

Sabina Hossenfelder

https://www.youtube.com/watch?v=l3C_db2RjKo&t=18s

What does the universe expand into?

Do we expand with it?

Do čeho se vesmír rozpíná? Rozšiřujeme to?

233 901 zhlédnutí

•29. 5. 2021

(01)- This video was sponsored by the Great Courses Plus. If the universe expands, what does it expand into? That's one of the most frequent questions I get, followed by "Do we expand with the universe?" And "Could it be that the universe doesn't expand but we shrink?" At the end of this video, you'll know the answers. I haven't made a video about this so far, because there are already lots of videos about it. But then I was thinking, if you keep asking, those other videos probably didn't answer the question. And why is that? I am guessing it may be because one can't really understand the answer without knowing at least a little bit about how Einstein's theory of general relativity works. Hi Albert. Today is all about you. So here's that little bit you need to know about General Relativity. First of all, Einstein used from special relativity that time is a dimension, so we really live in a four dimensional space-time with one dimension of time and three dimensions of space. Without general relativity, space-time is flat, like a sheet of paper. With general relativity, it can curve. But what is curvature? That's the key to understanding space-time. To see what it means for space-time to curve, let us start with the simplest example, a two-dimensional sphere, no time, just space. That image of a sphere is familiar to you, but really what you see isn't just the sphere. You see a sphere in a three dimensional space. That three dimensional space is called the "embedding space". The embedding space itself is flat, it doesn't have curvature. If you embed the sphere, you immediately see that it's curved. But that's NOT how it works in general relativity. In general relativity we are asking how we can find out what the curvature of space-time is, while living inside it. There's no outside. There's no embedding space. So, for the sphere that'd mean, we'd have to ask how'd we find out it's curved if we were living on the surface, maybe ants crawling around on it. One way to do it is to remember that in flat space the inner angles of triangles always sum to 180 degrees. In a curved space, that's no longer the case. An extreme example is to take a triangle that has a right angle at one of the poles of the sphere, goes down to the equator, and closes along the equator. This triangle has three right angles. They sum to 270 degrees. That just isn't possible in flat space. So if the ant measures those angles, it can tell it's crawling around on a sphere. There is another way that ant can figure out it's in a curved space. In flat space, the circumference of a circle is related to the radius by $2\pi R$, where R is the radius of the circle. But that relation too doesn't hold in a curved space. If our ant crawls a distance R from the pole of the sphere and you then goes around in a circle, the radius of the circle will be less than $2\pi R$. This means, measuring the circumference is another way to find out the surface is curved without knowing anything about the embedding space. By the way, if you try these two methods for a cylinder instead of a sphere you'll get the same result as in flat space. And that's entirely correct. A cylinder has no intrinsic

curvature. It's periodic in one direction, but it's internally flat. General Relativity now uses a higher dimensional generalization of this intrinsic curvature. So, the curvature of space-time

.....

(01)- Toto video bylo sponzorováno společností Great Courses Plus. Pokud se vesmír rozpíná, do čeho se rozpíná? To je jedna z nejčastějších otázek, které dostávám, následovaná slovy „Rozšiřujeme se s vesmírem?“ A „Je možné, že se vesmír neroztahuje, ale zmenšujeme se?“ Zopakuji svou verzi v HDV : Před Veským Třeskem panuje = existuje časoprostor 3+3D jenž je euklidovský plochý, nekonečný, není v něm hmota ani pole a neběží v něm čas a prostor se nerozpíná. V důsledku pravidla = principu o střídání symetrií s asymetriemi dojde „ke Třesku“, což není výbuch ale změna stavu předešlého na následný. Změní se **křivost dimenzí**. V nekonečném plochém stavu časoprostoru před Třeskem „nastane“ konečná lokalita (naš Vesmír), v níž bude opačný extrém : křivost dimenzí bude extrémně veliká. Tato konečná lokalita – vřící vakuum, pěna dimenzí = plazma zahajuje svou genezi změn stavů. Nastane „rozbalování“ těch křivostí, tedy rozbíhá se tok-plynutí času, rozbíhá se „rozbalování“ prostoru. (je to podobné jako Guthova inflace). Křivosti v této pění dimenzi se ovšem mění tak, že (pěnu si představujme jako (!) homogenní směs černých a bílých kuliček = minilokalit. Lokality „bílé“ se křiví ještě víc, zabalují se do balíčků=klubíček a...a černé lokality se naopak rozbalují a to bude náš mezigalaktický 3+3D časoprostor (s převahou gravitační křivosti ; ale také tu „zamrznou“ tři stavy rozbalenosti dimenzí čp do podoby tří sil : slabá, silná a elektromagnetická). Takže : klubíčka=vlnovaličky (z té pěny „vyloupnuté jako „klony“) budou realizovat elementární částice hmoty (kvarky, leptony, bosony ; každý topologický tvar = jiná vlastnost ; ...následně v genetické posloupnosti změn-proměn „zabalených dimenzí“ do atomů, molekul, do sloučeniny, bílkovin). Souběžně s tím se „konglomeráty“ budou prezentovat jako hvězdy a galaxie. Takže toto je stručný, opravdu stručný scénář vývoje „rozbalování a sbalování“ křivostí dimenzí 3+3D časoprostoru. Velkoškálový časoprostor se rozbaluje v každém „stop-čase“ od Třesku jinak než se v mikrosvětě „sbalují“ a propojují balíčky-klubíčka časoprostorových dimenzí. V antisvětě se časová dimenze sbaluje do klubíčka „opačným“ směrem než tady v našem Světě. Dnes, i dnes na planckových škálách to vře, vře tam vakuum dimenzí, tedy „vřou“ proměny křivostí, rodí se tam páry virtuálních částic, apod. (částice vůči antičásticím mají opačný spin tj. křivení časové dimenze do klubíčka) .Rozbalování časoprostoru 3+3D není symetrické vůči vzájemným křivostem šesti dimenzí ...a taky probíhá různě v časových „stop-stavech“ od Třesku. Od Třesku tedy „běží“ čas = rozbaluje se časová dimenze, a lépe říci, že se rozbalují všechny tři časové dimenze. Kdy stejně ? a kdy ne ?, toť otázka. Víme např. z STR, že ve směru pohybu tělesa čas dilatuje, ale v ostatních dvou dimenzích časových kolmo na pohyb, už čas nedilatuje. Tento výklad rozhodně není kompletní. Zmíním ještě vizi o tom, že po Třesku tedy nastává geneze stavby hmoty, hmotových struktur = složitostní posloupnost, ale také vzniká paralelní „posloupnost zákonů a pravidel“, které „dbají“ na vzájemnosti hmoty „plavající v rozbalujícím se časoprostoru“. S rozvojem „pestrosti“ hmotových struktur se rozvíjí i „třetí posloupnost jevů“ a tou jsou „vlastnosti“ hmoty (např. do vlastností patří i hmotnost, spin, náboj, dále např. Pauliho princip, „dále později chemické vlastnosti, atd. atd. Každá topologická konfigurace toho „balíčku“ i konglomerátů balíčků je stavem „vlastnosti, např. kyseliny jak se liší od zásad a od nich soli atd. atd.). Toto vše, ta různost by nenastala nikdy kdyby nebyla hmota „vynalezena“ (boží prozřetelností) z časoprostoru právě **pomocí úchvatných „kombinačních“ možností křivení dimenzí 3+3 a paralelních zákonů, které rovněž vznikaly postupně v souladu s konfiguracemi elementů hmoty....** Podobně jak o tom v bleděmodrém zpívají strunoví teoretici, že : vlastnosti hmoty se „vyrábí“ pomocí „brnkání-chvění“ strun.

Opravdu toto ještě není kompletní výklad, jen náznaky té pestrosti jenž může vznikat jen díky „rozbalování a sbalování dimenzí časoprostorových“. Na konci tohoto videa se dozvíte odpovědi. Zatím jsem o tom nenatočil žádné video, protože o tom už existuje spousta videí. Ale pak jsem si myslel, že pokud se budete stále ptát, ta další videa pravděpodobně neodpověděla na otázku : A proč je to? Hádám, že to může být proto, že člověk nemůže skutečně pochopit odpověď, aniž by alespoň trochu věděl o tom, jak funguje Einsteinova teorie obecné relativity. Ahoj Albert. Dnes je vše o vás. Tady je tedy to málo, co potřebujete vědět o obecné relativitě. Nejprve ze speciální relativity použil Einstein, že čas je dimenze, takže opravdu žijeme ve čtyřrozměrném časoprostoru s jednou dimenzí času a třemi dimenzemi prostoru. Já jsem přesvědčen, že i časových dimenzí je více než jedna. Zatím to nikdo nikdy nezkoumal. Bohužel je hodně skličující to, že spoustu „věcí“ které nejsou zřejmé a pozorovatelné na první pohled vědci vyhlásili v rovnicích a teprve pak je hledali observačně či jadernými pokusy...ale to neplatí o čase. Ten nikdy nezkoumali ani abstraktně před objevením reality o více dimenzích časových, ani observačně bez teorie. Bez obecné relativity je časoprostor plochý, jako list papíru. S obecnou relativitou může křivka. Ale co je zakřivení? To je klíč k porozumění časoprostoru. Pro mě byl pochopením „princip horkého bramboru“ http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/h/h_082.jpg čili jak se udělá linearita z nelinearity, tj. jak přejde „lineární pěna do nelineární gravitace“...a to sem pochopil z výkladu R.Feynmana když vyprávěl studentům u tabule : vzal hůlku-tyčku a začal s ní mávat, nejdříve pomalu a pak rychleji a rychleji a nejrychleji...; asymetrie se tu mění v symetrii. Gravitace je nelineární a kvantová mechanika lineární. Parabolu „znásilníme“ tak, že jí rozkrájíme ne infinitezimální úsečky a ty pak poskládáme znova za sebou a tím „vyrobíme“ z křivé paraboly přímku – tak to dělal pan Ullmann. http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/g/g_039.pdf Abychom zjistili, co to znamená pro křivku časoprostoru, začněme nejjednodušším příkladem, dvourozměrnou kouli, žádný čas, jen prostor. Ten obraz koule je vám známý, ale to, co vidíte, není jen koule. Vidíte kouli v trojrozměrném prostoru. Ten trojrozměrný prostor se nazývá „prostor pro vkládání“. Samotný vkládací prostor je plochý, nemá zakřivení. Pokud kouli vložíte, okamžitě uvidíte, že je zakřivená. Ale takto to NENÍ v obecné relativitě. Obecně se relativity ptáme, jak můžeme zjistit, jaké je zakřivení časoprostoru, když v něm žijeme. Venku není. Neexistuje žádný prostor pro vkládání. Takže pro sféru, která by znamenala, bychom se museli ptát, jak bychom zjistili, že je zakřivená, kdybychom žili na povrchu, možná se po něm plazili mravenci. Jedním ze způsobů, jak to udělat, je pamatovat si, že v plochém prostoru jsou vnitřní úhly trojúhelníků vždy 180 stupňů. V zakřiveném prostoru to již neplatí. Extrémním příkladem je vzít trojúhelník, který má pravý úhel na jednom z pólů koule, jde dolů k rovníku a uzavírá se podél rovníku. Tento trojúhelník má tři pravé úhly. Jejich součet je 270 stupňů. To v plochém prostoru prostě není možné. Pokud tedy mravenec tyto úhly změří, zjistí, že se plazí po kouli. Existuje další způsob, jak může mravenec zjistit, že je v zakřiveném prostoru. V plochém prostoru je obvod kruhu vztažen k poloměru o $2 \pi R$, kde R je poloměr kruhu. Ale ani tento vztah nedrží zakřivený prostor. Pokud se náš mravenec plazí ve vzdálenosti R od pólu koule a vy pak obíháte v kruhu, bude poloměr kruhu menší než $2 \pi R$. To znamená, že měření obvodu je dalším způsobem, jak zjistit, že povrch je zakřivené, aniž byste věděli něco o prostoru pro vkládání To je k zamyšlení. Zda máme kolem sebe prostor 3D „samotný vkládací“ bez zakřivení a teprve do něj vkládáme další 3D prostor se zakřivenými dimenzemi, čili v plochém 3D prostoru si „plave“ další 3D neplochý-křivý prostor pro realizaci např.trojúhelníku s 270 stupni součtu úhlů. Mimochodem, pokud vyzkoušíte tyto dvě metody pro válec místo koule, získáte stejný výsledek jako v plochém prostoru. A to je naprosto správné. Válec nemá žádné vnitřní zakřivení. Je to periodické v jednom směru, ale je to interně ploché. Obecná relativita nyní používá vyšší dimenzionální zobecnění tohoto vnitřního zakřivení.

.....

(02)- is defined entirely in terms which are internal to the space-time. You don't need to know anything about the embedding space. The space-time curvature shows up in Einstein's field equations in these quantities called R. Roughly speaking, to calculate those, you take all the angles of all possible triangles in all orientations at all points. From that you can construct an object called the curvature tensor that tells you exactly how space-time curves where, how strong, and into which direction. The things in Einstein's field equations are sums over that curvature tensor. That's the one important thing you need to know about General Relativity, the curvature of space-time can be defined and measured entirely inside of space-time. The other important thing is the word "relativity" in General Relativity. That means you are free to choose a coordinate system, and the choice of a coordinate system doesn't make any difference for the prediction of measurable quantities. It's one of these things that sounds rather obvious in hindsight. Certainly if you make a prediction for a measurement and that prediction depends on an arbitrary choice you made in the calculation, like choosing a coordinate system, then that's no good. However, it took Albert Einstein to convert that "obvious" insight into a scientific theory, first special relativity and then, general relativity. So with that background knowledge, let us then look at the first question. What does the universe expand into? It doesn't expand into anything, it just expands. The statement that the universe expands is, as any other statement that we make in general relativity, about the internal properties of space-time. It says, loosely speaking, that the space between galaxies stretches. Think back of the sphere and imagine its radius increases. As we discussed, you can figure that out by making measurements on the surface of the sphere. You don't need to say anything about the embedding space surrounding the sphere. Now you may ask, but can we embed our 4 dimensional space-time in a higher dimensional flat space? The answer is yes. You can do that. It takes in general 10 dimensions. But you could indeed say the universe is expanding into that higher dimensional embedding space. However, the embedding space is by construction entirely unobservable, which is why we have no rationale to say it's real. The scientifically sound statement is therefore that the universe doesn't expand into anything. Do we expand with the universe? No, we don't. Indeed, it's not only that we don't expand, but galaxies don't expand either. It's because they are held together by their own gravitational pull. They are "gravitationally bound", as physicists say. The pull that comes from the expansion is just too weak.

.....

(02)- Zakřivení časoprostoru jsou definována zcela v termínech, které jsou interní v časoprostoru. O tempu vkládání nemusíte nic vědět. Zakřivení časoprostoru se objeví v Einsteinových polních rovnicích v těchto veličinách nazývaných R. Zhruba řečeno, pro jejich výpočet vezmeme všechny úhly všech možných trojúhelníků ve všech orientacích ve všech bodech. Z toho můžete sestavit objekt zvaný tenzor zakřivení, který vám přesně řekne, jaké časoprostorové křivky kde, jak silné a jakým směrem. Čili tenzor „se vyřadí“ v tom křivém 3D prostoru nikoliv v tom základním plochém v němž zakřivení neexistuje. Věci v Einsteinových polních rovnicích jsou součty nad tenzorem zakřivení. V rovnicích těmi věcmi mohou být jen abstraktní útvary „vyrobené“ v 3D tenzorovém KŘIVÉM prostoru. V reálu nejsou tenzory...nevidíme, že by kolem nás tenzory poletovaly. To je jedna důležitá věc, kterou potřebujete vědět o obecné relativitě, zakřivení časoprostoru lze definovat a měřit zcela uvnitř časoprostoru. Ne tak. Uvnitř plochého 3D (3+3D) časoprostoru budeme-li definovat „křivost“, musíme si k němu (do něho) „přibrat“ další 3+3D časoprostor ve kterém se křivosti „smí“ realizovat. Tohleto jsou úvahy, které je nutno na širokém fóru fyziků probrat. Další důležitou věcí je slovo „relativita“ v obecné relativitě. To znamená, že si můžete svobodně zvolit souřadnicový systém (křivý nebo nekřivý ??) a výběr souřadnicového systému

nezáleží na předpovědi měřitelných veličin. ? To si žádá hlubokého vysvětlení. Je to jedna z těchto věcí, která při zpětném pohledu zní docela jasně. Určitě, pokud provedete předpověď pro měření a tato předpověď bude záviset na libovolné volbě, kterou jste provedli ve výpočtu, jako je výběr souřadnicového systému, pak to není dobré. ? To si žádá hlubšího vysvětlení

Albert Einstein však potřeboval převést tento „zjevný“ pohled na vědeckou teorii, nejprve speciální relativitu a poté obecnou relativitu. Takže s těmito základními znalostmi se podívejme na první otázku. Mým základním poznatkem ze speciální relativity je, že „tato matematika, takto postavená matematika“ předvádí vzájemné pootáčení soustav, a) soustavy do níž se pasuje Pozorovatel a b) soustavy, která je spojena s testovacím objektem-tělesem, kde toto těleso se pohybuje vůči Pozorovateli základnímu Do čeho se vesmír rozpíná? A tady právě stojí-leží na stole dvě možnosti-dvě varianty náhledu „na věc“. A) onen předTřeskový plochý nekonečný 3+3D časoprostor a v něm „plave“ B) lokalita (konečná) časoprostoru 3+3D křivých dimenzí, v níž křivost jednotlivých dimenzí pulzuje od křivosti absurdní až po křivost nulovou, a... a v níž se mohou měnit křivost všech 6ti dimenzí samostatně, i v kombinacích. Jsou to tedy dva časoprostory, které se ztotožní v „pravé“ krajní poloze a „oddělí“ v opačné krajní poloze. Opačnou krajní polohou je Big-bang kde „vedle sebe“ žijí dva časoprostory s opačnými křivostmi. Ale i to není zcela pravda, protože po big-bangu „žijí“ oba časoprostory „v sobě“ = křivý čp „plave“ v tom nekřivém čp. V genezi proměn se mění pouze jeden časoprostor, mění se v něm křivosti. V druhém se křivosti nemění. Nerozšiřuje se do ničeho, pouze se rozšiřuje. Přesněji : Vesmír (ten křivý 3+3D čp) se ROZBALUJE ... a to dokonce se rozbaluje po celém vesmíru nehomogenně nelineárně ..., rozbaluje se všude kolem nás (na planckových škálách je to evidentní)

Tvrzení, že se vesmír rozpíná, je, stejně jako jakékoli jiné tvrzení, které provádíme v obecné relativitě, o vnitřních vlastnostech časoprostoru. Říká, volně řečeno, že prostor mezi galaxiemi se táhne. Varianta „rozpínání“ by vedla k řešení, že „naš Vesmír se rozpíná „do ničeho“ a také by vedla k tomu, že v časoprostoru „vznikají nové“ body a také „z Ničeho“.

Vzpomeňte si na kouli a představte si, že se její poloměr zvětšuje. Jak jsme diskutovali, můžete na to přijít měřením na povrchu koule. Nemusíte nic říkat o prostoru pro vkládání obklopující sféry. Nyní se můžete zeptat, ale můžeme náš 4-dimenzionální časoprostor vložit do vyššího dimenzionálního plochého prostoru? Odpověď je ano. Tady se dostáváme na společnou sjednocenou myšlenku, na společné vstřícné pochopení „jedné reality“ (Dnes-dodnes tu jsou dvě reality : a) moje HDV a b) realita fyziků s jejich modely). U mě v HDV jsou vyšší dimenze „k tomu dobré“, aby se pomocí nich realizoval artefakt → hmota. Klubíčkování základních dimenzí 3+3D vede ke stavbě 26 elementárních částic standardního modelu. <http://www.hypothesis-of-universe.com/index.php?nav=ea> A dále už je to jasné že a jak tyto se spolu konglomerují na složitější stavy hmotové.). Ani extra dimenze nepotřebujeme ke stavbě veškeré baryonní hmoty, pokud se dokáže abstraktně zdůvodnit „rozdělení“ časoprostorové mřížky 3+3D plochých dimenzí od „jiné“ mřížky také 3+3D dimenzí ovšem všech křivých, tedy zda a jak „plave“ „křivá“ mřížka 3+3D v mřížce 3+3D „nekřivá“ a... a jak se to realizuje. Můžeš to udělat. Trvá to obecně 10 dimenzí. Ale dalo by se skutečně říci, že vesmír expanduje do tohoto prostoru vyšší dimenze. Anebo HDV kde se křivé dimenze od Třesku z vřícího vakua z pěny čp r o z b a l u j e Vkládací prostor je však konstrukcí zcela nepozorovatelný, O.K. My lidé kolem sebe nepozorujeme tu základní mřížku-předivo- síť 3+3dimenzí časoprostoru plochého v němž „plave“ časoprostor křivých dimenzí ač už i ty křivosti dokonce vnímáme a proto nemáme důvod tvrdit, že je skutečný. Vědecky podloženým prohlášením tedy je, že vesmír se nerozšiřuje do ničeho. O.K. Křivé dimenze se rozbalují v základní ploché mřížce... Roztahujeme se s vesmírem? Proč říkáte, že prostor se roztahuje s vesmírem ?? to je závadná logika. Ne, nemáme. Ve skutečnosti to není jen to, že se nerozšiřujeme, ale ani galaxie se nerozšiřují. Je to proto, že jsou drženi

pohromadě vlastním gravitačním tahem. Jsou „gravitačně vázáni“, jak říkají fyzici. Tah, který vychází z expanze, je příliš slabý.

(03)- The same goes for solar systems and planet. And atoms are held together by much stronger forces, so atoms in intergalactic space also don't expand. It's only the space between them that expands. How do we know that the universe expands and it's not that we shrink? Well, to some extent that's a matter of convention. Remember that Einstein says you are free to choose whatever coordinate system you like. So you can use a coordinate system that has yardsticks which expand at exactly the same rate as the universe. If you use those, you'd conclude the universe doesn't expand in those coordinates. You can indeed do that. However, those coordinates have no good physical interpretation. That's because they will mix space with time. So in those coordinates, you can't stand still. Whenever you move forward in time, you also move sideward in space. That's weird and it's why we don't use those coordinates. The statement that the universe expands is really a statement about certain types of observations, notably the redshift of light from distant galaxies, but also a number of other measurements. And those statements are entirely independent on just what coordinates you chose to describe them. However, explaining them by saying the universe expands in this particular coordinate system is an intuitive interpretation. So, the two most important things you need to know to make sense of General Relativity is first that the curvature of space-time can be defined and measured entirely within space-time. An embedding space is unnecessary. And second, you are free to choose whatever coordinate system you like. It doesn't change the physics. In summary: General Relativity tells us that the universe doesn't expand into anything, we don't expand with it, and while you could say that the universe doesn't expand but we shrink that interpretation doesn't make a lot of physical sense. This video was sponsored by The Great Courses Plus I like to learn new things, and while YouTube is really useful for little nuggets of wisdom, it's not particularly good for structured learning. When it comes to structured learning,

I have found the Great Courses Plus amazingly useful. The Great Courses Plus is a subscription on-demand video learning platform that allows you to stream lectures on your browser or using an app on your phone. It's like Netflix, but for learning.

The Great Courses Plus have more than eleven thousand video lectures from recognized experts about whatever it is that you are interested in, from science and math to linguistics and cooking. The Great Courses Plus now offers a free trial for viewers of this channel, which is a double benefit because it both serves your curiosity and supports this channel. To make use of this offer, please visit TheGreatCoursesPlus dot com – slash – sabine, that's S A B I N E, or just click on the link in the description below and start your free trial today. Thanks for watching, see you next week.

(03)- Totéž platí pro sluneční soustavy a planetu. A atomy drží pohromadě mnohem silnějšími silami, **(vyšší křivosti dimenzí)** takže atomy v mezigalaktickém prostoru také neexpandují. Rozšiřuje se pouze prostor mezi nimi. Jak víme, že se vesmír rozpíná a není to tak, že se zmenšujeme? Do jisté míry je to otázka konvence.

http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_262.jpg Pamatujte, že Einstein říká, že si můžete zvolit libovolný souřadnicový systém, který se vám líbí. Můžete tedy použít souřadnicový systém, který má měřítka, která se rozpínají přesně stejnou rychlostí jako vesmír. **Čili když Pozorovatele ztotožním s fotonem, se soustavou spojenou s fotonem.** Pokud je použijete, dospěli byste k závěru, že vesmír se v těchto souřadnicích neroztahuje. **O.K.** To opravdu můžete udělat. Tyto souřadnice však nemají dobrou fyzickou interpretaci. Je to proto,

že budou mísit prostor s časem. Takže na těchto souřadnicích nemůžete stát na místě. Kdykoli se budete pohybovat vpřed v čase, budete se také pohybovat stranou v prostoru. To je divné a proto tyto souřadnice nepoužíváme. Tvrzení, že se vesmír rozpíná, je ve skutečnosti výrokem o určitých typech pozorování, zejména o červeném posunu světla ze vzdálených galaxií, ale také o řadě další měření. A tato tvrzení jsou zcela nezávislá na tom, jaké souřadnice jste se rozhodli je popsat. Vysvětlit je tím, že se vesmír rozpíná v tomto konkrétním souřadnicovém systému, je však intuitivní interpretací. Takže dvě nejdůležitější věci, které potřebujete vědět, abyste pochopili obecnou relativitu, je nejprve to, že zakřivení časoprostoru lze definovat a měřit úplně v časoprostoru. Vkládací prostor je zbytečný. A za druhé, můžete si zvolit libovolný souřadnicový systém, který se vám líbí. Fyziku to nemění. V souhrnu: Obecná relativita nám říká, že vesmír se nerozšiřuje do ničeho, nerozšiřujeme se s ním, a i když by se dalo říci, že se vesmír neroztahuje, ale zmenšujeme, že interpretace neznamená mnoho fyzického smyslu.

← Komentář celé téhle pasáže, co byla řečena, zatím vynechám /odložím.

Toto video sponzorovalo The Great Courses Plus. Ráda se učím nové věci, a přestože je YouTube opravdu užitečný pro malé kousky moudrosti, pro strukturované učení to zvláště dobré není. Pokud jde o strukturované učení, Great Courses Plus mi připadají neuvěřitelně užitečné. The Great Courses Plus je předplacená platforma pro výuku videa na vyžádání, která vám umožňuje streamovat přednášky ve vašem prohlížeči nebo pomocí aplikace v telefonu. Je to jako Netflix, ale pro učení. The Great Courses Plus má více než jedenáct tisíc video přednášek od uznávaných odborníků o tom, co vás zajímá, od přírodních věd a matematiky až po lingvistiku a vaření. The Great Courses Plus nyní nabízí bezplatnou zkušební verzi pro diváky tohoto kanálu, což je dvojitá výhoda, protože slouží vaší zvědavosti a podporuje tento kanál. Chcete-li tuto nabídku využít, navštivte [TheGreatCoursesPlus dot com - slash - sabine](https://www.thegreatcoursesplus.com), to je S A B I N E, nebo stačí kliknout na odkaz v níže uvedeném popisu a zahájit bezplatnou zkušební verzi ještě dnes. Děkuje za sledování, uvidíme se příští týden.

JN, kom 04.07.2021