens in in Newton's Theory the rods and clocks emerge within Newton's

1:00:47

Theory Newton's theory is such a good approximation to general relativity I think it's well I

1:00:53

mean it is happening in general if General relativity is the theory describing the universe that it is now

1:00:59

rods and clocks are forming all over the place naturally whenever a planetary

1:01:04

system is forming the these are rods and clocks or or even presumably one can also just talk about you know the

1:01:10

wavelength of radiation emitted in an atomic transition at one location versus

1:01:18

its measured value at another location those ratios that's a pure number and

1:01:24

that pure number is descri describing a scale factor by which say in our universe universe has expanded so isn't

### **Quantum Mechanics**

1:01:32

that an internal measure of size and how size can change

1:01:38

dynamically uh yes now but I'm not I hope I'm picking you up but let me come

1:01:43

in because I think what you said is something very important we we spoke earlier about cesium atoms and these

1:01:49

marvelous atomic clocks now they did not and they could not have existed in the

1:01:54

universe before the first Supernova exploded because that's what created the cesium

1:02:01

atoms so those rods and clocks did not exist until what is it at least 300,000 no

1:02:09

it's it's it's a I don't know quite how far it is into the universe but it's quite a long time by the way Heisenberg

1:02:17

was very skeptical about this idea of going all the way back to know exactly when the Big Bang was because he said

1:02:24

rods and clocks didn't exist then so that's pretty I think one really should think

1:02:30

about that so I I I come back to say and you can see this happening in the

1:02:36

Newtonian Theory those rods and clocks do not exist until the kep pairs are

1:02:42

formed B I'm just want Julian just want to push it a little bit further I I mean once you have quantum mechanics as part

1:02:49

of your fundamental description as well as say the general theory of relativity

1:02:55

you can build this length called the plank length out of the fundamental

1:03:00

constants and that seems to be a fundamental Rod that comes intrinsically

1:03:06

out of the theory against which all other lengths can be compared so isn't

1:03:12

that a fundamental Rod or length that comes directly from the theory itself

1:03:19

it's there's no doubt that it's meaning it it has meaning in the present epoch

1:03:25

I'm not so sure again I think it's questionable whether it had any meaning

1:03:32

before let me say though now the now you'll probably say Julian we better

1:03:37

stop this discussion because I'm now going to say well even my collaborator my

1:03:43

main collaborator and I are now really even beginning to wonder about quantum

1:03:48

mechanics whether whether it whether it whether there are wave punction and planks con

1:03:56

let me just say one thing about um well we've got there this's already a paper

1:04:02

by me out out on the archive um the thing that already puts a question mark

1:04:09

over quantum mechanics is the role of the planks constant Plank's constant is

1:04:15

a dimensionful number that's again presupposing rods and clocks outside the

1:04:20

universe so that's a first question and

1:04:27

perhaps we could let let me let me say what now so I've obviously been thinking about these things now you will know

1:04:34

about this the famous problem of time in general in in quantum gravity so back in

**The Wheeler-DeWitt Equation**

1:04:40

197 like wheeler dwit equation the wheeler dwit equation Bryce Bryce dwit wrote down what is now called the

1:04:47

wheeler dwit equation which is still used and discussed a great deal and the

1:04:53

extraordinary thing about that was that he had a wave function of the universe but it was just static it didn't change

1:04:59

uh and Bryce already suggested that the way

1:05:04

to resolve this apparent disappearance of time was to recognize that time is

1:05:09

always told by some something that's moving the hands of the clock must move to tell the time so he said we we take

1:05:17

one degree of Freedom one Motion in the universe and we say that is telling time

1:05:22

and then we see how uh the other degrees of freedom are changing relative to the

1:05:28

one we've chosen to be the clock and that's called an internal time and that

1:05:33

is still being explored now I mean every now and then papers come up on that now

1:05:40

when I was writing the Janice point I thought I was thinking a lot about I I

1:05:45

my my first book The End of Time was about it trying to make sense of it I suddenly thought what about this

1:05:52

quantity that that we call the complexity which is which is is really the quantity which is governing

1:05:57

Newtonian gravity what about saying that is time because that that grows secularly it it

1:06:06

fluctuates a bit but it grows almost linearly with Newtonian time it it

1:06:11

emerges and grows like that I said suppose that is an internal time so this

1:06:20

was an extremely conventional uh uh suggestion it's at

1:06:26

the end of chapter 18 in the Janice point if viewers like to look it up and

1:06:32

then uh so I have my concept of shape space so shape space is uh uh for a

1:06:39

certain number of particles it's all the shapes that they can have and then uh

1:06:46

these shapes will have certain values of the complexity there will be a minimum there will be just one shape which has

1:06:52

the absolute minimum that that's the shape of the big bang and then there are what I call isoc complexity surfaces

1:07:00

these are all the infinitely many shapes that have the same value of the



1:07:05

complexity so then I said let us call that time or shall we say the difference

1:07:12

of that complex take away the absolute minimum and that's the age of the shape

1:07:18

and then on on uh so taking that as time I then wrote down a completely conven

1:07:26

time dependent shinger equation where I used that time as the as the time but

1:07:33

there couldn't be a Plank's constant in it because it's not scaling variant so but it was completely

1:07:39

conventional I very soon realized that it would have a unique solution because

1:07:46

of this very special structure of of shape space that there's always this very special most uniform shape which I

1:07:53

called Alpha uh but then I got into discussion with

1:07:58

my collaborators uh Tim klovski and Flavia mccar so let me guess you're going to

1:08:05

say this gives you a measure a measure on shape space is that where this is this is going well it is yes so what

1:08:11

what it the the first step was we realized that this not only is the

1:08:17

solution unique but it it has the same value at all values at at on the iso

1:08:23

complex all the that have the same complexity so uh then

1:08:30

immediatly Tim Koslowski said yes that's not a trivial Theory because there's a probability measure on shape

1:08:37

space so uh so there's in

1:08:42

fact once you take out scale the key thing that I'm now saying

1:08:48

threedimensional scale invariance is the symmetry which has been ignored for

1:08:54

centuries and it if I'm right it has it has the potential I believe to

1:08:59

completely and utterly change physics and cosmology because it says that

1:09:05

there's probabilities for shapes so you say you still say that the complexity is

1:09:10

your internal time but then that will immediatly give you probabilities for

1:09:16

shapes now what was the wit trying to do he was trying to find probabilities not

1:09:22

for shapes in Newtonian Theory but the anal would be for configurations where there a scale as well but the key thing

1:09:30

is now we're getting probabilities for shapes and it's nothing we do it without

1:09:35

a wave function and we do it without Plank's constant and it's sitting there like

1:09:41

like a like a born density it's it's marvelous it all that would be a very

1:09:47

different way of of of doing physics and so it's certainly exciting to see that there are directions that are quite

1:09:54

different from the mainstream that are being developed and have a chance of perhaps succeeding it' be great to see

1:10:00

have this all unfolds in time but as our time is running short there are two things that I wanted to get to related

1:10:07

to the conversation that we've had so far which is when one talks about

### **Barbour's view of how complexity arises in the Universe**

1:10:14

complexity people have struggled over the course of a long period of time to find a rigorous definition of

1:10:22

complexity we kind of know it when we see see it there are systems that look

1:10:28

very simple there are systems that look very complicated and therefore we kind

1:10:33

of know that there is some notion of complexity your notion of complexity

1:10:39

that you have defined I know there's a rigorous mathematical articulation of it

1:10:45

in terms of you know the small scale separations of particles versus the large scale separation of particles in

1:10:52

in your shape space we don't have to go into the mathematics of it but it's a combination of those two considerations

1:10:58

that you use to define mathematically some notion of complexity your

1:11:04

definition of complexity as you've described it though qualitatively speaking as you noted it it

1:11:10

monotonically increases and in that way can be used as a clock my

1:11:17

intuition about complexity doesn't do that I'm wondering if you can help me

1:11:22

Square the two if I take a you know the the canonical very simple system if I

1:11:28

just you know have milk that I pour into coffee right initially it's it's pretty

1:11:34

simple I've got you know uniform coffee I've got uniform milk if I then pour the

1:11:40

milk in if I wait long enough it also gets pretty simple it's just this you know brownish liquid which is pretty

1:11:48

uniform not much structure in there not much complexity but it's in the

1:11:53

transition between the two that I find complexity where I've got tendrils of milk that are winding their way through

1:12:01

the coffee and it's that intermediate step where there's structure so the

1:12:06

intuition that I have from that simple example and in many other examples is you know we start with low complexity we

1:12:13

go to High complexity and then we come back down to low complexity you presumably want to

1:12:20

disabuse me of that intuition with this other notion of complex that it always

1:12:26

increases can you help me Jive match those two in some way that will make my

1:12:32

brain embrace them both well it's it's it's again exactly the same with the

1:12:38

steam engine because the uh when you're talking it's quite correct what you're saying about uh stirring the cream in

1:12:45

the coffee and and uh very nice it is too but of course you've always got the coffee in the mug so that's actually the

1:12:52

the the cylinder of the steam engine so that may be the way to think about how complexity arises in in the universe so

1:12:59

the way I think about it is to say given just points in ukian space

1:13:07

what scale invariant number characterizes the extent to which

1:13:13

they're either uniformly distributed or clustered and that number if it's to be

1:13:19

scal invariant it must be a ratio of two lengths and it must take them into account all on an equal footing and

1:13:27

there's really only the two simplest sensible candidates are what are called

1:13:32

the root mean Square length that's the quantity which measures the size of the Newtonian system and the other one is

1:13:38

the mean harmonic length which very interestingly is the inverse of the Newton gravitational potential so you

1:13:45

take the ratio of those and so the mean harmonic length the mean root mean

1:13:51

Square length is the average of the long sizes and the mean harmonic length is the average of the short sizes so you've

1:13:58

got the long divided by the short and that is what we what I call our

1:14:05

complexity and it's extraordinarily interesting quantity now amazingly that

1:14:10

is the essential irreducible core of Newton's theory of universal gravitation

1:14:16

if that isn't striking I don't know what is uh and liet I already said liet says

1:14:22

that if there's no Variety in the world you can't say nothing so just Define

1:14:28

Variety in terms of points in space and you've got the absolute essence of

1:14:35

Newtonian Universal gravity and so what does the far far future of the universe

1:14:40

look like to you I mean most of us you know especially taking into account modern cosmology let's assume that there

1:14:47

is some dark energy as the observations at least seem to suggest we imagine the

1:14:53

far future of the universe black holes have evaporated through the Hawking process stars have long since either

1:15:00

been swallowed up by black holes or they've disintegrated we just have a bath of particles wafting through this

1:15:06

ever expanding universe is that the vision of the

1:15:11

future that you have as well uh no well first of all let me

1:15:18

really say this is well everything I've said is conjectural of course everything in science is conjecture it can always

1:15:24

be over thr the key thing is I mean what sounds so horrendous with this accelerated

1:15:31

expansion of the universe going on forever is that everything gets diluted because it's it's it's spread out but

1:15:39

then you're forgetting scale invariance so it's really the shape that count so the the dilution has no meaning at all

1:15:46

in this context so it's really the the structure that forms so the cosmic web

1:15:51

now uh is is a better way to think about it but the you just imagine that you

1:15:57

could either blow up the cosmic web but leave all the structure the key thing is the structure so my conjecture is is

1:16:07

that there isn't a heat death in the future but that there that the Universe gets ever more structured and

1:16:14

potentially ever more interesting uh that's a very

1:16:20

big guess very big hope but I would say if it's right this is going to get rid

1:16:28

of I mean the discovery of thermodynamics cast a PA over the whole

1:16:34

of this thinking with with the notion of heat death the heat death was coined within two or three years of of the

1:16:41

discovery of the laws of thermodynamics I would say we we may we

1:16:47

may be able to change that I think at the very I what at the very least I hope people will start questioning these

1:16:52

things because I say it is staggering that people just didn't ask these questions before so there this are we in

1:16:59

a box is that the right way to think about it uh what are the implications of

1:17:06

three-dimensional symmetry three-dimensional scale invariance they're very very far reaching and they

1:17:12

they do play a very important it does a generalization of it to three-dimensional conformal invariance

1:17:18

is very important in general relative not four-dimensional but three-dimensional that's in that work of

1:17:24

your ameru on the initial value problem in general relativity right and again Ju Just for the audience I mean the idea of

1:17:31

scale invariance is an idea that many people have thought about there are reasons to suspect that it's not a

1:17:38

fundamental symmetry of the universe at all times there are scales in the universe I mean Roger Penrose recently

1:17:46

has argued that you know near the big bang and say near the heat death we

1:17:52

might we just might have scale invariance emerging a new which has allowed him to come up with his

1:17:59

conformal cyclic cosmology I don't know if you have any thoughts about that but it's not at all clear that scale and

1:18:05

variance should be a fundamental symmetry at all times throughout our three-dimensional Universe right I mean

1:18:12

that too is is part of the conjectural Assumption from which your work emerges

1:18:17

yeah well all I would say I mean I have discussed these things with with Roger

1:18:23

several times and we're not going to agree uh but

1:18:28

uh all all I I mean as I say it's conjecture what I'm putting

1:18:34

forward but I I I'm certainly very confident that certain really key issues

1:18:39

have been monumentally ignored through the history of of physics and I just

1:18:47

hope people will take them seriously and and let's see what comes out of it at the end uh critical in this is also

1:18:55

uh how Infinity comes into it I mean there's a paper on complexity that I and

1:19:00

a couple of collaborators uh will be submitting to the archive and a journal fairly soon uh where I start developing

1:19:09

ideas about infinitely many particles the Newtonian nbody problem always has a

1:19:14

finite number of particles but I am beginning to see ways to make infinitely many particles and that rather nicely

1:19:21

does begin to match up with modern cosmology with the idea of an infinite

1:19:27

flat universe three-dimensionally flat universe so um there's hope there it

1:19:32

sounds quite exciting but it's before we wrap up I did want to spend just a couple minutes on on one final topic

### **Barbour's view of human perception of time**

1:19:39

perhaps a little bit less Technical and more sort of human in its question which

1:19:46

is we started out with your notion of shape space that particles at a given

1:19:52

instant have one or another relative configuration to each other of course

1:19:58

you gave the simple example of a three particle Universe just as a toy model so that we could all wrap our heads around

1:20:03

it we can extrapolate that of course to the world around us I mean every moment we are aware of a configuration of

1:20:10

particles in the world around us and you consider those to be little I guess the

1:20:16

language that you have used in some of your books is time capsules you know a moment in time a moment in time and yet

1:20:23

somehow our Human Experience is not discrete moments our Human Experience

1:20:30

ties those all together into some continuous Evolution and people have

1:20:36

worried for a long time where does that experience of this flow of time come

1:20:42

from now many of us have come to the conclusion I'm interested in your perspective that that's a very human

1:20:50

phenomenon it's a very psychological phenomenon perhaps there is some reason for it in evolutionary history that our

1:20:57

brains have been able to wend these all together into this film from the snap

1:21:03

shops I is there anything more to it than that I mean does your work suggest that that is the right way of thinking

1:21:09

about it that the mind just somehow builds the film out of the snap shops or is there something deeper to

1:21:16

it uh that that's very much and and I think there's something in support of it so when I wrote the end of time I I

1:21:24

could suggested that when we see a king fisher in Flight what is really in our brain is

1:21:32



really sort of say six or seven snapshots of the King Fisher and the Brain plays the movie for us now uh uh

1:21:41

the end of time was read by a very interesting lady uh Kathleen gray who

1:21:47

got in touch with me uh and she was uh one of these people who uh at that stage

1:21:54

did not experience life continuously but as a series of snapshots and in fact so

1:22:00

extreme in her case that she would get the snapshots in the wrong order so she couldn't even cross a road safely

1:22:08

because uh the snapshots were coming she would see a car going away from her when it was coming towards her and she was

1:22:14

then introduced to Oliver Sachs who got her medication which cured her and at

1:22:20

about the same time I got an email from an American Veteran who had the same problem he'd had an injury a brain

1:22:27

injury and he too was seeing uh uh the things of snapshots and the Army said

1:22:35

they would do surgery on him but his mate had said don't let him cut you so he said he was living with it uh and the

1:22:43

I think I keep meaning to check it again I think Oliver Sax's last book was stream of Consciousness he refers to

1:22:51

research which is supporting that so there is a name for that phenomenon um

1:22:58

and I you might I somewhere in the house I can't find it is I've got Oliver sax

1:23:04

yeah know I do too um yes but have a look at that one it's say the stream of

1:23:09

Consciousness but also somebody I got an email from uh someone saying oh by the

1:23:15

way your idea's been confirmed by some research in Paris so I looked at it and

1:23:21

it seemed to suggest it so my my son in Paris is a brain physiologist so I said

1:23:26

does this look okay to you he said well the experiments a bit bit not totally

1:23:31

clean but it looks okay and by the way these guys are in my Institute they e call noal uh but Brian can I just come

1:23:39

back one thing about that that plank length these were discovered by um uh so

1:23:46

after my collaborators and I had discovered had realized that there would be this probabilities of shap Apes uh I

1:23:56

had already worked out that there would be a high probability that all the smallest separations in in these uh

1:24:04

configurations would be of the same size um that I won't go into the argument

1:24:11

it's it's it's quite nice it's it's an addition to boltzman and this is this is

1:24:16

confirmed they they are they do turn out so basically and it's well it's a

1:24:22

statistical argument How would you get from that most uniform shape to one uh

1:24:29

this one well you you you've got to uh you've got to increase the

1:24:34

complexity you can do that by putting just two or three particles closer to

1:24:39

each other but then you will find uh but then you realize there are infinitely

1:24:45

more ways to increase the complexity by putting a whole lot at about the same

1:24:51

separation to each other so that led me to predict before this discovery was

1:24:56

made by the student Manuel ISO in Paris in it's three years ago he made

1:25:04

this discovery these extraordinary filaments this was a significant Discovery in in Newton's theory of

1:25:09

gravity um and if you look at them you see that all the smallest separations

1:25:15

are the same so in some senses something very like a plank length is coming

1:25:20

straight out of of this notion so I think it is it is pretty interesting that is fascinating but just so I fully

1:25:27

understand so this is a start a simulation that starts with some number of Newtonian mutually gravitating

1:25:34

particles and when evolved in the right way yields this kind of filamentary

1:25:39

structure as one of the dynamical outcomes of that starting point it would

1:25:45

it would be this is a very special one this could be this could be a possible start of a big bang but something very

1:25:52

like it would would come out the one which was very uniform would be the big

1:25:57

bang itself and then relatively soon after this you would get uh something like this uh and if we go to the one

1:26:05

where there's 12 uh of these slides you you see so so top left you will see

1:26:11

there there's a one that's completely uniform and then you see the structure growing the complexity is just

1:26:17

increasing by the way you see this is the complete opposite of entropy increasing uh or you go from uniformity

1:26:25

to interesting structure the the universe just gets ever more interesting

1:26:31

but but jul I know we're we're we're running low on time but I do want to just make one point so the more

1:26:37

conventional physicist description would be sure in a non-

1:26:44

gravitating system that would be a strange set of pictures to go from you

1:26:50

know uniformity to less uniformity to go from high entropy to lower entry but in

1:26:56

a gravitating system we normally say gravity does of course cause clustering

1:27:02

and indeed if you take your advice and don't only think within the Box in a

1:27:08

real gravitating system as particles cluster energy and radiation are

1:27:13

released and if you take into account the entropy that that released radiation gives to the wider environment compared

1:27:21

to the entropy that goes down for the filament or clustered structures and overall the entropy does go up you just

1:27:28

have a sort of two-step process where the entropy goes down in the structured part it goes up in the external world

1:27:35

and on overall balance when you do the calculation the overall entropy does go up so it doesn't feel to me so counter

1:27:43

to my entropic intuition to see gravity yielding structure well yes and no if I

1:27:49

may uh I I will go back to uh if I may say so it begs the question of how you

1:27:57

define entropy for the universe and uh I think I can rely on

1:28:04

Gibbs who says it you can't if the system can expand into Infinite

1:28:09

Space the notion of entropy loses its meaning yeah but I guess in many of

1:28:14

these systems I can sort of still put it in a bigger box so long as I'm assured

1:28:20

that the system I'm studying the radiation will be captured within that box that's that's perhaps all that I

1:28:27

need to make it rigorous mathematically but of course the point you're making is it deep one and a subtle one trying

1:28:33

to apply these ideas to a completely open expanding system is difficult mathematically to do this is enforcing

1:28:40

the validity of the law of thermodynamics by Brute Force by putting in something which cannot be there I

1:28:46

mean step Hawking did this he he wanted to see about the equilibrium between a

1:28:52

black hole and the radiation that gives off say puts a big box around it this is

1:28:57

I mean it it's just come off it tell that to the Marines it's just unbelievable idea who's going to find

1:29:05

that out in the universe out there that's been put there by a theoretician who wants to maintain the second law of

1:29:11

Thermodynamics and and it works remarkably well of course as an idealized context within which to do the

1:29:18

calculations but but your your point is well taken we certainly would like to go beyond those kinds of non-physical

1:29:26

approximations but they do a a wonderfully good job at getting answers that that seem to work incredibly well

1:29:34

but in any eventually it's been a fascinating conversation covering you know issues of the hour of time the

### **Conclusion**

1:29:40

growth of complexity the growth of entropy and as well the psychological phenomenon of the flow of time and I

1:29:48

just wish you well in your continuing studies of this most mysterious concept

1:29:54

the concept of time thank you for joining us was great Brian yes I look.

1:29:59

forward to further discussions absolutely thank you so much [Music]

JN, 03.02.2025 Barbour mě strašně zklamal...