

<https://www.youtube.com/watch?v=pn3euL8Tbfw&t=1213s>

## How Big Is The Universe?

### Jak velký je vesmír?



#### [Cool Worlds](#)

696 tis. odběratelů

2 220 709 zhlédnutí 10. 6. 2021 [#CoolWorlds](#) [#InfiniteUniverse](#) [#HowBigIsTheUniverse](#)

Já 14.03.2023 kom

Is the Universe infinite? Or does it somehow fold in on itself? And if so in what shape? Join us today as explore the size of the Universe. Written and presented by **Prof David Kipping**, with special thanks to cosmologist **Prof Colin Hill** for fact checking. You can support our research program and **the Cool Worlds Lab at Columbia University**:

<https://www.coolworldslab.com/support> Get Stash here! <https://teespring.com/stores/cool-wor...> Thank-you to our supporters T. Widdowson, D. Smith, M. Sloan, L. Sanborn, C.

Bottaccini, D. Daughaday, A. Jones, S. Brownlee, M. Lijoi, Z. Star, T. Zanjong, C. Wolfred, F. Rebolledo, L. Skov, E. Wilson, M. Elliot, B. Daniluk, J. Patrick-Saunders, M. Forbes, S. Vystoropyskiy, S. Lee, Z. Danielson, C. Fitzgerald, V. Alexandrov, L. Macchia, C. Souter, M. Gillette, T. Jeffcoat, H. Jensen, F. Linker, J. Rockett, N. Fredrickson, B. Mlazar, D. Holland, J. Alexander, E. Hanway, J. Molnar & I. Sandaljian.

0:18

**(01)-** In 1823, German astronomer **Heinrich Olbers** looked up at the night sky and saw darkness. He wondered, if the universe were infinite and eternally static, surely the night sky should shine with the light of infinite stars - a dazzling brilliant sky. Olbers' paradox was so compelling that many considered it proof of a finite universe, a cosmos that at some point simply ends. It wasn't until a century later, when Edwin Hubble observationally established the reality of an expanding universe, that Olber's paradox was firmly solved - Olber's second assumption was wrong, the universe is not static. But what does modern astronomy have to say about the size of the universe though? Is it finite and if so does that mean there's an edge? Or, could be infinite? An endless ocean of space, with challenging philosophical consequences if so. How big is the universe? It's the sort of question that a child often asks when they first encounter the concept of space, and yet, it is one which continues to perplex and haunt astronomers. It's often said that studying the cosmos is a humbling experience, for whilst early thinking considered the Earth Sun and Moon to be the de-facto universe, our modern understanding establishes one that it is unimaginably larger. At each stage in science's journey of revelation, humanity has had to swallow another great demotion, quietly ushered down to an ever lower seat in the great cosmic hierarchy. These demotions began with in the 16th century with Copernicus and Kepler, challenging the geocentric view of their time and revealing that Earth is just another planet. Next, in 1838, Freidrich Bessel pioneered

the parallax method to measure the distance to the star 61 Cygni - a staggering distance of more than 10 light years, or approximately 100 trillion km. In 1920, famed astronomers Harlow Shapley and Heber Curtis debated at the Smithsonian Museum of Natural History as to whether distant nebulae were small clouds on the outset of our galaxy or entirely separate galaxies far further away. Soon after Edwin Hubble established that Curtis was right by proving that Andromeda was in fact far outside of the Milky Way galaxy, at a distance of 2.5 million light years. Equipped with far superior telescopes, modern astronomy has pushed our observations to distances unimaginable even to these pioneering astronomers. For example, look at this image. It is one of the most incredible photos ever taken. You are looking at the most distant galaxy ever observed, GN-z11. This galaxy is so far away, that the light forming this image left it 13.4 billion years ago. A photographic time machine. The Universe itself was just a few hundred million years old at this time, and so GN-z11 is a glimpse at what the first galaxies to ever form looked like. If we could see GN-z11 as it is now, it would probably be unrecognizable, and in fact likely have merged with other galaxies along the way. GN-z11 is estimated to be 32 billion light years away from Earth. At first, this seems impossible, if the light left 13.4 billion years ago, surely it's 13.4 billion light years away. But that's again falls into Olber's fallacy, the universe is not static. In fact, GN-z11 has been hurtling away from us ever since the light from this image left, or more accurately I should say space has been expanding, and so a correct calculation of its current distance needs to account for that fact. Objects like GN-z11 can thus be thought of as establishing a minimum size of the Universe. But, given that it's 13.4 billion years old, and the Universe is 13.8 billion years old, then surely it should be possible to image an object that's even older and thus further away and that would extend this minimum size yet more. It's at this point it's useful to talk about two distinct concepts. The visible universe and the observable universe. Neither of these really have anything to do with telescope capabilities but rather true limits dictated by spacetime. The observable universe would be the distance to an object that was present at the very dawn of the universe itself and whose light was now just reaching us. Of course the universe didn't have any stars or galaxies at the very beginning so there are no objects to detect. Nevertheless, based on the expansion rate of the universe, as measured using telescopes like ESA's Planck mission, we estimate that this distance would be 45 billion light years away. If something was further away than this, there simply wouldn't have been enough time yet in the universe for it's light to reach us. We often say such objects lie beyond our horizon, like a ship that has dipped below the ocean's horizon. There's simply no way to see them whether they exist or not. In fact, the horizon of the observable universe has a special name - the particle horizon. The visible universe is actually subtly different from this. For the first few hundred thousand years after the Big Bang,

.....

**(01)-** V roce 1823 se německý astronom Heinrich Olbers podíval na noční oblohu a uviděl tmu. Uvažoval, jestli je vesmír nekonečný a věčně statický, určitě by noční obloha měla zářit světlem nekonečných hvězd – oslnivě zářivá obloha. Olbersův paradox byl tak přesvědčivý, že jej mnozí považovali za důkaz konečného vesmíru, kosmu, který v určitém okamžiku jednoduše končí. Až o století později, kdy Edwin Hubble pozorováním zjistil realitu rozpínajícího se vesmíru, byl Olbersův paradox pevně vyřešen – Olbersův druhý předpoklad byl špatný, vesmír není statický. Co však moderní astronomie říká o velikosti vesmíru? Je to konečné a pokud ano, znamená to, že existuje hrana? Nebo může být nekonečný? Nekonečný

oceán vesmíru, s náročnými filozofickými důsledky, pokud ano. Jak velký je vesmír? Je to druh otázky, kterou si dítě často klade, když se poprvé setká s pojmem vesmír, a přesto je to otázka, která astronomy stále mate a straší. Často se říká, že studium vesmíru je pokořující zkušenost, protože zatímco rané myšlení považovalo Zemi, Slunce a Měsíc za de-facto vesmír, naše moderní chápání zakládá ten, že je nepředstavitelně větší. V každé fázi cesty vědy za odhalení muselo lidstvo spolknout další velkou degradaci, tiše vrženou dolů na stále nižší místo ve velké kosmické hierarchii. Tyto demolice začaly v 16. století Koperníkem a Keplerem, zpochybnilo geocentrický pohled na jejich dobu a odhalily, že Země je jen další planeta. Dále, v roce 1838, Friedrich Bessel propagoval metodu paralaxy k měření vzdálenosti ke hvězdě 61 Cygni - ohromující vzdálenost více než 10 světelných let, tedy přibližně 100 bilionů km. V roce 1920 slavní astronomové Harlow Shapley a Heber Curtis diskutovali v Smithsonian Museum of Natural History o tom, zda vzdálené mlhoviny jsou malá oblaka na počátku naší galaxie, nebo jsou zcela oddělené galaxie daleko vzdálenější. Brzy poté, co Edwin Hubble zjistil, že Curtis měl pravdu, když dokázal, že Andromeda byla ve skutečnosti daleko mimo galaxii Mléčná dráha, ve vzdálenosti 2,5 milionu světelných let. Moderní astronomie, vybavená daleko lepšími dalekohledy, posunula naše pozorování do vzdáleností nepředstavitelných ani pro tyto průkopnické astronomy. Podívejte se například na tento obrázek. Je to jedna z nejneuvěřitelnějších fotografií, jaké byly kdy pořízeny. Díváte se na nejvzdálenější galaxii, která byla kdy pozorována, GN-z11. Tato galaxie je tak daleko, že světlo tvořící tento snímek ji opustilo před 13,4 miliardami let. Fotografický stroj času. Samotný vesmír byl v této době jen několik set milionů let starý, a tak GN-z11 je letným pohledem na to, jak vypadaly první galaxie, které se kdy vytvořily. Pokud bychom viděli GN-z11 tak, jak je nyní, bylo by pravděpodobně k nepoznání a ve skutečnosti by se cestou pravděpodobně sloučilo s jinými galaxiemi. Odhaduje se, že GN-z11 je od Země vzdálena 32 miliard světelných let. Zpočátku se to zdá nemožné, pokud světlo odešlo před 13,4 miliardami let, **jistě je to 13,4 miliard světelných let daleko**. Ale to opět spadá do Olberova omylu, vesmír není statický. Ve skutečnosti se GN-z11 od nás řítí pryč od té doby, co světlo z tohoto snímku opustilo, **nebo přesněji bych měl říci, že se prostor rozpíná**, a tak **správný výpočet** jeho současné vzdálenosti musí tuto skutečnost zohlednit. **Objekty** jako GN-z11 lze tedy považovat za stanovující minimální velikost vesmíru. Ale vzhledem k tomu, že **objekt je starý 13,4 miliardy let** a **vesmír je starý 13,8 miliardy let**, pak by jistě mělo být možné zobrazit objekt, který je ještě starší a tedy vzdálenější, a který by tuto minimální velikost ještě prodloužil. V tuto chvíli je užitečné **mluvit o dvou odlišných pojmech. Viditelný vesmír a pozorovatelný vesmír**. Ani jeden z nich nemá nic společného se schopnostmi dalekohledu, ale spíše skutečnými limity diktovanými časoprostorem. Pozorovatelný vesmír by byla vzdálenost k objektu, který byl přítomen na samém úsvitu samotného vesmíru a jehož světlo k nám právě dolétalo. Vesmír samozřejmě na samém začátku neměl žádné hvězdy ani galaxie, takže neexistují žádné objekty, které by bylo možné detekovat. Nicméně **na základě rychlosti rozpínání** vesmíru, **měřené** ????? **Rychlost kvasaru (na hraně pozorovatelnosti) měříte „jak“ ?** pomocí dalekohledů, jako je mise ESA Planck, **odhadujeme**, že tato **vzdálenost** by byla 45 miliard světelných let daleko. Pokud by bylo něco dále než toto, jednoduše by ve vesmíru ještě nebylo dost času, aby k nám světlo dorazilo. **Zrekapitulujeme: vzdálenost kvasaru odhadujete a...a rychlost rozpínání vesmíru měříte!!!** Často říkáme, že takové objekty leží za našim horizontem, jako loď, která se ponořila pod horizont oceánu. **Jednoduše neexistuje způsob, jak je vidět, zda existují nebo ne.** Ve skutečnosti má horizont

pozorovatelného vesmíru zvláštní jméno – horizont částic. Viditelný vesmír se od toho ve skutečnosti jemně liší. Prvních několik set tisíc let po Velkém třesku

---

**(02)-** the universe was so hot it was an ionized plasma which essentially acted like a thick fog. Light couldn't traverse the universe without interacting with one of these ions. It's only when the universe cooled enough for atoms to form, clearing the fog away in an epoch known as re-ionization, that light can freely travel. So the visible universe is a little bit smaller than than observable one, by about a billion light years. This is a truly mind bogglingly big number, no words or analogies really do justice to just how preposterously large the universe is. But it could be even bigger? Take the observable universe, corresponding to a distance 45 billion light years away. Usually, at this point, video like this take that number and double it and call it the diameter of the observable universe. We have to be a little careful about that because what if we see another GN-z11 over in the opposite direction, not a galaxy similar to GN-z11 but the actual GN-z11. For example, if the universe has a positive curvature like a sphere, then it's quite possible we would see the same galaxies and patterns in different directions. If that were true, doubling this distance wouldn't correspond to the diameter but something more like the circumference of the universe. These repeating patterns seem to offer a possible way, then, for the universe to be smaller than we might naively have guessed. To answer this, let's return that moment of re-ionization in the early universe. This is the oldest light we can observe and it comes from all directions, after all the entire universe was filled with this ionized plasma. The light is known as the cosmic microwave background, or CMB, and it encodes the temperature of the universe at this time. Any patch of the CMB more than 2 degrees away from another patch is too far away to have had time for light to travel between them, at least given the age of the universe at the time, just 380,000 years. So, if we see a particular pattern or ripple repeated in the CMB but separated by several degrees or more, that could reveal the universe wraps around itself - implying a smaller universe. Detailed studies of the CMB reveal no such repeating structures though. The lack of such structure can be used to put lower limits on the size of the universe, but not surprisingly these limits essentially correspond to the approximately size of the observable universe. So the full universe really does appear to be at least as large as the observable part. Now let's suppose someone lives in the galaxy GN-z11, they would be able to look back along that line of sight and see the proto Milky Way, as a faint distant galaxy too. But what if they looked in the opposite direction? Would they see an edge or some kind of physical boundary? Whilst we cannot truly know what they might see, a basic assumption in astronomy is the so-called cosmological principle, which states that we do not live in a special part of the universe. So what we see is typical and by extension what GN-z11 inhabitants see is likely not much different from us, at least on the largest of scales. The cosmological principle does not rigorously prove anything about the size of the universe, but rather forms a logical argument. By it, inhabitants at the edge of the observable universe should themselves be able to see another entire observable universe around them. Filling out across the edges, this would give us a volume 180 billion light years across. We have to tread carefully here though, because the size of the universe could still be smaller than this if it somehow wraps around itself. Consider in this direction at the edge of our observable universe we have Alice. Alice looks out in that same direction and can see at the very edge of her observable universe someone else, let's call him Carlos. Now let's go back to Earth and look in the opposite direction. Over at the particle horizon here we see Bob.

As before, Bob looks out in the same direction and sees someone else, just like Alice did. However, Bob is in fact looking at Carlos again. To each individual observer, there is no repetition, but Alice and Bob are in fact both able to see the same person, Carlos. And since Alice and Bob live far beyond each other's particles horizons, there's no way they can communicate this to each other. No-one is able to tell that the universe repeats and thus are left non the wiser. So we can't really use the cosmological principle to argue for a much larger size to the universe, all we can say is that we don't see repetition within our horizon and thus the universe must be at least  $2 \times 45$  billion light years in extent, or 90 billion light years. Repeating patterns are not the only way to place limits on size though, already I've mentioned the concept of curvature and here perhaps we might finally have a clue unto it's true size.

.....

**(02)-** vesmír byl tak horký, že to byla ionizovaná plazma, která v podstatě fungovala jako **hustá mlha**. Světlo by nemohlo procházet vesmírem bez interakce s jedním z těchto iontů. Světlo se může volně šířit pouze tehdy, když se vesmír dostatečně ochladí, aby se vytvořily atomy a odstranily mlhu v epoše známé jako reionizace. **Viditelný vesmír je tedy o něco menší než ten pozorovatelný, asi o miliardu světelných let. A také viditelný vesmír je o něco mladší než pozorovatelný** Toto je skutečně ohromně velké číslo, žádná slova ani analogie ve skutečnosti neodpovídají tomu, jak absurdně velký vesmír je. Ale mohl by být ještě větší? Vezměte si pozorovatelný vesmír, který odpovídá vzdálenosti 45 miliard světelných let daleko. Obvykle v tomto okamžiku video jako toto vezme toto číslo a zdvojnásobí ho a nazve ho průměr pozorovatelného vesmíru. Na to musíme být trochu opatrní, protože **co když** uvidíme další GN-z11 v opačném směru, ne galaxii podobnou GN-z11, ale skutečnou GN-z11. **Pokud** má například **vesmír kladné zakřivení** jako koule, **neříkejte >vesmír<, ale říkejte >časoprostor<**. Tady se autor blíží mé vizi, že vesmír = časoprostor se rozbaluje. Byl po BB extrémně zakřivený a při „stárnutí“ **se rozbalují časové dimenze,...**, dojdeme pak na současné stáří 13,8 miliard let a vesmír je už téměř plochý. Dokonce možná i „naměřené“ stáří 13,8 není pravdivé, protože ho měříme, respektive vyhodnocujeme údaje špatně = za „**viditelným vesmírem**“ ještě časoprostor pokračuje ve struktuře více a více křivého stavu dimenzí a dojdeme tak k jinému stáří „**pozorovatelného vesmíru**“, 14,24 miliard let. K tomuto číslu jsem dospěl už před 35 lety, kdy bylo stáří stanoveno ještě v rozmezí 10-20 miliard let. 14,24 miliard let jsem zjistil. Ale dalších 10 let jsem nenašel důkaz „proč to tak je“ ; proto jsem hledání důvodu opustil. **Pak** je docela možné, že **bychom viděli stejné galaxie a vzory v různých směrech**. **Pokud by to byla pravda, zdvojnásobení této vzdálenosti by** neodpovídalo průměru, ale něčemu spíše jako obvod vesmíru. Zdá se, že tyto opakující se vzorce nabízejí možný způsob, jak být vesmír menší, než jsme mohli naivně tušit. Abychom na to odpověděli, vraťme se k okamžiku reionizace v raném vesmíru. Toto je nejstarší světlo, které můžeme pozorovat, a přichází ze všech směrů, koneckonců **celý vesmír byl naplněn tímto ionizovaným plazmatem**. Světlo je známé jako kosmické mikrovlnné pozadí nebo CMB a kóduje teplotu vesmíru v tomto okamžiku. Jakákoli oblast CMB vzdálená více než 2 stupně od jiné oblasti je příliš daleko na to, aby mezi nimi mělo čas proletět světlo, alespoň vzhledem k tehdejšímu stáří vesmíru, pouhých 380 000 let. **Pokud** tedy vidíme určitý vzor nebo vlnění opakující se v CMB, ale oddělené o několik stupňů nebo více, **mohlo by** to odhalit, že se vesmír obklopuje kolem sebe – což naznačuje menší vesmír. Podrobné studie CMB však neodhalily žádné takové opakující se struktury.

Absence takové struktury může být použita ke stanovení nižších limitů velikosti vesmíru, ale není překvapením, že tyto limity v podstatě odpovídají přibližně velikosti pozorovatelného vesmíru. **Celý vesmír se tedy skutečně zdá být přinejmenším tak velký jako pozorovatelná část.** Nyní předpokládejme, že někdo žije v galaxii GN-z11, **mohl by** se po této linii podívat zpět a vidět proto Mléčnou dráhu jako slabou vzdálenou galaxii. Ale co když se podívali opačným směrem? Viděli **by** okraj nebo nějakou fyzickou hranici? I když nemůžeme skutečně vědět, co **by** mohli vidět, základním **předpokladem** v astronomii je takzvaný kosmologický princip, který říká, že nežijeme ve zvláštní části vesmíru. Takže to, co vidíme, je typické a v rozšíření to, co obyvatelé GN-z11 vidí, se od nás pravděpodobně příliš neliší, alespoň v tom největším měřítku. Kosmologický princip důsledně nedokazuje nic o velikosti vesmíru, ale spíše tvoří logický argument. Díky tomu **by** obyvatelé na okraji pozorovatelného vesmíru sami měli být schopni vidět jiný celý pozorovatelný vesmír kolem sebe. Při vyplnění přes okraje **by** nám to dalo objem o průměru 180 miliard světelných let. Musíme zde však našlapovat opatrně, protože velikost vesmíru může být stále menší, než je tato, **pokud** se nějakým způsobem obtočí. Uvažujme tímto směrem, že na okraji našeho pozorovatelného vesmíru máme Alenu. **Alice** se dívá stejným směrem a vidí na samém okraji svého pozorovatelného vesmíru někoho jiného, řekněme mu **Carlos**. Nyní se vraťme na Zemi a podívejme se opačným směrem. Tady na horizontu částic vidíme **Boba**. Stejně jako předtím se Bob dívá stejným směrem a vidí někoho jiného, stejně jako Alice. Bob se však ve skutečnosti znovu dívá na Carlose. Pro každého jednotlivého pozorovatele neexistuje žádné opakování, ale Alice a Bob jsou ve skutečnosti oba schopni vidět stejnou osobu, Carlose. A protože Alice a Bob žijí daleko za hranicemi svých částicových horizontů, neexistuje způsob, jak by si to mohli vzájemně sdělit. Nikdo není schopen říct, že se vesmír opakuje, a proto není moudřejší. Nemůžeme tedy skutečně použít kosmologický princip k argumentaci pro mnohem větší velikost vesmíru, vše, co můžeme říci, je, že v našem horizontu nevidíme opakování, a proto vesmír musí mít alespoň 2 x 45 miliard světelných let. V rozsahu nebo 90 miliard světelných let. Opakující se vzory však nejsou jediným způsobem, jak omezit velikost, již jsem zmínil **koncept zakřivení** a zde bychom možná konečně mohli mít vodítka k jeho skutečné velikosti.

.....

**(03)-** Standing on the Earth, we can't directly see its curvature because the radius of curvature is just so vast. But the curvature can be detected with some geometry, as was famously done so by Eratosthenes of Cyrene two millennia ago by comparing the lengths of shadows of sticks in the midday Sun at two different locations. In an analogous way, astronomers can use the CMB radiation and some geometry to measure the curvature of the universe itself. A simple way to think about this on a positively curved surface, like a sphere, two parallel lines will eventually meet. For example, if we both head straight north, no matter where you live, I will eventually bump into you at the north pole. On a flat surface the lines stay true and parallel forever, but on a negatively curved surface, like a saddle, they diverge.<sup>[1][SEP]</sup> So how curved is the universe? The curvature parameter, known as  $\Omega_k$ , has been refined ever more over the years thanks to missions studying the CMB. The earliest estimate, done by the Boomerang experiment in 2000, found it to be flat to within 6%. Eighteen years later, ESA's Planck mission published our current most precise estimate to date, which is again flat to within 0.19%. It is truly an amazing technical feat by legions of astronomers involved that we can measure the curvature of space at this level. But what does this really mean? Let's consider that the number is indeed exactly 0, a flat universe. It's at this

point, that many often look at that flatness and interpret it to mean the universe must be infinite. Look, it's perfectly reasonable to suggest the universe is infinite as a possible hypothesis, but it's not true it's the only explanation. It's a non-sequitor that flatness requires infinite space. To cosmologists flatness doesn't really mean what we might naively think and a flat universe can be finite. In fact we've already discussed an example of such a universe. Let's go back to our friends Alice, Bob and Carlos and imagine the universe really is 2-dimensional, like a sheet of paper depicted here. If we had a warp drive, we could fly from Earth in the direction of Alice, and when we cross Carlos we would re-emerge on the other side and be heading home again. This is probably familiar to any computer gamers, games like Pac-Man and Asteroids would often feature this rule. Since the the left-side and right-side really correspond to the same line, the universe wraps around itself here. If up and down go on forever, then what we essentially have is an infinite cylinder. In fact, since I made this cylinder from a 2-dimensional sheet, it's really a 2-cylinder. The 2-cylinder is really defined by left-goes-to-right Pac-Man rule operating on the original 2D sheet, what is known as the fundamental domain. That's what makes it a 2-cylinder. When we roll it up in 3-dimensions, we're embedding the 2-cylinder into 3-dimensional space, but that's just us embedding it into 3D. So even though it looks curved when embedded in 3D, that's just a product of the embedding, it's actually still a flat geometry in it's fundamental domain. Now this 2-cylinder doesn't really save us from an infinite universe because it's length extends out to infinity. So let's go back to our fundamental domain and look at our rules one more time. What if we add another rule that going past the upper edge takes you back to the lower edge. Now we truly have full Pac-Man rules. A fundamental domain described by these two rules is no longer an infinite 2-cylinder, but a finite 2-torus. We call it a torus because if you imagine re-rolling it back up, we first get the cylinder as before, and then we have to connect these two ends together. In practice, if I try to do this I'd have to stretch out the material, distorting the plane, but we can see that it should form something like a donut shaped torus. Now at this point it's useful to discuss John Nash, who you probably know from the biopic A Beautiful Mind. The fact you have to stretch and distort the original plane to create the torus shape means that you failed to isometrically embed it. And that isometric part is key because without it distances are distorted in a way we don't see in the universe around us. But John Nash proved the it was in fact possible to isometrically embed a a 2-torus into three-dimensions, by adding waves and waves of tiny corrugations during the embedding procedure. This was a beautiful proof but it didn't actually reveal what this 2-torus embedded into 3D would actually look like. In 2012, a French team used supercomputers to finally calculate what the shape looked like. This stunning morphology is in fact flat in the fundamental domain and adheres to the 2-torus Pac-Man style rules.

.....

**(03)-** Když stojíme na Zemi, nemůžeme přímo vidět její zakřivení, protože poloměr zakřivení je tak obrovský. Ale zakřivení lze detekovat pomocí určité geometrie, jak to skvěle udělal Eratosthenes z Kyrény před dvěma tisíciletími porovnáním délek stínů tyčinek v poledním slunci na dvou různých místech. **Analogickým** způsobem mohou astronomové použít záření CMB a určitou geometrii **k měření zakřivení samotného vesmíru**. Jednoduchý způsob, jak o tom přemýšlet na pozitivně zakřivené ploše, jako je koule, se nakonec setkají dvě rovnoběžné čáry. Například, pokud oba zamíříme přímo na sever, bez ohledu na to, kde bydlíte, nakonec do vás narazím na severním pólu. Na rovném povrchu zůstanou linie navždy pravdivé a paralelní, ale na negativně zakřiveném povrchu, jako je sedlo, se rozcházejí. **Jak je tedy**

**vesmír zakřivený?** Parametr zakřivení, známý jako  $\Omega_k$ , byl v průběhu let stále více zpřesňován díky misím studujícím CMB. Nejstarší odhad provedený experimentem Bumerang v roce 2000 zjistil, že je plochý s přesností 6 %. O 18 let později zveřejnila mise ESA Planck náš aktuální dosud nejpřesnější odhad, který je opět plochý s přesností 0,19 %. Je skutečně úžasným technickým počinem zástupů zúčastněných astronomů, že můžeme měřit zakřivení vesmíru na této úrovni. A jak ho (to zakřivení) měříme ? ? Anebo podvádíme ? Měříme „co“? ; a hodnoty „naměřené“ ( cinknuté) dosazujeme do jakých špatných/správných spekulativních rovnic ? ? Ale co to ve skutečnosti znamená? Uvažujme, že číslo je skutečně přesně 0, tedy plochý vesmír. Dnes, ve stáří 13,8 miliard let od zahájení toku-plynutí času. Jenže plochost (globální) směrem k big-bangu se mění (!) ČP je křivější [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c\\_239.jpg](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_239.jpg) . I lokální plochosti 3+3 časoprostoru se mění... Právě v tomto bodě se mnozí často dívají na tuto plochost a interpretují ji tak, že vesmír musí být nekonečný. Podívejte, je naprosto rozumné tvrdit, že vesmír je nekonečný jako možná hypotéza, ale není pravda, že je to jediné vysvětlení. Je to non-sequitor, že plochost vyžaduje nekonečný prostor. Pro kosmology plochost ve skutečnosti neznamená to, co bychom si mohli naivně myslet, a plochý vesmír může být konečný. Ve skutečnosti jsme již diskutovali o příkladu takového vesmíru. Vraťme se k našim přátelům Alice, Bobovi a Carlosovi a představme si, že vesmír je skutečně dvourozměrný, jako list papíru, který je zde vyobrazen. A proč si nepředstavit vesmír dvouveličinový se 3+3 dimenzemi pro každou veličinu tři (tři fyzikální dimenze a nadbytečné vextra dimenze jako matematické artefakty pro stavbu hmoty)...proč ne ??? [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_101.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_101.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_098.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_098.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_097.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_097.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_093.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_093.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_095.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_095.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_092.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_092.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_094.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_094.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_087.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_087.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_082.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_082.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_079.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_079.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_075.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_075.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_071.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_071.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_069.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_069.pdf)  
[http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng\\_059.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/eng/eng_059.pdf)  
and more and more <http://www.hypothesis-of-universe.com/en/index.php?nav=home>

Kdybychom měli warp pohon, mohli bychom letět ze Země směrem k Alici, a když překročíme Carlose, znovu bychom se vynořili na druhé straně a mířili zase domů. To je pravděpodobně známé všem počítačovým hráčům, hry jako Pac-Man a Asteroids by toto pravidlo často obsahovaly. Vzhledem k tomu, že levá a pravá strana skutečně odpovídají stejné linii, vesmír se zde omotává kolem sebe. Pokud jde nahoru a dolů věčně, pak to, co v podstatě máme, je nekonečný válec. Ve skutečnosti, protože jsem vyrobil tento válec z 2-rozměrného plechu, je to opravdu 2-válec. 2-válec je skutečně definován pravidlem Pac-Mana zleva-jde-doprava fungujícím na původním 2D listu, což je známé jako základní doména. To z něj dělá 2válec. Když to srolujeme do 3-rozměrů, vkládáme 2-válec do 3-rozměrného prostoru, ale to je jen my, co ho vkládáme do 3D. Takže i když to vypadá zakřivené, když je vloženo do 3D, je to jen produkt vložení, ve skutečnosti je to stále plochá geometrie v její



základní doméně. Tento 2-válec nás ve skutečnosti nezachrání před nekonečným vesmírem, protože jeho délka sahá do nekonečna. Vraťme se tedy k naší základní doméně a podívejme se na naše pravidla ještě jednou. **Co když** přidáme další pravidlo, že přechodem za horní okraj se vrátíte zpět ke spodnímu okraji. Nyní máme skutečně úplná pravidla Pac-Mana. Základní doménou popsanou těmito dvěma pravidly již není nekonečný 2-válec, ale konečný 2-torus. Říkáme tomu torus, protože když si představíte jeho opětovné svinutí zpět, dostaneme nejprve válec jako předtím a pak musíme tyto dva konce spojit dohromady. V praxi, kdybych se o to pokusil, musel bych materiál natáhnout, čímž bych rovinu pokřivil, ale vidíme, že by měl tvořit něco jako torus ve tvaru koblihy. Nyní v tomto bodě je **užitečné diskutovat o Johnu Nashovi**, kterého pravděpodobně znáte z životopisného filmu A Beautiful Mind. Skutečnost, že musíte původní rovinu natáhnout a deformovat, abyste vytvořili tvar torusu, znamená, že se vám ji nepodařilo izometricky vložit. A tato izometrická část je klíčová, protože bez ní jsou vzdálenosti zkreslené způsobem, který ve vesmíru kolem nás nevidíme. **John Nash** však dokázal, že je ve skutečnosti možné izometricky vložit a 2-torus do tří rozměrů přidáním vln a vln drobných zvlnění během procesu vkládání. To byl krásný důkaz, ale ve skutečnosti to neodhalilo, jak by tento 2-torus vložený do 3D skutečně vypadal. V roce 2012 francouzský tým pomocí superpočítačů konečně vypočítal, jak tvar vypadá. Tato ohromující morfologie je ve skutečnosti plochá v základní doméně a dodržuje pravidla stylu 2-torus Pac-Man.

.....

**(04)-** The French team went a step further and even uploaded a 3D print design up on their website. Thanks to those corrugations, it's a formidable 3D print to actually pull off though. I asked around several New York printing agencies about this and they all basically just said straight up no. If there was anyone that could pull this off, it was going to be Joel, also known as the 3D Printing Nerd - an awesome YouTube channel that explores everything 3D print related. He took this on and has even created an awesome video describing this feat, please do check it out when you're done here. So here it is, a 3D embedded 2-torus. It's even more beautiful to hold and touch than the renderings. And what's truly mind blowing is that I may actually be holding the universe in my hands. A finite flat cosmos embedded in some higher dimensional space. Of course, remember that this is a 2-torus, it's made from a two-dimensional plane. Since our universe has three spatial dimensions, the universe would need to be a 3-torus, so a kind of hyper-dimensional extension of this incredible shape. The 3-torus is in fact just one of ten different possible manifolds that could represent a flat, finite universe. Six of these are called orientable and include the 3-torus. But four are so-called non-orientable manifolds, and include this thing, the bizarre Klein bottle - a mind bending shape off technically zero embedded volume. This orientability property is best understood by looking at a simpler manifold, the Mobius strip. If travel along the Mobius, after one circuit your left and right have switched over - you've become a mirror version of yourself. If the universe is truly one of these non-orientable manifolds, it would have some bizarre consequences for a hypothetical warp ship. Leave Earth and travel in one direction long enough and you return home. Arriving back on Earth, you would at first feel the familiarity and relief of being back home, but would quickly realize something was off. Your family's faces were mirror versions of before, their watches ticked anti-clockwise. But from their perspective, it would you who was changed, and taking you to the doctor for a medical examination they'd discover your heart was now on the right-hand side. All ten of these manifolds are perfectly consistent with our observations, and all are finite. So any of these could be true, but there is another possibility. The universe could be truly infinite, either an infinite flat fundamental domain in

all directions, or a negatively curved infinite saddle-shaped universe. Either way, we are forced to face an ontological crisis. What if the universe is infinite? Infinities are uncomfortable to physicists because they bring along some disturbing consequences. Given infinite possibilities, everything that can happen must happen, an infinite number of times. In seeking a way out of this, one might consider that yes, perhaps space is indeed infinite, but, at some point its nature radically changes. There is an end to the universe. Indeed, there is some theoretical work that might at first seem to fit the bill. In the so-called eternal inflation model, our local universe is a bubble-like region where the hyper-expansion phase known as inflation subdued, but travel far enough and you'd enter a region where the inflationary field has a different state, expanding space so much that each bubble universe is separated by unimaginable distances. However, since the entire landscape is still infinite, there would be an infinite number of these bubble universes. So, in truth this doesn't really solve our dilemma. So let's just stop hiding and face the possibility head on. An infinite cosmos. Infinities disrupt probability theory, since all events have a probability of occurring an infinite number of times, like infinite monkeys on infinite typewriters. It challenges the cosmological principle, because what does it really mean to assume you're typical if there's an infinite number of outcomes out there. At a human level, this infinite universe opens the door to some unsettling consequences. Because it means that there is an infinite number of you's out there. Not just similar, but yous with the exact same arrangement of molecules and atoms, right down to the quantum states of your subatomic particles. That immediately provides a kind of way out of the no-cloning theorem, a quantum theory proved by James Part that states that its impossible to ever create an independent and identical copy of an arbitrary quantum state. If these clones share every single quantum state to you, surely that is you? And indeed these doppelgängers would sit inside an entire universe that was identical to our own right down to the last atom.  
.....

**(04)-** Francouzský tým šel ještě o krok dále a dokonce na své webové stránky nahrál návrh 3D tisku. Díky těmto zvlněním je to však impozantní 3D tisk, který se skutečně vytáhne. Ptal jsem se na to několika newyorských tiskových agentur a všechny v podstatě řekly rovnou ne. **Pokud by** to byl někdo, kdo **by** to dokázal, byl **by** to Joel, také známý jako 3D Printing Nerd – úžasný kanál YouTube, který zkoumá vše, co souvisí s 3D tiskem. Ujal se toho a dokonce vytvořil úžasné video popisující tento výkon, až budete hotovi, podívejte se na to. **Tak tady to je, 3D vložený 2-torus. Je ještě krásnější na držení a dotek než na rendery.** A co je opravdu ohromující, je to, že možná ve skutečnosti držím vesmír ve svých rukou. **Konečný plochý vesmír zasazený do nějakého vyššího dimenzionálního prostoru.** Samozřejmě nezapomeňte, že se jedná o 2-torus, **je vyroben z dvourozměrné roviny.** Protože náš vesmír má tři prostorové dimenze, vesmír by musel být 3-torus, tedy jakési hyperdimenzionální rozšíření tohoto neuvěřitelného tvaru. 3-torus je ve skutečnosti jen jedním z deseti různých možných variant, které **by** mohly představovat plochý, konečný vesmír. Šest z nich se nazývá orientovatelné a zahrnuje 3-torus. Ale čtyři jsou takzvané neorientovatelné rozvody a zahrnují tuto věc, **bizarní Kleinovu láhev** - tvar ohýbající mysl a technicky nulový vložený objem. Tuto vlastnost orientace nejlépe pochopíte při pohledu na jednodušší potrubí, **Mobiův pás.** Pokud cestujete po Mobiusu, po jednom okruhu se vaše levá a pravá přehodila – stali jste se zrcadlovou verzí sebe sama. Pokud je vesmír skutečně jedním z těchto neorientovatelných manifoldů, **mělo by** to pro hypotetickou warpovou loď nějaké bizarní důsledky. Opusťte Zemi a cestujte jedním směrem dostatečně dlouho a vrátíte se domů. **Po návratu na Zemi byste nejprve pocítili důvěrnost a úlevu, že jste zpátky doma, ale rychle byste si uvědomili, že něco**

není v pořádku. Obličej vaší rodiny byly zrcadlové verze předchozích, jejich hodinky tikaly proti směru hodinových ručiček. Ale z jejich pohledu byste to byli vy, kdo se změnil, a když vás vezmou k lékaři na lékařské vyšetření, zjistí, že vaše srdce je nyní na pravé straně. Všechny deset těchto variant dokonale odpovídá našim pozorováním a všechny jsou konečné. Takže cokoli z toho může být pravda, ale je tu ještě jedna možnost. Vesmír může být skutečně nekonečný, což je moje verze HDV, „provedení“ Vesmíru v systému střídání symetrií s asymetriemi. Před Třeskem symetrie tj. plochý časoprostor bez hmoty, bez polí, bez toku času, bez rozpínání. Pak přijde změna stavu – Třesk a nastane první asymetrický stav (extrémní křivost 3+3D) a v následných stavech **genezích** těch střídání stavů [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/g/g\\_049.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g_049.pdf) ; [http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g\\_080.pdf](http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g_080.pdf) ...směřem k rozbalení dimenzí až k tomu Big Cruch - crash ( rozbalení všeho křivého tedy i hmoty ) a na novo nový Big-bang jako už byl. ..., to je také představa Penrose „více vesmírů“ buď nekonečná plochá základní doména ve všech směrech, nebo negativně zakřivený nekonečný vesmír ve tvaru sedla. Ať tak či onak, jsme nuceni čelit ontologické krizi. ?? Co když je vesmír nekonečný? Je, no a co ? Pre-big-bang(ový) stav časoprostoru je nekonečný (!) Dnešní věda si ještě nezapočítala do svých poznatků „můj Princip střídání symetrií s asymetriemi“. Bez něho by Vesmír nemohl provádět genezi vývoje, která užitečně funguje, i pro ta nekonečna. Nejsem matematik, ale intuitivně to tak cítím a беру. Nekonečna jsou pro fyziky nepohodlná, protože s sebou nesou některé znepokojivé důsledky. Vzhledem k nekonečným možnostem se vše, co se může stát, musí stát, nekonečněkrát. A tomu právě zabrání ten „Princip“. Při hledání cesty z toho by se dalo uvažovat, že ano, možná je prostor skutečně nekonečný, ale v určitém okamžiku se jeho povaha radikálně změní. No vida jak uvažujete stejným směrem logiky jako já : povaha a realita nekonečna se změní při „změně stavu“ (jako byl například big-bang) Existuje konec vesmíru. Ve skutečnosti existuje určitá teoretická práce, která by se na první pohled mohla zdát jako vhodná. V takzvaném modelu věčné inflace ☺ je náš místní vesmír oblastí podobnou bublině, kde fáze hyperexpanze ☺ známá jako inflace utlumila, ale cestovala dostatečně daleko a vstoupili byste do podsvětí oblasti, kde má inflační pole jiný stav. Expanduje prostor natolik, že každý bublinový vesmír oddělují nepředstavitelné vzdálenosti. ☺ Protože je však celá krajina stále nekonečná, existovalo by nekonečné množství těchto bublinových vesmírů. ☺ Takže ve skutečnosti to naše dilema opravdu neřeší. Přestaňte se tedy skrývat a čelme této možnosti čelem. (!) Nekonečný vesmír. Nekonečna narušují teorii pravděpodobnosti, protože všechny události mají pravděpodobnost, že se vyskytnou nekonečněkrát, jako nekonečné opice na nekonečných psacích strojích. Zpochybňuje kosmologický princip, protože co to skutečně znamená předpokládat, že jste typičtí, pokud existuje nekonečné množství výsledků. Na lidské úrovni tento nekonečný vesmír otevírá dveře některým znepokojivým důsledkům. Protože to znamená, že je vás tam nekonečně mnoho. ☺ Nejen podobné, ale vy s přesně stejným uspořádáním molekul a atomů, až po kvantové stavy vašich subatomárních částic. To okamžitě poskytuje jakési východisko z teorému o neklonování, kvantové teorie dokázané Jamesem Partem, která tvrdí, že je nemožné vytvořit nezávislou a identickou kopii libovolného kvantového stavu. Pokud s vámi tyto klony sdílejí každý jednotlivý kvantový stav, jste to jistě vy? A tito doppelgänger by skutečně seděli uvnitř celého vesmíru, který byl až do posledního atomu totožný s tím našim. :-) **tu není co komentovat**

.....

**(05)-** Each one watching this video right now, each one their jaw dropping, their sense of self dissolving, as they challenge the very meaning of who they are. Yet more, in the past, in the future, there are infinite doppelgängers of you slightly offset in time. A version of you one day behind, two weeks ahead. You are everywhere. And you never end. Despite the existential crisis this carries, it perhaps provides some relief in other ways. For our close loved ones that we've lost continue to live somewhere. Both offset in time, but also through different choices. An infinite number of loved doppelgängers who didn't get in the car that day, who decided not to take those terrible drugs, who got to hospital in time. Still out there, somewhere, just preposterously distant. At the same time, an infinite universe can also, paradoxically, feel empty and nihilistic. For many, we define our goals in life in terms of our impact on the world. But that impact dissolves away in infinity. For example, if your mission is to reduce suffering amongst humanity, it is challenged by the fact that in an infinite universe there is infinite suffering. And whatever you subtract from infinity, it's still infinity. And likewise there is infinite happiness, so if your goal is to increase happiness, surely your actions are utterly futile. As we look further and further out, we perhaps finally turn back to inner space. We can't affect an infinite universe, or even realistically the infinitely smaller one we see around us. Rather than trying to derive meaning from our impact on the cosmic scale, the ensemble of space, meaning might actually be much closer to home. Because whilst there might be an infinite number of yous, only you can control your actions today, how you choose to live your life, how you treat others, and so even the smallest acts of kindness carry infinite

29:24

weight. So until the next video, stay thoughtful and stay curious.

.....

**(05)-** Každý, kdo právě sleduje toto video, každému spadne čelist, rozplyne se pocit sebe sama, když zpochybňuje samotný význam toho, kým je. Ještě více, v minulosti, v budoucnosti, existuje nekonečně mnoho dvojníků, kteří jsou mírně posunuti v čase. Verze vás jeden den pozadu, dva týdny dopředu. Jste všude. 😊 A ty nikdy nekončíš. Navzdory existenciální krizi, kterou s sebou nese, možná přináší určitou úlevu i jinými způsoby. Naši blízcí, které jsme ztratili, stále někde žijí. **V nebi** Oba se kompenzují v čase, ale také různými volbami. Nekonečné množství milovaných doppelgängerů, kteří ten den nenedli do auta, kteří se rozhodli nebrat ty hrozné drogy, kteří se dostali včas do nemocnice. Pořád tam někde, jen absurdně daleko. Nekonečný vesmír přitom může paradoxně působit i jako prázdný a nihilistický. Pro mnohé definujeme své životní cíle z hlediska našeho vlivu na svět. Ale ten dopad se rozplyne v nekonečnu. Například, pokud je vaším posláním snížit utrpení mezi lidstvem, je zpochybněno skutečností, že v nekonečném vesmíru existuje nekonečné utrpení. A cokoli odečtete od nekonečna, je to stále nekonečno. A stejně tak existuje nekonečné štěstí, takže pokud je vaším cílem zvýšit štěstí, vaše činy jsou jistě naprosto marné. Když se díváme dál a dál, možná se konečně vrátíme zpět do vnitřního prostoru. Nemůžeme ovlivnit nekonečný vesmír, ani realisticky ten nekonečně menší, který vidíme kolem sebe. Spíše než se snažit odvodit význam z našeho dopadu na kosmické měřítko, soubor prostoru, význam může být ve skutečnosti mnohem blíže domovu. Protože i když vás může být nekonečně mnoho, pouze vy můžete dnes ovládat své činy, jak se rozhodnete žít svůj život, jak se chováte k ostatním, a tak i ty nejmenší skutky laskavosti mají nekonečno. 29:24 hmotnost. Takže až do dalšího videa zůstaňte přemýšliví a zůstaňte zvědaví. **Nekonečno máte vyřešeno. Já taky: já pomoci Principu o střídání symetrií s asymetriemi.**

JN, 14.03.2023