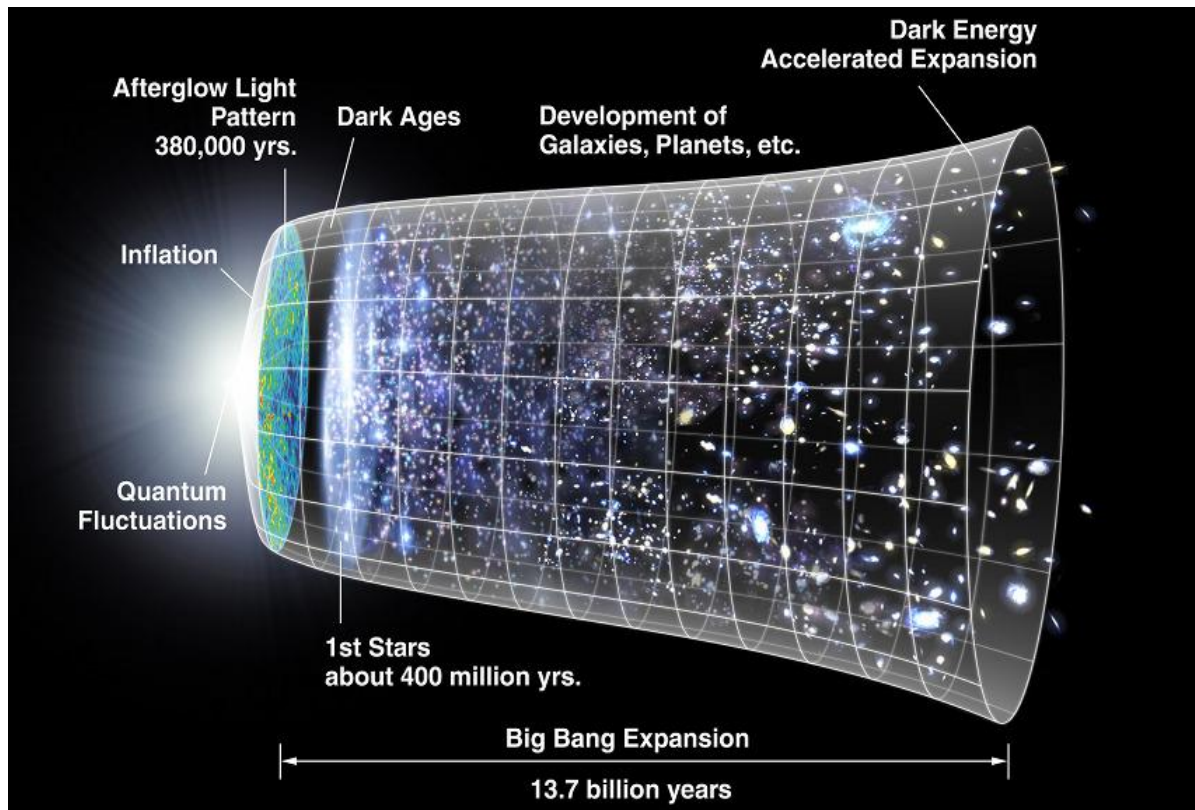


Inflace vesmíru, reionizace a vývoj vesmíru v grafech od velkého třesku

(18.12.2011, 2552 přečtení)



Stáří vesmíru je odhadováno na 13,7 miliardy let, rychlé změny na počátku určily pozdější, současný i budoucí vývoj. Před velkým třeskem byla hmota a energie vesmíru patrně soustředěna do velmi malého prostoru menšího než atom. Přímý okamžik velkého třesku nelze popsat zákony dnešní fyziky, lze však vyvodit, co se dělo v následující asi miliardtině sekundy. Současná věda se snaží této situaci přiblížit hledáním Higgsova bozonu v urychlovači CERN. V prvotní fázi vesmíru vznikaly částice - některé dosud neznámé a - rychle se navzájem přeměňovaly. V dnešním vesmíru rozlišujeme čtyři síly:

- gravitační
- elektromagnetickou
- slabou jadernou
- silnou jadernou

Za obrovských teplot na počátku vesmíru byly všechny síly spojeny v "supersílu", která působila na všechny částice stejně.

- V čase asi do 10^{-43} (jinak psáno 10^{-43}) sekundy se oddělila nejdříve gravitační síla.
- V čase asi do 10^{-35} (jinak psáno 10^{-35}) sekundy se vesmír z velikosti atomu zvětšil asi na velikost volejbalového míče.
- V čase asi do 10^{-9} (jinak psáno 10^{-9}), čili miliardtiny sekundy se oddělila nejprve síla elektromagnetická, pak slabá a silná jaderná síla.
- Oddělením sil se zahájil vývoj elektronů a kvarků, z nichž se staly protony a neutrony a pak dnešní baryonová hmota - atomy, které tvoří galaxie. Baryonová hmota však dnes tvoří asi 4% vesmíru a galaxie z toho jen 10 %, čili 0,4 % vesmírné hmoty a energie. Brzy po velkém třesku byl vodík nejprve v ionizované formě.
- Asi 780 milionů let od počátku vesmíru tvořil neutrální vodík 10 % až 50 % objemu vesmíru. O 200 milionů let později, tedy asi v době necelou 1 miliardu let od velkého třesku, pokleslo množství neutrálního vodíku na nízké hodnoty obdobné dnešnímu množství. Úbytek neutrálního vodíku pročistil vodíkovou mlhu a vesmír se stal poprvé průhledným pro UV záření. Vodík se znovu ionizoval, toto období lze označit jako reionizace. Zdrojem ultrafialového záření, které provedlo reionizaci vodíku, byly pravděpodobně mladé hvězdy (tzv. Populace III směřující rychle do stádia supernov). Tyto mladé

hvězdy o hmotnosti asi 100 Sluncí se dožívaly stáří asi 1000 krát menšího, než Slunce, řádově tedy miliony let. Nebyly v dnešním vesmíru nalezeny. Vesmír se stával asi během 200 milionů let průhledným pro ultrafialové záření. Emisní čára Lyman-alfa v ultrafialové oblasti, kterou vyzařuje ionizovaný vodík, je rozpoznatelná i u velmi slabých a vzdálených galaxií. Zdrojem záření tohoto záření jsou galaxie a pohlcování UV záření se děje molekulárním vodíkem v mezihvězdném prostoru.

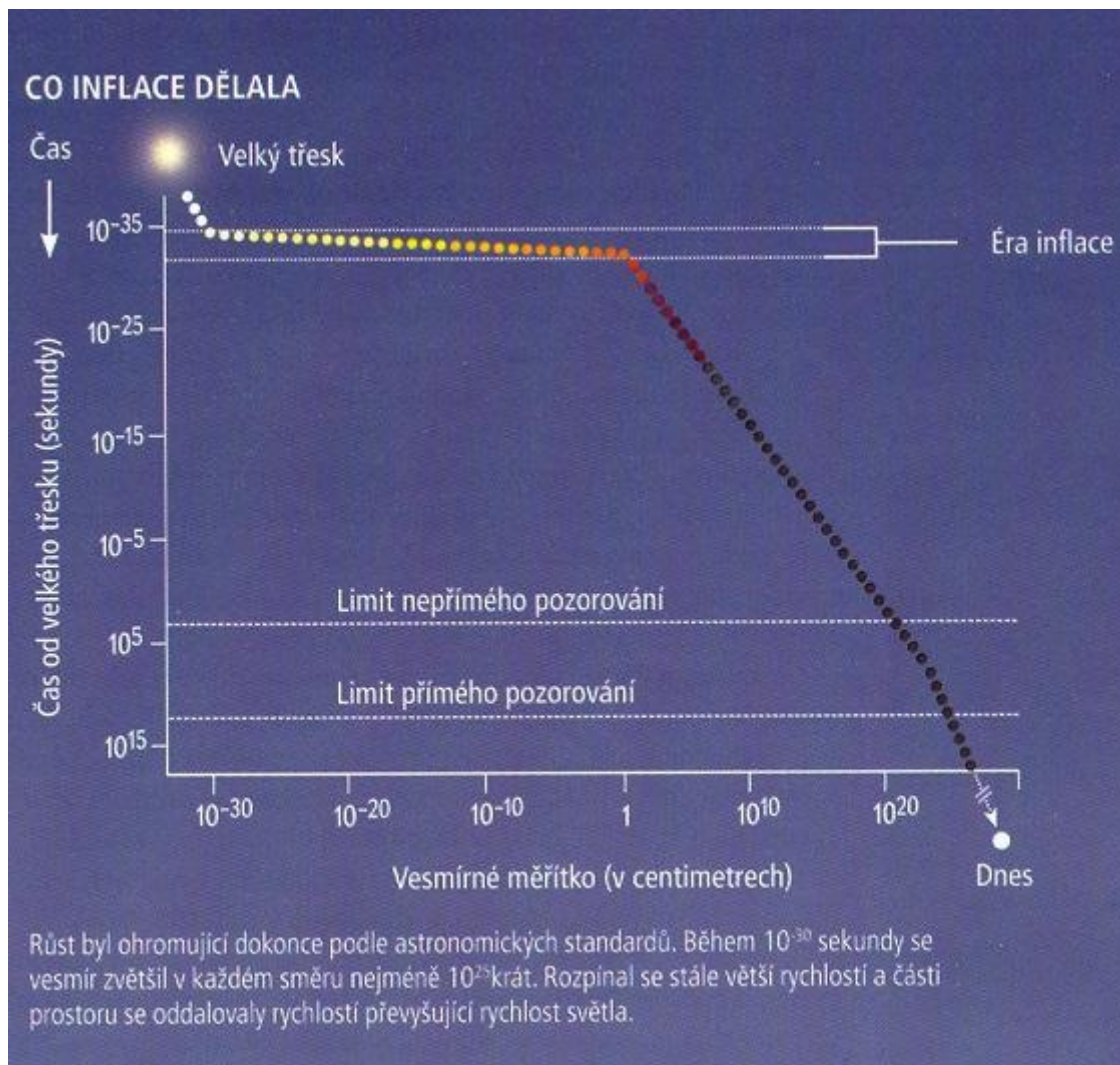
Dalekohled ESO/VLT prozkoumal tato ranná období vesmíru.

- Určil vzdálenost galaxií pomocí posunu čáry směrem k červenému konci spektra a zařadil tyto objekty na časovou osu po velkém třesku a sledoval, jak se vyzařování galaxií postupně měnilo.
- Bylo možné měřit, do jaké míry byla v různých obdobích emise na vlnové délce čáry Lyman-alfa absorbována neutrální vodíkovou mlhou v mezigalaktickém prostoru.

Pomocí grafů nelze následující vývoj vesmíru vyjádřit v rozumném měřítku. Vždyť už jen velikost človíčka (1,5 m) a vzdálenost Země - Slunce (150 miliard metrů) jsou v poměru $1:10^{10}$.

Počet sekund od začátku vesmíru je $4,32 \times 10^{17}$ sekundy

Rozměr vesmíru je v grafu $1,3 \times 10^{26}$ [m] , čili $1,3 \times 10^{28}$ [cm]



Graf rozpínání vesmíru s vyznačením éry inflace.

Zdroj: článek Paul J. Stenhardt, Scientific American Česko, 4/2011, str. 26-31

Na počátku inflace byl objem prostoru roven 1E-12 (jedné biliardtiny) atomu.

Během inflace se rozrostl na kouli průměru malé mince.

Další rozpínání během miliard let bylo pomalejší a umožnilo vznik galaxií.

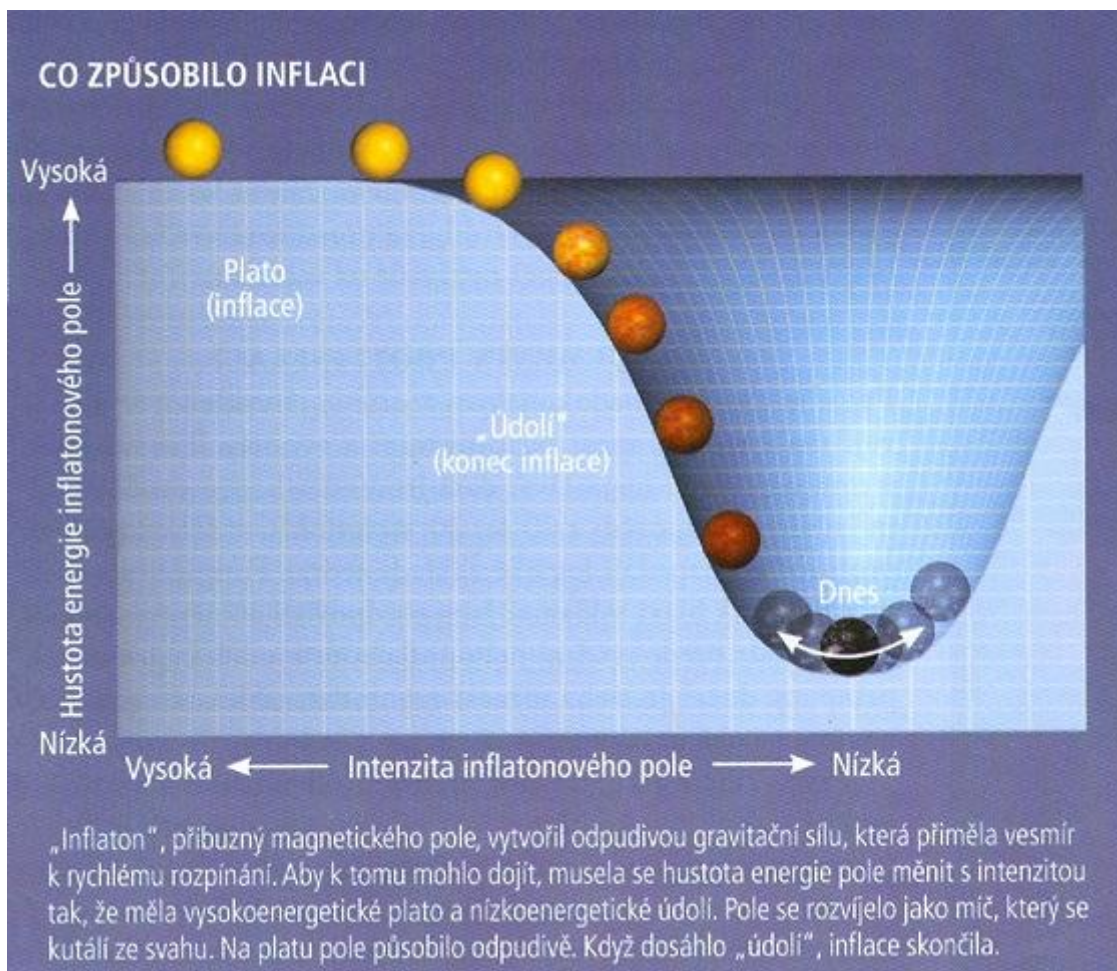
Kosmická inflace (inflace vesmíru) - geometrie a stejnorodost vesmíru se ustanovila během krátkého (doba asi 10^{-35} s až asi 10^{-30} s) a intenzivního rozpínání (asi z 10^{-30} cm na 10^{30} cm). Tedy za dobu asi 10^{-30} s se vesmír zvětšil v každém směru 10^{25} krát. Části prostoru se rozpínaly rychlostí převyšující rychlost světla. Kromě těchto už dost nepravděpodobných podmínek, aby dosáhl dnešních vlastností, musel vesmír splňovat další podmínky:

- Musel být velmi stejnorodý jen s malými rozdíly hmoty a energie. Dá se to chápat i tak, že extrémně rychlé rozpínání vyrovnalo počáteční nerovnoměrnosti rozložení hmoty a energie.
- Musel být geometricky plochý - zakřivení a zvlnění prostoru neohýbalo dráhu světelných paprsků a pohybující se hmoty.

Argumenty pro inflaci

Inflační energie ve spojení s gravitací přivede vesmír během krátkého okamžiku k prudkému rozpínání. Jde o počátky vesmíru. Znamější je odlišný pojem temná energie, která působí proti gravitaci i dosud, je ve vesmíru rozložena rovnoměrně a způsobuje rozpínání vesmíru. Inflační energie musí být mimořádně hustá a její hustota se nesmí během období inflace měnit. Inflační energie překonává gravitaci a způsobuje rychlou expanzi vesmíru.

Inflatonové pole, jinak inflaton - je teoreticky příbuzný magnetickému poli. Jako jiná pole, má i inflaton v každém bodě prostoru určitou sílu, kterou působí na ostatní pole a sám na sebe. Vztah mezi intenzitou a energií ukazuje graf dole. Inflaton vytvořil sílu proti gravitaci - tím došlo k rychlému rozpínání. Hustota energie se změnila s intenzitou inflatonového pole, vzniklo vysokoenergetické plato a nízkoenergetické údolí. Další miliardy let pak vesmír pokračoval v rozpínání, ale značně pomaleji. Při tom se ochlazoval.



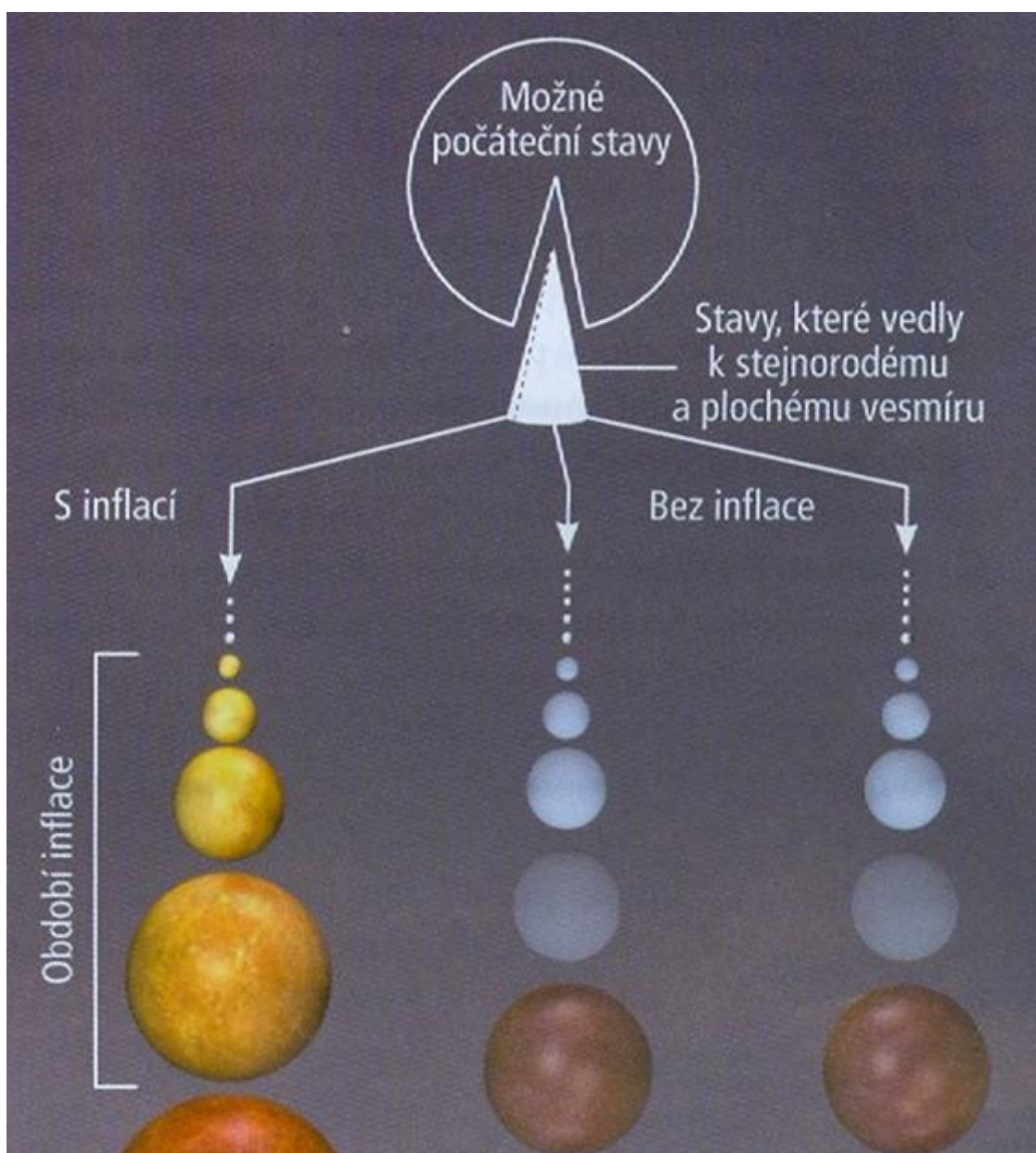
Graf hustoty a intenzity inflatonového pole.

Problém špatné inflace

Jako dobrou inflaci označíme tu, která vede k dnešnímu vesmíru rozložením hmoty a energie, tedy k dnešnímu rozložení galaxií. Parametry rozpínání označené jako λ musí mít určitou dobře vyladěnou hodnotu, jinak by vznikl vesmír příliš obrovský nebo s příliš velkou hustotou. Špatná inflace vedoucí k jinému, než nám známému vesmíru, je tedy mnohem pravděpodobnější.

Problém počátečních podmínek

Jen malá část počátečních stavů (viz kruhový graf) může vést k dnešnímu (poměrně) stejnorodému a plochému vesmíru. K dnešnímu stavu vesmíru se lze dostat i bez inflace. Jinak řečeno, jen nekonečně malý podíl by se dostával do dnešního stavu díky dlouhé inflaci.



Inflace vesmíru je málo pravděpodobná.

Teorie a skutečná data

V 80. letech 20. století byla teorie inflace a pozorovaná data v dobré shodě. Pak se ukázalo, že špatná inflace je mnohem pravděpodobnější. Pozorovanou hodnotu teplot by mohl způsobit jen extrémně vyladěný koeficient rozpínání s přesností na 12 platných míst. Tvar křivky potenciální energie musí odpovídat přesně modelu, jinak vznikne špatná inflace (např. velké teplotní rozdíly, které nebyly pozorovány). Větší teplotní rozdíly by vedly k většímu počtu hvězd a galaxií, šance na mimozemský život na "obyvatelných" planetách by byla větší.

Špatná inflace je pravděpodobnější, než dobrá. Ještě pravděpodobnější je, že k inflaci nedojde vůbec. Fyzik R. Penrose z Oxfordu použil modely počátečních stavů inflatonu a gravitačních polí a došel k závěru, že ploché rozmístění hmoty a geometrie je velmi nepravděpodobné. Závěr je, že ploché rozložení vesmíru vznikne bez inflace mnohem pravděpodobněji ($(10^{10})^{1000}$ krát). Číslo s tolika nulami je prostě nepředstavitelné. Kdysi se udávalo, že počet všech částic ve známém vesmíru je asi 10^{89} .

Věčná inflace

Extrapolací historie vesmíru zpět v čase za použití současných fyzikálních zákonů se dá vyvodit, že vývoj vesmíru inflaci nepotřebuje. Inflace měla být nástrojem pro vysvětlení dnešního vesmíru, který lze označit jako plochý a hladký. Podmínky pro započítání inflace vesmíru jsou však velmi nepravděpodobné. Závěr teorie inflace nakonec říká, že vesmír dosáhl současného stavu pravděpodobně bez inflace, spíše než s inflací. Počáteční shoda teorie inflace s pozorovanými daty byla učiněna na základě představy inflace, která se ukázala jako chybná. Logický argument proti inflaci je to, že je věčná. Když jednou začala, tak nikdy neskončí.

Kvantové fluktuace

Toto samopokračování inflace je důsledkem kvantové fyziky, která do počátečních teorií inflace nebyla zabudována. Kvantové fluktuace se mohou po skončení inflace nepatrně zpoždět, kvantové fluktuace jsou malé a malé jsou i jejich účinky. Fluktuace jsou však náhodné a nekontrolovatelné. V některých oblastech vesmíru povedou k podstatným zpožděním, která jsou extrémně vzácná. Nelze je však ignorovat, protože se rozpínají. Po skončení inflace vesmíru ve většině prostoru se mohou tyto fluktuální oblasti dále extrémně rozpínat. Rozpínající fluktuální oblasti přerostou oblastmi, které inflaci ukončily včas. Výsledkem je rozpínající se prostor obklopující ostrůvky s horkou látkou a zářením odpovídající našemu vesmíru. Tyto zpožděné a rozpínající se oblasti plodí další rozpínající se oblasti - každý z nich je vlastním vesmírem.

Ostrůvky nejsou díky kvantové povaze stejné, některé jsou nestejnorodé, zdeformované. To vše připomíná předchozí tzv. špatnou inflaci se špatnými parametry. Zde však jde o kvantovou fluktuaci nezávislou na hodnotách parametrů rozpínání.

Nekonečnost vesmíru zasahuje i zde. "Některých" ostrůvků je nekonečně mnoho. V rozpínajícím se vesmíru máme tedy nekonečně mnoho ostrůvků s vlastnostmi, které ve vesmíru pozorujeme. Nekonečně mnoho je i ostrůvků, které mají vlastnosti zcela odlišné.

Ve věčně se rozpínajícím vesmíru se všechno, co se může stát, taky stane a stane se to v nekonečném množství případů. Takže přesná teorie s žádnými rozumnými výsledky.

Je náš vesmír výjimkou z pravidla? V nekonečném počtu ostrovů to nelze určit. Nelze určit, jaký druh ostrovů je ve věčně se rozpínajícím vesmíru pravděpodobnější. Inflace měla dát určité předpovědi - například, že je vesmír plochý nebo vykazuje určité fluktuace. Předpovědi však nelze ověřit, prvotní teorii inflace tedy nelze přijmout bez podstatných výhrad.

Nekonečný počet vesmírů

Věčnost je přirozený důsledek inflace a kvantové fyziky a vede k nekonečnému počtu vesmírů. Nekonečný počet vesmírů nenastane jen tehdy, když na počátku budou velmi specifické podmínky. Inflace vesmíru by musela všude ve vesmíru skončit dříve, než by nepatrně zpožděné kvantové fluktuace měly šanci inflaci vesmíru znovu spustit. Inflace nemůže vysvětlit výsledek bez počátečních podmínek, původní teorie inflace je tedy nepoužitelná, protože počáteční podmínky neznáme.

Alternativní strategie inflace - nejpravděpodobnější míra

Předpokládáme uplatněním tak zvané míry, předpokládáme, že námi pozorovaný vesmír je nejpravděpodobnějším výsledkem inflace. Náš vesmír je zatím tím jediným pozorovatelným výsledkem - žijeme na typickém ostrově. Tím přiznáváme, že sama teorie inflace nevysvětluje a nepředvídá nic. Ani teorie míry nic nepřináší, protože není ničím zdůvodněná, jen vede k cíli - dnešnímu vesmíru.

Aplikování míry na objem vede k tomu, že objekty budou hodnoceny podle velikosti. To vede k závažným komplikacím. Vezměme dva ostrovy - jeden náš a druhý vzniklý díky kvantové fluktuaci později. Ten druhý se rozpínal delší dobu a bude tedy větší. Budou-li objekty hodnoceny podle velikosti, povede to k upřednostňování mladších oblastí.

Antropický přístup

Předpokládáme, že podmínky pro vznik galaxií, hvězd, planet, života na planetách jsou extrémně nepravděpodobné. Typické jsou ostrovy, kde podmínky života nejsou, může je tedy přehlížet, při zkoumání svého (lidského) postavení ve vesmíru. Zajímáme se o oblasti, kde je možný život blízký našemu životu. Typických ostrovů mladších je mnoho, takže mnohé z nich mají podmínky blízké našim.

Závěr

Kosmologická data nepotvrzují základní předpovědi původní teorie inflace. Naivní inflace předvídala důsledky podle klasické fyziky a nepoužívala kvantovou fyziku. Základní chyba inflace je, že kvantové flukтуаční oblasti neskončí inflaci včas, dál se nekontrolovatelně rozpínají, a tím ve vesmíru převládnu.

Cyklická teorie

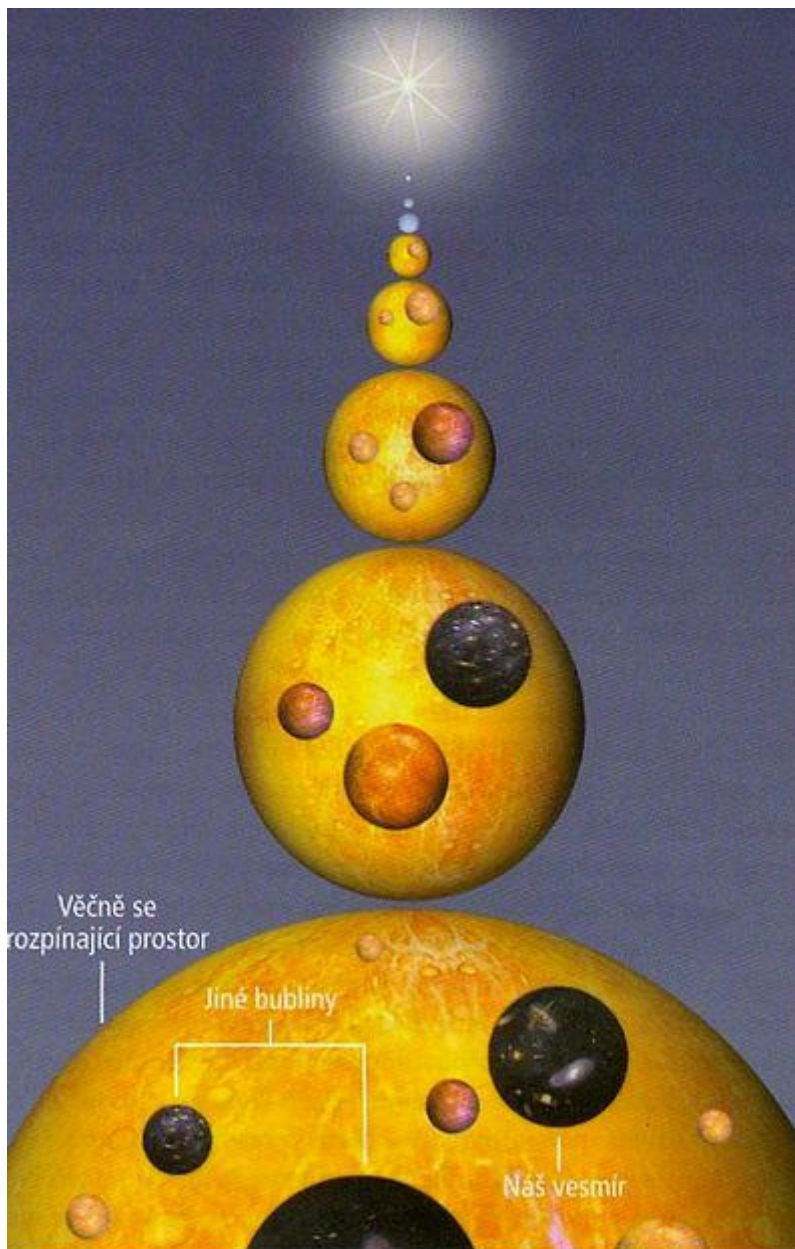
Podle této teorie není velký třesk jen počátkem času a prostoru. Velký třesk je "odrazem" z předchozí fáze smršťování. Dojde k nové expanzi, vzniká hmota a záření. Teorie je cyklická - po bilionu let se expanze změní znovu v kontrakci. K vyhlazení nerovností vesmíru dochází před třeskem, během kontrakce. Opozdlé flukтуаční oblasti pokračují v kontrakci, zatímco dobře vychované oblasti se včas odrazí od jakéhosi počátku a začínají expandovat. Tím expanze překoná zpožděné flukтуаční oblasti, které se nemohou stát rozhodující, jak bylo uvedeno u necyklické inflace. Netypické flukтуаční oblasti zůstávají malé a nevýznamné.

Vyhlazování během kontrakce ruší náhodné kvantové fluktuace vedoucí k deformaci časoprostoru, kterou známe jako gravitační vlny. Tyto gravitační vlny zanechávají v mikrovlnném záření vesmíru obraz - amplituda je úměrná hustotě energie. Otisky gravitačních vln jsou už hledány pomocí výškových balónů a satelitů. Výsledky by měly být během 2-3 let. Zachycení gravitačních vln by podpořilo inflaci, kterou řada vědců odmítá nebo kritizuje. Teorie cyklického vesmíru předpovídá, že gravitační vlny by nebylo možné zachytit.

Jak se vyhnout nekontrolovatelné věčné inflaci

- K časově omezené inflaci by docházelo, kdyby byl podle teorie inflace vesmír extrémně hustý.
- K časově omezené inflaci by docházelo, kdyby byl vesmír v cyklickém modelu extrémně řídký.

Někomu by se možná líbilo žít v jiné bublině vesmíru a nemít se zdejším světem a zvláště jeho politikou nic společného. Bubliny vesmíru možná existují a možná že ne a jsou to jen mediální bubliny a teoretické hrátky kosmologů. Mně se tento svět líbí, nějakou dobu už jsem tu pobyl a věřím, že ještě můžu něco vykonat v té nejmenší smysluplné bublině událostí, kterou je rodina a práce.



Vesmír je takový, jaký je. Laboratoř CERN hledá Higgsův boson, jehož případný význam pro kosmologii mu vynesl označení "božská částice". Rozpad Higgsova bosonu na dva vysokoenergetické fotony by mohl přispět k objasnění asymetrie mezi hmotou a antihmotou. Pochopit, proč se vesmír stal takovým jakým je, by mělo umožnit předvídat jeho další osud. Osud náš, na Zemi právě žijících lidí, dlouhodobý osud lidstva a celé naší planety je nepatrným střípkem vesmíru, kde se třpytíme vyspělým a patrně daleko široko unikátním životem a vyspělou technickou civilizací. Ta je tak unikátní, že je schopna sama sebe zničit dřív, než tyto takřka neopakovatelné podmínky pro život zničí sám vesmír, naše galaxie a naše zatím milé Slunce. Přeji si a věřím, že letos budou hezké Vánoce a po zimním slunovratu 24.12.2011 bude další pokojný slunovrat 24.12.2012 a mnoho dalších.

Použité zdroje a související odkazy:

Paul J. Stenhardt, Kvantové trhliny v teorii velkého třesku, Scientific American Česko, 4/2011, str. 26-31

<http://scienceworld.cz/.../vzdalene-galaxie-odhaluji-rozpousteni-kosmicke-mlhy...> - ranný vesmír

<http://vtm.zive.cz/nobelova-cena-za...> - Nobelova cena 2011 za objev supernov a rozpínání vesmíru

http://www.aldebaran.cz/bulletin/2010_28_uni.php - P.Kulhánek - Naše představy o vesmíru 2010.

(Odborný článek pracovníka hvězdárny)

<http://vtm.zive.cz/stovky-novych-exoplanet-na-dvou-muze-byt-zivot>

<http://scienceworld.cz/.../kovy-vs-supernovy-jak-je-to-s-obyvatelnosti-sveta-uprostred-galaxii-6534>
<http://vtm.zive.cz/aktuality/mimozemsky-zivot-je-nadeje-ktera-nikdy-neumira>
http://www.aldebaran.cz/bulletin/2011_26_pen.php - Magnetická pěna na okraji sluneční soustavy nás možná chrání před kosmickým zářením
<http://technet.idnes.cz/jak-se-zije-na-jine-planete-vse-co-potrebujete-vedet-nez-se-prestehujete...>
<http://scienceworld.cz/neziva-priroda/kosmicka-superbublina-6453>
<http://osel.cz/index.php?clanek=6035> - Higgsův boson a laboratoř CERN

Pardal