

<https://www.youtube.com/watch?v=mNsISbFaJ0I&t=217s>

The Crisis in Cosmology



Cool Worlds

641 tis. odběratelů

230 181 zhlédnutí 17. 12. 2022 dnes 22.12.2022

Můj názor tu bude červeným písmem do přeloženého textu

(01)- Cosmology is the study of the nature of the universe itself. Arguably the most fundamental question astronomy can probe, how big is the universe? How did it begin? What is the universe law? It's a field that can humble the most narcissistic of kings. One that inspires personal transformations from nihilism to humanism and one that in recent years has been claimed to be facing a crisis so severe it threatens to undermine our very physical models of the cosmos. I am of course, speaking of the Hubble tension, the so-called crisis in cosmology. Like any active era of research, this is one where the needle is rapidly moving as new analyses and data are pouring in on an almost daily basis. Yet, despite all that, we do have enough information in hand now to say that something appears to be very wrong. So today, let's break down what is this crisis and what might it really mean? No sensationalism, just the facts. The story really begins in the late 1920s when observations of distant galaxies reveal that the further away a galaxy is the faster it appears to be moving away from us. Both Edwin Hubble and George Lemaître independently realize that the universe must be expanding in order to explain this. Like stretching a piece of rubber with marked points. Every point thinks that every other point is moving away from it during the expansion. And indeed the points furthest away seem to move faster. In the early 20th century, the rate of expansion was difficult to reliably infer, but over the years astronomers have improved their ability to measure this expansion rate, which has become known as the Hubble constant. The Hubble tension refers to a disagreement about this value. In particular, this number has been measured with two independent methods, which seem to give answers which are sufficiently different that they're difficult to reconcile. Either one of these methods is wrong or there was something wrong with our understanding of the cosmos itself. The first way we can measure the Hubble constant is from the cosmic microwave background, or CMB for short. This is the earliest light we can detect in the universe emitted at a time when the cosmos was less than 400,000 years old. So that's 13.8 billion years ago. At first glance, the CMB appears remarkably uniform with a universe appearing to have an average temperature of about three kelvin in all directions. But subtracting off that average, the patterns and inhomogeneity that are revealed encode information about the shape, composition, and structure of the universe. Remarkably, just about everything within the CMB can be described by a physical model using just six free parameters describing the mixture of matter, dark matter, and dark energy as well as the shape of the universe and its expansion rate. The agreement of this model to the data is frankly remarkable with the recent Planck mission revealing almost perfect agreement to the model across the board. By running this cosmological model forward in time one can predict what the current rate of expansion should be. Over time, we've got better at making that measurement with early results from the WMAP satellite giving a result of about 72 plus or minus five, but now more precisely pinned down to 67.4 plus or minus 0.5 using the Planck mission. I'll ignore the units here because it's really not that important for the current discussion and largely just distracts from the main points. The real thing to take away here is

that all of these measures are within era of each other and look consistent with just improving that precision over time. So if this cosmological model is correct, which remember it is a remarkably good job of explaining the CMB data, then we really should expect that the modern universe around us is expanding at its predicted rate. But of course we don't just wanna trust the math. Astronomists actually wanna double check that number. So we've been going out taking the local universe around us and measuring its expansion rate to make sure that everything agrees. These methods largely build upon what Edwin Hubble was doing almost a century ago, measuring the distances and velocities of distant objects and putting them on a graph to get the expansion rate. The devil is in the details though for measuring the distance to objects is particularly nuanced and challenging when dealing with objects that are millions of light years away. If I want to measure the distance to a nearby object, the way our brains do it is with parallax. Hold your finger out of arm's length in front of some distant background like say a city skyline. And if you close one eye and then the other, your finger will seem to move from side to side relative to that background. That's because your eyes are in physically

.....

(01)- Kosmologie je studiem podstaty samotného vesmíru. Pravděpodobně nejzákladnější otázka, kterou může astronomie zkoumat, jak velký je vesmír? Jak to začalo? Jaký je vesmírný zákon? Je to pole, které dokáže pokořit i toho nejnarcistického krále. Jeden, který inspiruje osobní transformace od nihilismu k humanismu, a ten, o kterém se v posledních letech tvrdilo, že čelí krizi tak vážné, že hrozí, že podkope naše samotné fyzické modely vesmíru. Mluvím samozřejmě o **Hubbleově napětí**, takzvané krizi v kosmologii. Jako každá aktivní éra výzkumu je i tato éra, kde se jehla rychle posouvá, protože nové analýzy a data proudí téměř denně. Navzdory tomu všemu **máme nyní v ruce dostatek informací, abychom mohli říci, že se zdá, že je něco velmi špatně**. Pojďme si tedy dnes rozebrat, co je tato krize a co může ve skutečnosti znamenat? Žádná senzacechtivost, jen fakta. Příběh skutečně začíná na konci dvacátých let, kdy pozorování vzdálených galaxií odhalilo, že čím dále je galaxie, tím rychleji se zdá, že se od nás vzdaluje. Jak Edwin Hubble, tak George Lemaître si nezávisle na sobě uvědomují, **že vesmír se musí rozpínat, aby to vysvětlil. Oni si toho jen všimli, ale nic nedokázali**. Jako když natahujete kus gumy s vyznačenými body. Každý bod si myslí, že každý druhý bod se od něj během expanze vzdaluje. A skutečně **se zdá**, že nejvzdálenější body se pohybují rychleji. **Zatím se to jen zdá. A zdání obvykle je sen**. Na počátku 20. století bylo obtížné **spolehlivě odvodit** rychlost expanze, ale v průběhu let astronomové zlepšili svou **schopnost měřit** tuto rychlost expanze, **Jak měří astronomové rychlost galaxií nebo kvasarů ?** která se stala známou jako Hubbleova konstanta. **H_0 je hodnota jakožto „stop-stav“ ke dnešku, ke dnešnímu stáří vesmíru...a to se mění... Hubbleovo napětí odkazuje na neshodu ohledně této hodnoty. Konkrétně toto číslo bylo **měřeno** dvěma **nezávislými metodami**, bylo-li měřeno, jsem zvědav na výklad „co“ bylo měřeno... které, **jak se zdá**, dávají dostatečně odlišné odpovědi, že je obtížné je sladit. **Buď je jedna z těchto metod špatná, nebo bylo něco špatně s naším chápáním vesmíru samotného. První způsob**, jak můžeme změřit Hubbleovu konstantu, je : z **kosmického mikrovlnného pozadí**, zkráceně CMB. Toto je nejranější světlo, které můžeme ve vesmíru detekovat, emitované v době, kdy byl vesmír mladší než 400 000 let. To je tedy před 13,8 miliardami let. Na první pohled se CMB jeví jako pozoruhodně jednotný, přičemž vesmír má průměrnou teplotu kolem tří Kelvinů ve všech směrech. Ale odečteme-li tento průměr, vzorce a nehomogenita, které jsou**

odhaleny, kódují informace o tvaru, složení a struktuře vesmíru. Je pozoruhodné, že téměř vše v CMB lze popsat fyzikálním **modelem** **model** je návrh jako např. že čerti mají 2 rohy = to je **model** pomocí pouhých šesti volných parametrů popisujících směs hmoty, temné hmoty a temné energie, stejně jako tvar vesmíru a rychlost jeho rozpínání. Souhlas tohoto **modelu** **čertů** s **daty** co jsou ta data ?, co je měřeno ? je upřímně pozoruhodný, protože nedávná mise Planck odhalila téměř dokonalou **shodu** s **modelem** s daty ? nebo shodu s čerty ? napříč všemi oblastmi. Spuštěním tohoto kosmologického **modelu** **model** $v = H_0 \cdot d \dots \text{ano} ?$ vpřed v čase lze předpovědět, **jaká by** měla být současná rychlost „v“ expanze. Postupem času jsme se v provádění tohoto **měření zlepšili** **měření čeho ??, co měříte ?** s prvními výsledky ze satelitu WMAP, které dávají výsledek asi 72 plus minus pět, ale nyní přesněji sníženy na $H_0 = 67,4$ plus minus 0,5 pomocí mise Planck. **Jednotky zde budu ignorovat, O.K.** protože to opravdu není pro současnou diskusi tak důležité a do značné míry to jen odvádí pozornost od hlavních bodů. **O.K.** Skutečná věc, kterou je třeba vzít, je, že všechna tato opatření jsou v rámci jedné éry a vypadají konzistentně s pouhým zlepšováním této přesnosti v průběhu času. Takže **pokud** je tento kosmologický **model** správný, což si pamatuje, že je to pozoruhodně dobrá práce při vysvětlení dat CMB, **pak bychom** skutečně měli očekávat, že se moderní vesmír kolem nás **rozpíná** svou *předpokládanou* rychlostí. **A ta je jaká ? je $v = H_0 \cdot d \dots \text{ano} ?$ Já říkám, že je to jinak. Mám jiný model. Váš model **rozpíná** (přičemž se neví zda „model“ rozpíná, nebo realita rozpíná, a to zda rozpíná časoprostor anebo Vesmír – to je rozdíl !). Můj model navrhuje **ROZBALOVANÍ** 3+3 dimenzí..., které má časoprostor i hmota. Ale samozřejmě nechceme věřit jen matematice. Astronomové ve skutečnosti chtějí toto číslo zkontrolovat. Vydali jsme se tedy s místním vesmírem kolem nás a **změřili** rychlost jeho **rozpínání**, čim, jak jste změřili rychlost blízkých objektů a nejbližších objektu ??? abychom se ujistili, že vše souhlasí. Tyto **metody** z velké části vycházejí z toho, co dělal Edwin Hubble před téměř stoletím, kdy **měřil** vzdálenosti a rychlosti **Jak je měřil ? A jak – podle čeho vyhodnocoval naměřené hodnoty ? Co měřil ?** vzdálených objektů a dával je do grafu, aby se získala rychlost expanze. Děbel je v detailech, i když měření vzdálenosti k objektům je zvláště jemné a náročné při práci s objekty, které jsou miliony světelných let daleko. Pokud chci změřit vzdálenost k blízkému objektu, náš mozek to dělá s paralaxou. Držte prst mimo délku paže před nějakým vzdáleným pozadím, jako je například panorama města. A pokud zavřete jedno oko a pak druhé, bude se vám zdát, že se váš prst pohybuje ze strany na stranu vzhledem k tomuto pozadí. To proto, že vaše oči jsou fyzicky uvnitř**

.....

(02)- different locations and so the angle subtended from each eye to your finger is different. The closer your finger is held to your eyes, the bigger the shift. However, as we move our finger away, the shift becomes less. So in this way, the parallax shift gives us the distance to an object and we do the same thing in astronomy, except the spacing between our eyes is replaced with the orbit of the earth from summer to winter. The earth physically shifts by 300 million kilometers over six months. The Gaia spacecraft is a master of measuring parallax and it has now done so for millions of stars, but the further away an object is, the smaller its parallax will be eventually becoming so small that we can't detect it even with Gaia. To get roundness, astronomers need a new distance measure, a distance proxy and so that's where a special type of star enters the story. One called a cepheid variable. All we really need to know is that cepheids are massive stars that regularly pulse, causing their brightness to periodically increase and decrease. These are very bright objects detectable from across intergalactic space

and it was Henrietta Leavitt who discovered that their pulsation periods were intimately related to their brightness. Leavitt turned cepheids into so-called standard candles, which are invaluable to cosmologists. The basic idea is that you first measure the distance to a nearby cepheid using parallax, which practically speaking means it has to be within the Milky Way in order for that technique to work. Step two, very simply you just measure how bright the cepheid appears here on earth. Step three is that you calculate then how bright the cepheid must truly be given its distance using the inverse square law. And step four, you observe its pulsation period. Doing this for all the nearby cepheids you can find, you can make a graph of the cepheid luminosity versus pulsation period giving this tight relationship. And that relationship known as the period luminosity relation or simply the Leavitt Law is kind of like your decryption key for measuring distances outside the galaxy. Because having calibrated this law, we can now go out beyond the Milky Way, take a cepheid pulsation period and then immediately know what its luminosity must be. Combine that with its apparent brightness and you can figure out how far away it must be using the inverse square law. So it's distance. And that distance is one of the two basic quantities we need to know in order to calculate the local expansion rate of the universe. So you can see that this technique is very powerful, but eventually it stops working for galaxies beyond about a hundred million light years. After that, the galaxies are just too faint for us to detect in the first place. Now that might sound like a huge number, but remember the universe is about 90 billion light years across. So we'd really like to go much further. A key thing to keep in mind is that this technique is wholly predicated upon correctly calibrating the Leavitt Law within the Milky Way galaxy. In this way you can think of it as being like the second rung in a ladder, which depends upon that first rung, which remember is correctly calibrating that law. In fact, we could even go to a third rung, which depends upon the second rung, and in this case that third rung is type 1A supernovae. Like cepheids these are thought to be standard candles, objects with standard luminosities. But unlike cepheids, we've never seen one up close and personal to really know what that standard luminosity actually is, which is probably a good thing because those events are so violent that a local instantiation would be undesirable to say the least. And so in the absence of any local examples, we are forced to figure out the luminosity of these type 1A supernovae using the second rung of that distance ladder. So the cepheids. In some galaxies we see type 1A's go off and in those same galaxies we also see cepheids. That means that we can use the cepheids to measure the distance to that galaxy, which of course means that that must also be the distance to our supernovae. And then we can figure out how luminous the supernovae was. So type 1A supernovae are the third rung on the ladder and they are so bright that we can look far further out into space out to distances of now up to a billion light years away. But like a house of cards, if any of the layers below are wrong, then our calculated distances of the type 1A supernovae will also be wrong. And that in turn means that if we use them to calculate the Hubble constant, that too would be wrong. It's a precarious game. If you want to measure the Hubble constant to a precision of say 1%, and that means that you need to calibrate each of those distance ladder rungs to at least 1% precision or really even better. The chain is only as strong as its weakest link.

.....

(02)- různá umístění, a tak úhel sevřený z každého oka k vašemu prstu je jiný. Čím blíže máte prst k očím, tím větší je posun **prstu** Jakmile však prst oddálíme, posun **prstu** bude menší. Takže tímto způsobem nám posun paralaxy udává vzdálenost k objektu a **my děláme totéž v astronomii, totéž ?** kromě toho, že vzdálenost mezi našimi očima je nahrazena

oběžnou dráhou Země od léta do zimy. Země se během šesti měsíců fyzicky posune o 300 milionů kilometrů. Kosmická loď Gaia je mistrem v měření paralaxy a nyní to udělala u milionů hvězd, ale čím dále je objekt, tím menší bude jeho paralaxa O.K. nakonec tak malá, že ji nedokážeme detekovat ani pomocí Gaie. Aby astronomové získali kulatost, potřebují nové měření vzdálenosti, proxy vzdálenost, a tak do příběhu vstupuje zvláštní typ hvězdy. Jedna se nazývá proměnná cefeid. Vše, co opravdu potřebujeme vědět, je, že cefeidy jsou masivní hvězdy, které pravidelně pulzují, což způsobuje, že jejich jasnost se periodicky zvyšuje a snižuje. Jedná se o velmi jasné objekty detekovatelné napříč mezigalaktickým prostorem a byla to Henrietta Leavittová, kdo zjistil, že jejich pulsační periody úzce souvisejí s jejich jasností.

Takže už neměříte paralaxu, ale a) „jasnost“! a měříte b) periodu, což je časový interval.

Leavitt proměnil cefeidy v takzvané standardní svíčky, které jsou pro kosmology neocenitelné. Základní myšlenkou je, že nejprve změříte vzdálenost k blízké cefeidě pomocí paralaxy, což prakticky znamená, že v Mléčné dráze musí být teplo, aby tato technika fungovala.

Krok druhý : velmi jednoduše změříte, jak jasná cefeida se zde na zemi objevuje.

Třetí krok spočívá v tom, že spočítáte, jak jasná musí být cefeida skutečně daná svou vzdáleností pomocí zákona o inverzní kvadrátě. Zákon je zjištěn v Přírodě, anebo navržen Přírodě ? Příroda občas musí poslouchat požadavky fyziků... A ve

čtvrtém kroku pozorujete periodu pulzování. Když to uděláte pro všechny blízké cefeidy, které můžete najít, můžete vytvořit graf závislosti svítivosti cefeid versus perioda pulsace, přímá úměra ? čímž vznikne tento úzký vztah. A tento vztah známý jako vztah dobové svítivosti nebo jednoduše Leavittův zákon je něco jako váš dešifrovací klíč pro měření vzdáleností mimo galaxii. Protože jsme zkalibrovali tento zákon, můžeme se nyní vydat za Mléčnou dráhu, vzít si periodu pulsace cefeid a pak okamžitě vědět, jaká musí být její svítivost. Zkombinujte to s jeho zdánlivým jasnem a můžete zjistit, jak daleko musí být pomocí zákona o inverzní kvadrátě. Takže je to vzdálenost. A tato vzdálenost je jednou ze dvou základních veličin, které potřebujeme znát, abychom mohli vypočítat místní rychlost rozpínání vesmíru. Takže můžete vidět, že tato technika je velmi výkonná, ale nakonec přestane fungovat pro galaxie vzdálené asi sto milionů světelných let. Poté jsou selfie jen dvě slabé, abychom je mohli detekovat jako první. Nyní to může znít jako obrovské číslo, ale nezapomeňte, že vesmír má průměr 2R asi 90 miliard světelných let. Takže bychom opravdu chtěli jít mnohem dál. Klíčová věc, kterou je třeba mít na paměti, je, že tato technika je zcela založena na správné kalibraci Leavittova zákona v galaxii Mléčná dráha. Tímto způsobem si to můžete představit jako druhou příčku v žebříčku, která závisí na té první příčce, která si pamatuje, že správně kalibruje tento zákon. Ve skutečnosti bychom dokonce mohli přejít na třetí příčku, která závisí na druhé příčce, a v tomto případě je tou třetí příčkou supernovy typu 1A. Stejně jako cefeidy jsou považovány za standardní svíčky, předměty se standardní svítivostí. Ale na rozdíl od cefeid jsme nikdy neviděli ani jeden zblízka a osobně, abychom skutečně věděli, jaká ta standardní svítivost ve skutečnosti je, což je pravděpodobně dobře, protože tyto události jsou tak násilné, že místní konkretizace by byla přinejmenším nežádoucí. A tak při absenci jakýchkoli místních příkladů jsme nuceni zjistit svítivost těchto supernov typu 1A pomocí druhé příčky tohoto žebříčku vzdálenosti. Takže cefeidy. V některých galaxiích vidíme zhasnout typ 1A a ve stejných galaxiích také vidíme cefeidy. To znamená, že můžeme použít cefeidy k měření vzdálenosti k této galaxii, což samozřejmě znamená, že to musí být také vzdálenost k našim supernovám. A pak můžeme zjistit, jak svítivá byla

supernova. **Supernovy typu 1A** jsou tedy třetí příčkou na žebříčku a **jsou tak jasné**, že se můžeme dívat daleko dále do vesmíru až do vzdáleností nyní až miliardy světelných let daleko. Ale jako domeček z karet, pokud je některá z níže uvedených vrstev chybná, pak naše **vypočítané vzdálenosti** supernov typu 1A budou také špatné. **Podle čeho se vypočítá vají?** A to zase znamená, že pokud je použijeme k výpočtu Hubbleovy konstanty, bylo by to také špatně. Je to nejistá hra. Pokud chcete změřit Hubbleovu konstantu s přesností řekněme 1 %, a to znamená, že musíte zkalibrovat každý z těchto posuvných příček vzdálenosti s přesností alespoň 1 % nebo dokonce ještě lepší. Řetěz je jen tak silný, jak silný je jeho nejslabší článek.

.....

(03)- So with that intro to the distance ladder complete, what does it actually tell us about the expansion rate of the universe? Hubble was constant. A team led by Nobel laureate Adam Riess who call themselves SHOES have been leading an effort to measure the Hubble constant of the local universe. Similar to what we're seeing with the CMB value, the precision has been increasing over time thanks to more precise parallaxes, refined analysis techniques, and more observational data, which by the way includes over 1500 hours of time on the Hubble space telescope. As before, the fact that the value gets more precise really isn't surprising and each improvement agrees with the previous estimate to within error. So far so good. But the problem is when we put the CMB measurements back on the same plot. We see a growing discrepancy between them. That right there is the Hubble tensions, the crisis in cosmology. So something is very weird here. One of these measurements must be wrong. If it is the local universe one, then that implies that our distance ladder is most likely in error. There must be some systematic calibration issue with what we did there. **But if it were the CMB one that was wrong, then that would imply that our cosmological model of the universe is itself flawed. That's perhaps the most exciting of these two options. 'Cause it would mean that there was new physics beyond the current model.** So what could this new physics be? There's been plenty of exciting suggestions such as a new particle ignored by the existing model like the staron neutrino for example. Another popular idea is that the strength of dark energy is growing over time, which would have some important consequences for the fate of our universe in the distant future. Others have suggested decaying dark matter or modified theories of gravity, non-zero spatial curvature, or exotic interactions between dark energy in dark matter. In fact, as you can see there are quite a few options on the table. But before we start ripping up the physics textbooks and getting too excited, there is of course a far more mundane possible explanation and that is that our local measurement is wrong, that perhaps the distance ladder has been miscalibrated. This isn't just idle speculation. There are good reasons to be worried about the validity of the distance ladder. First, although the Leavitt Law wasn't even initially considered to be a simple one-to-one relationship between pulsation period and luminosity, we've since discovered that it also subtly depends upon color and metallicity. That's frustrating because there's actually only a few dozen cepheids in the Milky Way, so it's gonna be difficult to precisely measure these new dependencies from such a small sample to begin with, as well as of course, challenging to measure those same properties for other galaxies down the road. Metallicity is a bit particularly challenging topic because for cepheids, you can't even often measure their metallicity directly. Instead, we rely on the surrounding environment's oxygen abundance as a proxy. The dependency of luminosity upon metallicity is characterized by this coefficient in the Leavitt Law equation. It's almost like the exchange rate going from dollars to Yen. If you want to know the value of your Yen, then you

of course need to know the exchange rate to make an accurate conversion. The problem is that astronomers don't really agree on this coefficient as shown by the range of recently published values shown here. And these differences can introduce discrepancies in the Hubble constant at the percent level. Now, there is some hope that JWST will provide a firm answer here thanks to its improved spectroscopic capabilities, but for now we may have to wait. Another problem is frankly unavoidable. Cepheids are massive stars, which means they are young stars because massive stars simply don't live very long. So why is this a problem? It's because stars are typically born in dense stellar nurseries that are nestled within their galactic disk. This is the New York City of the Galaxy, a busy, bustling, dense, overcrowded region filled with dust and dirt all over the place. That dust though, is a major problem. The dust blocks out some of the cepheid's light, and so we have to carefully correct exactly how much light was blocked out. If we assume the wrong amount of dust though, then we'll get the wrong luminosity for our cepheid. And so break our distance ladder. Who would've thought that something as boring as calibration issues and dust could be potentially responsible for a crisis in cosmology? You've hoped for a revolution in physics and instead you got dust. And indeed, this might sound familiar because it's not the first time astrophysicists have experienced that sensation either. Remember BICEP2 or Biogen STAR, dust and dust.

.....

(03)- Takže když je tento úvod k žebříčku vzdálenosti dokončen, co nám vlastně říká o rychlosti rozpínání vesmíru? Hubble byl konstantní. Tým vedený laureátem Nobelovy ceny Adamem Riessellem, který si říká SHOES, vedl **úsilí o měření Hubbleovy konstanty H_0** místního vesmíru. **On totiž přijde do vědy kosmologické další problém: Tempo plynutí času směrem k big-bangu se mění, není konstantní. Stárnutí není lineární. A dokonce v řezu celým vesmírem v čase H_0 , řezu zde, zde nemusí být hodnota stáří „stop-stavu“ -někde kdekoliv- stejná jako zde „naše“ H_0 . A dokonce v každém „lokálním klustru galaxií“ bude v dané lokalitě nejen jiné tempo stárnutí, ale i jiný stav stáří od big-bangu. Takže ta šílená hrůza zkoumání „co je to čas a jak se chová“, teprve přijde.** Podobně jako to, co vidíme u hodnoty CMB, přesnost se postupem času zvyšovala díky přesnějším paralaxám, vylepšeným analytickým technikám a většímu množství pozorovacích dat, která mimochodem zahrnují více než 1500 hodin času na Hubbleově vesmírném teleskopu. Stejně jako dříve skutečnost, že se hodnota H_0 – dnešní „stop-stav“ zpřesňuje, skutečně není překvapující a každé zlepšení souhlasí s předchozím odhadem s přesností na chybu. Zatím je vše dobré. Ale problém je, **když vrátíme měření CMB zpět na stejný pozemek. Vidíme mezi nimi rostoucí rozpor. Právě tam je Hubbleovo napětí, krize v kosmologii.** Takže tady je něco velmi zvláštního. Jedno z těchto měření musí být chybné. Pokud je to lokální vesmír, pak to znamená, že náš žebřík vzdálenosti je s největší pravděpodobností chybný. S tím, co jsme tam dělali, musí být nějaký systematický problém s kalibrací. **Ale pokud by se mýlil ten CMB, pak by to znamenalo, že náš kosmologický model vesmíru je sám o sobě chybný. To je možná ta nejzajímavější z těchto dvou možností. Protože by to znamenalo, že existuje nová fyzika nad rámec současného modelu.** **Co by tedy tato nová fyzika mohla být? No co ? Bude to moje HDV, tj. teorie o realizace hmoty „v tomto Vesmíru“ použitím 3+3dimenzí časoprostoru a jejich křivením – balíčkováním do balíčků, do útvarů, které takto se budou chovat jako elementární částice hmoty.** Objevila se spousta **vzrušujících návrhů**, jako je například nová částice ignorovaná stávajícím modelem, **Bohužel můj vzrušující návrh, nový model HDV, nikdo ve světě neotiskl...(naopak)** jako je například staronové neutrino. Další **populární** myšlenkou je, že síla temné energie v průběhu času roste, což by mělo některé důležité důsledky pro osud

našeho vesmíru v daleké budoucnosti. Jiní **velikáni** navrhli rozpadající se temnou hmotu nebo modifikované teorie gravitace, nenulové prostorové zakřivení nebo exotické interakce mezi temnou energií v temné hmotě. **No paráda..., úžasně** Ve skutečnosti, jak vidíte, na stole je docela dost možností. Ale než začneme trhat učebnice fyziky a příliš se vzrušovat, **existuje samozřejmě mnohem přízemnější možné vysvětlení**, a to, že naše místní měření je špatné, že žebřík vzdálenosti byl možná špatně zkalibrován. **Měření je možná dobře, ale hodnoty-data jsou dosazovány do závadných rovnic, chybných doktrín, modelů, apod. Viz Rubinová v dosazování vzdáleností mezi M_1 a M_2 v galaktických ramenech do Newtona a to jako R-rovná úsečka, a ono by se mělo dosazovat R-úsečka v oblouku** To nejsou jen plané spekulace. **Nejsou, protože mezigalaktické prostoru časoprostoru jsou méně křivé než prosory uvnitř galaxie.** Existují dobré důvody, proč se obávat platnosti žebříčku vzdálenosti. Za prvé, ačkoliv Leavittův zákon nebyl původně ani považován za jednoduchý vztah jedna ku jedné mezi periodou pulsace a svítivostí, od té doby jsme zjistili, že také jemně závisí na barvě a metalicitě. **To je frustrující**, protože v Mléčné dráze je ve skutečnosti jen několik desítek cefeid, takže bude obtížné přesně změřit tyto nové závislosti z tak malého vzorku na začátku, stejně jako samozřejmě náročné měřit stejné vlastnosti pro jiné galaxie, po silnici. Metalicita je trochu obzvláště náročné téma, protože u cefeid často ani nemůžete přímo měřit jejich metalicitu. Místo toho se spoléháme na množství kyslíku v okolním prostředí jako na proxy. Závislost svítivosti na metalicitě je charakterizována tímto koeficientem v rovnici Leavittova zákona. Je to skoro jako směnný kurz přecházející z dolarů na jen. Pokud chcete znát hodnotu svého jenu, pak samozřejmě potřebujete znát směnný kurz, abyste mohli provést přesný převod. Problém je v tom, že astronomové se na tomto koeficientu ve skutečnosti neshodnou, jak ukazuje rozsah zde uvedených nedávno publikovaných hodnot. **A tyto rozdíly mohou způsobit nesrovnalosti v Hubbleově konstantě na úrovni procent.** Nyní existuje určitá naděje, že JWST zde poskytne pevnou odpověď díky svým vylepšeným **spektroskopickým schopnostem**, **aha, už se dostávám k odpovědím na své otázky : „co“ měří JWST !, „kam, do čeho“ se to dosazuje ?, „jak“ se to vyhodnocuje ?, „jaký“ tu je nezpochybnitelný model vyhodnocování ne-zpochybnitelných naměřených hodnot ?, „co“ měříme ve spektru ?,... ale zatím si možná budeme muset počkat.** Další problém je, upřímně řečeno, nevyhnutelný. Cefeidy jsou masivní hvězdy, což znamená, že jsou to mladé hvězdy, protože masivní hvězdy prostě nežijí příliš dlouho. Proč je to tedy problém? Je to proto, že hvězdy se obvykle rodí v hustých hvězdných porodnicích, které jsou zasazeny do jejich galaktického disku. Toto je New York City of the Galaxy, rušný, rušný, hustý a přelidněný region plný prachu a špíny všude kolem. Ten prach je ale velký problém. Prach blokuje část světla cefeid, a tak musíme pečlivě opravit, kolik světla bylo zablokováno. **Pokud** však předpokládáme nesprávné množství prachu, **pak** získáme pro naše cefeidy špatnou svítivost. A tak prolomte náš žebříček vzdálenosti. Kdo by si pomyslel, **že něco tak nudného jako problémy s kalibrací a prach může být potenciálně zodpovědné za krizi v kosmologii?** Doufali jste v revoluci ve fyzice a místo toho jste dostali prach. A skutečně to může znít povědomě, protože to není poprvé, co astrofyzici zažili tento pocit. Pamatujte na BICEP2 nebo Biogen STAR, prach a prach.

.....

(04)- So to some degree this is an unavoidable problem with cepheids. So perhaps one solution is just to ditch the cepheids altogether, to start over, go back to the drawing board of our distance ladder, and get a new first and second rung. But to do that we would need to replace the cepheids with something else. We would need a new standard candle. Enter giant stars. Stars like the sun, fuse hydrogen inter helium in their core, but eventually they'll swell

by hundreds of times as they exhaust a supply of hydrogen fuel in their cores and instead start fusing the hydrogen around the shell of the core. This shell burning behavior leads to a rapid ballooning in the size of the star, which in turn causes the luminosity to greatly rise. It's exactly this process that will eventually doom us all here on earth. Check out our previous video to see how. Eventually the pressure in the stellar core becomes sufficiently high that the thus far inert helium ash starts to fuse. This is actually good news because the star is now burning fuel in its core once again out by helium fuel. And so now the star returns to a more stable state and thus a smaller size. So if you track the luminosity of the star over time, you'd see this gradual growth during the shell burning phase, followed by a reversal once the helium fusion begins. That reversal point, the peak luminosity is called the tip of the red giant branch, and it's largely independent of the star's metallicity unlike for cepheids. In essence, this reversal point is a standard candle. It's a weird one though because it doesn't really work for any single objects since it's unlikely you'd happen to catch a star at exactly this moment in its life cycle. But if you look at the brightness values of a large number of giants, then you'd see a clear maximum possible value that corresponds to the tip of the red giants and that heat is our standard candle. This method is in many ways, cleaning out of the cepheids. Since unlike the Leavitt Law, there's hardly any dependency in mentality here, which remember it's very difficult to measure at cosmic distances. Yet more, another major advantage here is that these stars are by definition, old stars. For example, it would take a star like the sun about 10 billion years to get to this point in total when counting from its birth. Because of their advanced years, they have long since left their star nurseries and have meandered in and around their galaxy many times over. In fact, a large number of them no longer even reside within their galactic disks, but instead have migrated out to what we call the galactic halo, kinda like the quiet back country of the galaxy where the spacing between stars is far greater. This is incredibly useful because out here there's hardly anything to get in the way of our observations. There's no dust, there's no contaminating stars. If observing extra galactic cepheids is like trying to do astronomy in New York City, swamped by the haze and city lights, observing extra-galactic giant stars is like being out in the Atacama Desert, clear inky black skies peppered with crisp oasis of light. Famed astronomer Wendy Freedman has been advancing this method for years, which is not surprising given that it was she who first used the Hubble Space telescope to measure the Hubble constant two decades ago using cepheids. Suffice to say Freedman has been thinking about this problem very deeply for as long as anyone. So her team recently used this completely independent standard candle method, the giant stars as a way of recalibrating the entire distance ladder in an effort to finally resolve the Hubble tension. On the one hand we have the 67.4 plus minus 0.5 valley derived from the CMB using Planck. 73.0 plus or minus 1.0 coming from SHOES. So the real question is where does this new independent measurement land? Does this third method reveal who's right and who's wrong? Here's their answer, right in the middle of the two. 69.8 plus or minus 1.7. Remarkably, it's actually consistent with both. Whilst the CMB and the cepheids measurements are five error bars apart or five sigma, the tip of the red giant branch method is effectively okay with both of them. It's 1.3 sigma away from the CMB method, which is completely fine. And 2.9 sigma away from the cepheid measurement. That's a little high, but we could perhaps just explain that by adding in a little bit more systematic error into the cepheid measurements.

.....

(04)- Takže do určité míry je to nevyhnutelný problém s cefeidy. Takže možná jedním řešením je prostě vypustit cefeidy úplně, **začít znovu, vrátit se na rýsovací prkno našeho žebříčku vzdálenosti a získat novou první a druhou příčku.** A navíc se konečně zamyslet nad novou myšlenkou rozbalování “3+3 dimenzí časoprostoru, čímž dojdeme k novým úvahám o „stavbě Vesmíru“ a hmoty stylem „křivení“ dimenzí pro výrobu hmoty. Ale k tomu bychom potřebovali nahradit cefeidy něčím jiným. Novým myšlením ...pro nové pochopení tempa plynutí času v průběhu stárnutí vesmíru http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_239.jpg ; **Potřebovali bychom novou standardní svíčku. Spíš teorii HDV...tedy pochopit, že globální vesmír je směrem „k začátku času“ více a více zakřivený a tedy signál z cefeid přichází potočený, po křivých dimenzích a tedy onen měřený rudý posuv je trochu chybný je-lichybná vzdálenost v oblouku časoprostoru. Hubble rovnice $v = H_0 \cdot d$ není správná, je „cinknutá“ právě tím, že „d“ je v oblouku http://www.hypothesis-of-universe.com/docs/c/c_239.jpg , není to přímka, není to lineární rovnice. A navíc :ukáže-li se v dalších teoretických úvahách, že čas do minulosti také plynul nerovnoměrně, tempo se zrychlovalo, tak to je další opravný činitel do poznání. Zadejte obří hvězdy. Hvězdy jako slunce spojují vodík mezi heliem ve svém jádru, ale nakonec stokrát stokrát, když vyčerpají zásobu vodíkového paliva ve svých jádrech a místo toho začnou tavit vodík kolem obalu jádra. Toto chování při hoření skořápky vede k rychlému nafouknutí velikosti hvězdy, což zase způsobí výrazné zvýšení svítivosti. Je to přesně tento proces, který nás všechny zde na zemi nakonec zahubí. Podívejte se na naše předchozí video a uvidíte, jak na to. Nakonec se tlak ve hvězdném jádru stane dostatečně vysokým, aby se dosud inertní heliový popel začal tavit. To je vlastně dobrá zpráva, protože hvězda nyní spaluje palivo ve svém jádru opět pomocí heliového paliva. A tak se nyní hvězda vrací do stabilnějšího stavu a tím i menší velikosti. **Takže pokud budete sledovat svítivost hvězdy v průběhu času, do minulosti, kde se tempo plynutí času měnilo, bylo vyšší a vyšší (anebo časová dimenze byla v oblouku, celý čp byl v měnící se křivosti), pak jsou úvahy opět „v plenkách“, uvidíte tento postupný růst během fáze hoření skořápky, následovaný obrácením, jakmile začne fúze helia.** Tento bod zvratu, **maximální svítivost, to je jiný problém, to je vývojový problém dané hvězdy-cefeidy v daném jejím místě-poloze od Třesku** se nazývá špička větve červeného obra a na rozdíl od cefeid je do značné míry nezávislý na metalicitě hvězdy. V podstatě je tento bod zvratu standardní svíčkou. Je to však zvláštní, protože to ve skutečnosti nefunguje pro žádné jednotlivé objekty, protože je nepravděpodobné, že byste náhodou zachytili hvězdu přesně v tomto okamžiku jejího životního cyklu. Ale když se podíváte na hodnoty jasu velkého počtu obrů, pak byste viděli jasnou maximální možnou hodnotu, která odpovídá špičce červených obrů a že teplo je naše standardní svíčka. Tato metoda je v mnoha ohledech čištěním cefeid. Protože na rozdíl od Leavittova zákona zde není téměř žádná závislost v mentalitě, která si pamatuje, že je velmi obtížné měřit na kosmické vzdálenosti. Další hlavní výhodou je, že tyto hvězdy jsou z definice staré hvězdy. Například hvězdě jako Slunce by trvalo asi 10 miliard let, než by se celkem dostala do tohoto bodu, počítáme-li od svého narození. Kvůli svému pokročilému věku už dávno opustili své hvězdné školky a mnohokrát se vandrovali ve své galaxii a kolem ní. Ve skutečnosti velké množství z nich už ani nesídlí na svých galaktických discích, ale místo toho migrovalo do toho, čemu říkáme galaktické halo, něco jako tichá zadní krajina galaxie, kde je rozestup mezi hvězdami mnohem větší. To je neuvěřitelně užitečné, protože tady venku není téměř nic, co by stálo v cestě našim pozorováním. Není tu žádný prach, nejsou žádné kontaminující hvězdy. Jestliže pozorování extragalaktických cefeid je jako pokus o astronomii v New Yorku, zaplaveném oparem a městskými světly, pozorování extragalaktických obřích hvězd je jako být venku v poušti Atacama, jasné inkoustově černé**

obloze poseté svěží oázou světla. Slavná astronomka Wendy Freedmanová tuto metodu prosazuje již léta, což není překvapivé vzhledem k tomu, že to byla ona, kdo před dvěma desetiletími poprvé použil Hubbleův vesmírný dalekohled k měření Hubbleovy konstanty pomocí cefeid. Stačí říci, že Freedman o tomto problému přemýšlela velmi hluboce tak dlouho jako nikdo jiný. Její tým tedy nedávno použil tuto zcela nezávislou standardní metodu svíček, obří hvězdy jako způsob recalibrace celého žebříčku vzdálenosti ve snaze konečně vyřešit Hubbleovo napětí. Na jedné straně máme údolí 67,4 plus minus 0,5 odvozené z CMB pomocí Planck. 73,0 plus minus 1,0 od BOTY. Skutečná otázka tedy zní, kde toto nové nezávislé měření přistane? Odhaluje tato třetí metoda, kdo má pravdu a kdo ne? Tady je jejich odpověď, cca přímo uprostřed těch dvou. 69,8 plus minus 1,7. Možná to bude 68.3 +/- ... a to je ještě blíž k „mé hodnotě“ stáří Vesmíru 14,24 miliard let. Je pozoruhodné, že je to vlastně v souladu s oběma. Zatímco měření CMB a cefeid jsou od sebe vzdáleny pět chybových úseček nebo pět sigma, konec metody větve červeného obra je u obou v podstatě v pořádku. Je to 1,3 sigma od metody CMB, což je úplně v pořádku. A 2,9 sigma od měření cefeid. To je trochu vysoké, ale mohli bychom to možná vysvětlit přidáním trochu systematictější chyby do měření cefeid.

.....

(05)- In our upcoming Cool Worlds podcast show, which you can look out for in the new year, I asked Wendy what her reaction was when she saw that her measurement landed right in the middle. And I guess we would hope we were hoping that you would, your number would land on one side or the other and we'd be like okay, so now we know where the problem is. When you realized your answer was right in the middle, were you frustrated by that? How did you feel? - Well, someone, the immediate reaction was sort of like shock. Really? Did it really land in the middle? It was sort of odd. And we didn't attach this absolute zero point until the end so we didn't know where this was gonna land. So until we were you know, ready to apply it and that was it. It was like one morning, here's the answer. And it, so it was slightly a shock. - An interesting way of thinking about the Hubble crisis is to imagine an alternate reality, an alternate reality where we invented and deployed the tip of the red giant branch method before the cepheid method ever came along. So in this alternate reality we'd have two measurements for the Hubble constant, one from the CMB and one from the local universe. And both of them would seem to be an almost perfect agreement with one another. There would be no tension. And instead we'd just be celebrating the remarkable fact that these two radically different methods gave remarkable agreement about the expansion rate of the universe. So if then cepheids came along later we would likely just dismiss it as a troubled method, especially given the fact that they are usually embedded within bustling galactic disks. So does this mean that there's no crisis in cosmology then? Well, before we totally give up on that idea, I think we still want to improve our precisions just a little bit more. On the horizon there are two big data releases from the Gaia Spacecraft that promise to improve our parallaxes even further, and thus will let us go back and recalibrate that distance ladder just a little bit better. Yet more, JWST is already observing nearby galaxies in an effort to measure their distances using both the cepheid technique and with giant stars as well as other methods too, to hopefully finally figure out whether they agree with each other or not. So rather than jumping the gun too much, let's just see what FrAfter all the answer here may simply be dust, but a headline like dust may be a source of systematic error in cepheid distance measurements just isn't as catchy as a crisis in cosmology. I can't give you the answers that you might want to hear. That's not how science works. To quote freedman,

nature is there and she's gonna come out in the way she is. Our predispositions don't count. All I can ever promise you on this channel is a sober analysis, but looking ahead there will be answers here from Gaia, from JWST, we will resolve the Hubble tension. So until then, stay thoughtful and stay curious. Thank you so much watching everybody. I hope you enjoyed this video. If you did, be sure to like, share, subscribe. It really does make a difference. And if you really wanna help us out, then you can become a donor to my research team, the Cool Worlds Lab right here at Columbia University. I want to give a moment just to give a special thank you to all of our donors over the last year in 2022. And here's looking forward to an even more spectacular 2023.

.....

(05)- V naší nadcházející podcastové show Cool Worlds, na kterou se můžete těšit v novém roce, jsem se zeptal Wendy, jaká byla její reakce, když viděla, že její měření přistálo přesně uprostřed. A myslím, že bychom doufali, že doufali, že vy, vaše číslo přistane na jedné nebo druhé straně a my budeme v pořádku, takže teď víme, kde je problém. Když jste si uvědomili, že vaše odpověď byla přesně uprostřed, byla jste tím frustrovaná? Jak jste se cítila? - **No, někdo, okamžitá reakce byla něco jako šok.** Opravdu? Opravdu to přistálo uprostřed? Bylo to trochu zvláštní. A tento bod absolutní nuly jsme nepřipojili až do konce, takže jsme nevěděli, kde to dopadne. Takže dokud jsme nebyli připraveni to aplikovat a bylo to. Bylo to jako jedno ráno, tady je odpověď. A tak to byl mírný šok. - Zajímavým způsobem uvažování o Hubbleově krizi je představit si alternativní realitu, alternativní realitu, kde jsme vynalezli a nasadili hrot metody větvi rudého obra ještě předtím, než se objevila metoda cefeid. Takže v této alternativní realitě bychom měli dvě měření Hubbleovy konstanty, jedno z CMB a jedno z místního vesmíru. A zdálo by se, že oba jsou mezi sebou téměř dokonalá shoda. Nebylo by žádné napětí. **A místo toho bychom jen oslavovali pozoruhodný fakt, že tyto dvě radikálně odlišné metody poskytly pozoruhodnou shodu o rychlosti rozpínání vesmíru.** Takže pokud by se cefeidy objevily později, pravděpodobně bychom to prostě odmítli jako problematickou metodu, zejména vzhledem ke skutečnosti, že jsou obvykle zasazeny do rušných galaktických disků. **Znamená to tedy, že v kosmologii žádná krize není?** No, než se té myšlenky úplně vzdáme, myslím, že ještě chceme trochu zlepšit naše přesnosti. Na obzoru jsou dvě vydání velkých dat z kosmické lodi Gaia, která slibují ještě další zlepšení našich parallax, a tak nám umožní vrátit se a překalibrovat ten žebřík vzdálenosti jen o něco lépe. Navíc **JWST již pozoruje blízké galaxie ve snaze změřit jejich vzdálenosti jak pomocí techniky cefeid,** tak pomocí obřích hvězd a také jinými metodami, aby snad konečně zjistil, zda spolu souhlasí nebo ne. Takže raději než příliš skákat s pistolí, pojďme se jen podívat, co FrAfter all odpovědí zde může být prostě prach, ale titulky jako prach může být zdrojem systematických chyb v měření vzdálenosti cefeid prostě není tak chytlavý jako krize v kosmologii. Nemohu vám dát odpovědi, které byste možná chtěli slyšet. Takhle věda nefunguje. Abych citoval Freedmana, příroda je tam a vyjde tak, jak je. Naše predispozice se nepočítají. Vše, co vám na tomto kanálu mohu slíbit, je střizlivá analýza, ale při pohledu do budoucna zde budou odpovědi od Gaie, z JWST, vyřešíme napětí z Hubblea. Takže do té doby zůstaňte přemýšliví a zůstaňte zvědaví. Všem moc děkuji. **Doufám, že se vám toto video líbilo. Pokud ano, určitě dejte like,** sdílejte, odebírejte. Je to opravdu rozdíl. A pokud nám opravdu chcete pomoci, pak se můžete stát dárcem mého výzkumného týmu, laboratoře Cool Worlds Lab přímo zde na Kolumbijské univerzitě. Chtěl bych věnovat chvíli jen zvláštnímu poděkování všem našim dárcům za poslední rok v roce 2022. A zde se těšíme na ještě velkolepější rok 2023.

JN, 23.12.2022