

Chronológia vesmíru

Chronológia vesmíru opisuje históriu a budúcnosť vesmíru podľa kozmológie Veľkého tresku, prevažujúceho vedeckého modelu vzniku a vývoja vesmíru v priebehu času. Moment, v ktorom sa podľa predpokladov začal vesmír rapídne rozpínať zo singularity je známy ako Veľký tresk. Súčasný odhad hovorí, že rozpínanie začalo pred 13,799±0,021 miliardami rokov.^[1] Vývoj vesmíru sa zatiaľ delí na 3 fázy.

Obsah

Zhrnutie

Veľmi raný vesmír

- Planckova éra
- Epocha veľkého zjednotenia
- Elektroslabá epocha
- Inflačná epocha
- Baryogenéza

Raný vesmír

- Rozpad supersymetrie (špekulatívny)
- Rozpad elektroslabej symetrie a kvarková epocha
- Hadrónová epocha
- Leptónová epocha
- Fotónová epocha
 - Nukleosyntéza
 - Prevaha hmoty
 - Rekombinácia
 - Obývateľná epocha
 - Temný vek

Vznik štruktúry

- Reionizácia
- Vznik hviezd
- Vznik galaxií
- Vznik skupín, kôp a superkôp
- Vznik slnečnej sústavy
- Súčasnosť

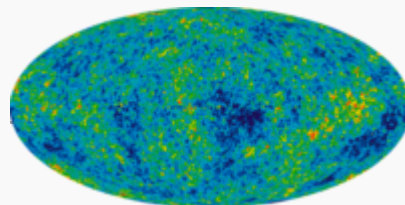
Konečný osud vesmíru

- Osud slnečnej sústavy: 1 až 5 miliárd rokov
- Veľké roztrhnutie: 20+ miliárd rokov odteraz
- Veľký kolaps: $\geq 10^2$ miliárd rokov odteraz
- Veľký mráz: $\geq 10^5$ miliárd rokov odteraz
- Tepelná smrť: 10^{1000} rokov odteraz
- Udalosť metastability vákua

Referencie

Externé odkazy

Kozmológia



Vesmír · Veľký tresk · Vek vesmíru · Chronológia vesmíru

Skorý vesmír

Expanzia vesmíru

Vznik štruktúry

Budúcnosť vesmíru

Komponenty

História kozmologických teórií

Experimenty

Vedci

Sociálny dopad

Zhrnutie

Veľmi raný vesmír bol tak horúci a energetický, že v ňom nemohli existovať žiadne častice, a sily, ktoré dnes existujú, boli zjednotené v jednej sile. Obrovské energie spôsobili, že samotný priestor expandoval počas inflačnej epochy. Postupne sa obrovské energie ochladzovali na teplotu neporovnateľne vyššiu ako hocičo, čo pozorujeme dnes, ale dostatočne nízku na postupný rozpad symetrie síl, čo nakoniec viedlo k oddeleniu silnej interakcie od elektrosľabej sily a k vzniku prvých častíc.

V druhej fáze sa vesmír tvorený kvark-gluónovou plazmou ďalej ochladzoval. Ďalším rozpadom symetrie, najmä rozpadom elektrosľabej symetrie, vznikli súčasné základné sily a celá škála komplexných a zložených častíc, ktoré dnes existujú. To viedlo k dominancii hmoty vo vesmíre, prvým neutrálnym atómom a žiareniu kozmickeho mikrovlnného pozadia. Moderné teórie vysokoenergetickej časticovej fyziky pokrývajú tieto úrovne energie a tak fyzici veria, že tomuto obdoby dostatočne rozumejú.

V tretej fáze už existoval vesmír s fundamentálnymi časticami a silami, tak ako ich poznáme dnes. Začala tvorba všetkých stabilných štruktúr, tzn. hviezd, kvazarov, galaxií, kôp a superkôp galaxií. Ich vznik vytvoril vesmírktorý vidíme dnes.

V budúcnosti vedci predpokladajú, že život na Zemi zanikne asi za miliardu rokov. Za 5 miliárd rokov bude Zem pohltená Slnkom. O mnoho rokov neskôr zaniknú hviezdy a vesmír sa ponorí do tmy. Ďalším vývojom vesmíru sa zaoberajú rôzne teórie popísané nižšie.

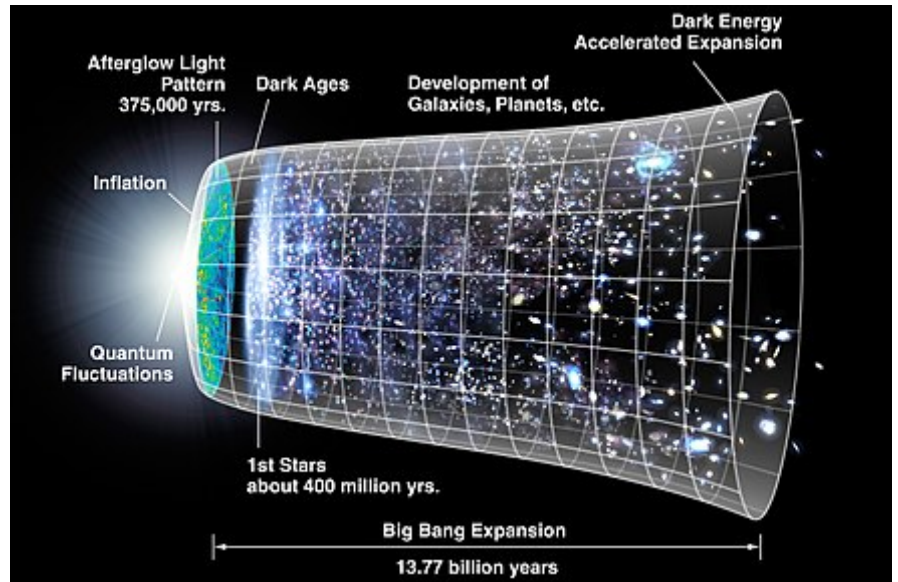
Veľmi raný vesmír

Všetky teórie o veľmi ranom vesmíre (kozmogónii) sú špekulatívne. Žiadne experimenty v urýchľovačoch zatiaľ nedosahujú potrebné energie na to, aby poskytli experimentálny pohľad na správanie hmoty a energie na úrovniach prevažujúcich v tomto období. Navrhnuté scenáre sa radikálne líšia. Príkladmi sú Hartle-Hawkingov počiatkový stav, strunový tvar, membránová inflácia a ekpyrotický vesmír. Niektoré z nich sú vzájomne kompatibilné, niektoré sa vylučujú.

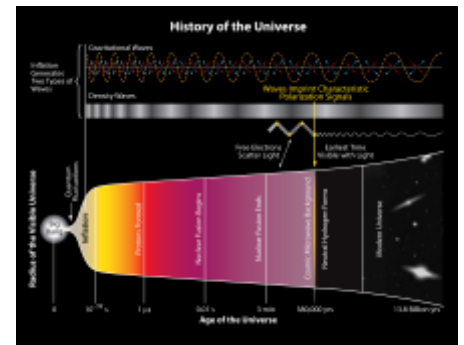
Planckova éra

do 10^{-43} sekúnd po Veľkom tresku

Planckova éra^[2] je obdobie tradičnej (neinflačnej) kozmológie Veľkého tresku, počas ktorého boli teploty dostatočne vysoké nato, aby štyri základné sily – elektromagnetizmus, gravitácia, slabá a silná interakcia – boli zjednotené do jednej základnej sily. Fyzike týchto teplôt rozumieme len veľmi málo a rozdielne teórie predpokladajú rôzne scenáre. Tradičná kozmológia veľkého tresku predpovedá gravitačnú singularitu ako predchodcu tohoto obdobia, ale táto teória je založená na všeobecnej relativite a predpokladá sa jej rozpad pôsobením kvantových efektov. Fyzici dúfajú, že navrhnuté teórie kvantovej gravitácie ako napr. teória strún, loop



Ilustrácia vývoja vesmíru od Veľkého tresku (naľavo). Na tomto obrázku je vesmír zobrazený v dvoch rozmeroch a tretí rozmer (horizontálny) predstavuje čas, plynúci smerom doprava.



História Vesmíru – predpokladá sa, že gravitačné vlny vznikli z kozmickej inflácie.

quantum gravity a causal sets, nakoniec povedú k lepšiemu pochopeniu tohoto obdobia. V inflačnej kozmológii sa obdobie pred koncom inflácie (zhruba 10^{-32} sekúnd po veľkom tresku) nenasleduje tradičnú časovú os veľkého tresku. Vesmír pred koncom inflácie je takmer čisté vákuum s veľmi nízkou teplotou a trvá omnoho dlhšie ako 10^{-32} sekúnd. Obdobie od konca inflácie je založené na čase veľkého tresku podľa neinflačného modelu veľkého tresku a nie na skutočnom veku vesmíru v tom čase, ktorý sa nedá podľa inflačnej teórie zistiť. Preto v inflačnej kozmológii neexistuje Planckova éra v tradičnom zmysle a podobné podmienky mohli prevažovať v pred-inflačnej ére vesmíru.

Epocha veľkého zjednotenia

medzi 10^{-43} a 10^{-36} sekundami po Veľkom tresku^[3]

Počas rozpínania a ochladzovania sa vesmír ochladí natoľko, že prekročí hranicu pri ktorej sa sily oddelia. Tieto zmeny skupenstiev sa podobajú na kondenzáciu a tuhnutie. Epocha veľkého zjednotenia začína v čase, keď sa gravitácia oddelí od ostatných prírodných síl, ktoré sa spoločne nazývajú kalibračné sily. Negravitačnú fyziku v tomto období by mala popisovať tzv. Veľká zjednotená teória (GUT). Epocha veľkého zjednotenia končí keď sa GUT sily ďalej rozdelia na silnú interakciu a elektroslabú silu. Pri tomto prechode by mali vzniknúť veľké množstvá magnetických monopolov, ktoré sme zatiaľ nepozorovali. Nedostatok magnetických monopolov vyriešila inflačná teória.

V modernej inflačnej kozmológii tradičná epocha veľkého zjednotenia, podobne ako Planckova éra, neexistuje.

Elektroslabá epocha

medzi 10^{-36} a 10^{-12} sekundami po Veľkom tresku

V tradičnej kozmológii veľkého tresku začína elektroslabá epocha 10^{-36} sekúnd po Veľkom tresku, keď bola teplota dostatočne nízka (10^{28}) na oddelenie silnej interakcie od elektroslabej sily. Podľa inflačnej kozmológie začína elektroslabá epocha na konci inflačnej epochy, zhruba po 10^{-32} sekundách.

Inflačná epocha

dĺžka neznáma, končí 10^{-32} (?) sekúnd po Veľkom tresku

Kozmická inflácia je obdobím zrýchľujúcej expanzie spôsobenej hypotetickým poľom nazývaným inflaton, ktoré malo vlastnosti podobné Higgsovmu poľu a tmavej energii. Počas spomaľovania expanzie sa zväčšovali odchýlky od homogenity, výsledkom bol chaotickejší vesmír; zrýchľujúca expanzia spôsobuje, že vesmír je homogénnejší. Dostatočne dlhé obdobie inflačnej expanzie v minulosti by vysvetľovalo vysoký stupeň homogenity, ktorý dnes pozorujeme vo vesmíre, dokonca aj vtedy ak by bol vesmír pred infláciou veľmi heterogénny

Inflácia končí, keď sa inflatónové pole rozpadne na bežné častice procesom nazývaným reheating a v tom bode začína normálna expanzia veľkého tresku. Obdobie reheatingu sa zvyčajne označuje ako obdobie po Veľkom tresku. To sa týka času, ktorý by uplynul v tradičnej kozmológii medzi singularitou a momentom, keď vesmír dosiahol rovnakú teplotu, aká vznikla pri reheatingu, napriek tomu, že v inflačnej kozmológii tradičný veľký tresk nenastal.

Podľa najjednoduchších modelov inflácia skončila pri teplote zodpovedajúcej zhruba 10^{-32} sekundám po veľkom tresku. To však neznamená, že inflačná éra trvala menej ako 10^{-32} sekúnd. Aby sa dala vysvetliť pozorovaná homogenita vesmíru, inflácia musela trvať dlhšie. V inflačnej kozmológii je najskorším významným časom po veľkom tresku čas konca inflácie.

Baryogenéza

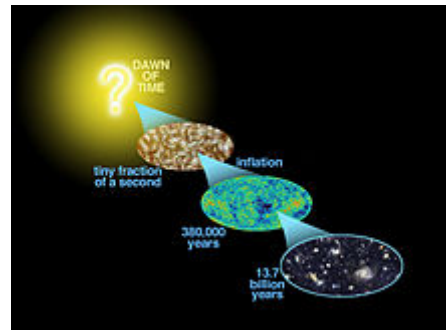
V súčasnosti neexistuje dostatok dôkazov na to, aby sme vysvetlili prečo vesmír obsahuje omnoho viac baryónov ako antibaryónov. Teória, ktorá sa pokúsi vysvetliť tento jav, musí umožniť vznik Sakharovových podmienok niekedy po konci kozmologickej inflácie. Aj keď časticová fyzika predpokladá asymetrie, pri ktorých sú splnené tieto podmienky, tak tieto asymetrie sú príliš malé na to, aby ovplyvnili baryónovo-antibaryónovú asymetriu vo vesmíre.

Raný vesmír

Po skončení kozmickej inflácie vyplňala vesmír kvark-gluónová plazma. Od tohto bodu rozumieme fyzike raného vesmíru o niečo viac.

Rozpad supersymetrie (špekulatívny)

Ak je supersymetria vlastnosťou nášho vesmíru, tak sa musela rozpadnúť pri energii nižšej ako 1 TeV, čo je rozsah elektroslabej symetrie. Hmotnosti častíc a ich superpartnerov už viac nie sú rovnaké, čo by mohlo vysvetliť, prečo sme nikdy nepozorovali žiadneho superpartnera známych častíc.



Kozmická história

Rozpad elektroslabej symetrie a kvarková epocha

medzi 10^{-12} a 10^{-6} sekundami po Veľkom tresku

Po tom, ako teplota vesmíru spadla pod určitú veľmi vysokoenergetickú úroveň, sa predpokladá, že Higgsovo pole spontánne nadobudlo vo vákuu očakávanú hodnotu, ktorá spôsobila rozpad elektroslabej kalibračnej symetrie. S tým súvisia dva efekty:

1. Slabá interakcia a elektromagnetická sila a ich bozóny sa v tom čase prejavovali rozdielne a s rôznymi dosahmi
2. Prostredníctvom Higgsovho mechanizmu nadobudli všetky elementárne častice, ktoré interagovali s Higgsovým poľom, hmotnosť.

Na konci tejto éry nadobudli svoju súčasnú formu základné interakcie gravitácie, elektromagnetizmu, silnej a slabej interakcie a elementárne častice mali hmotnosť, ale teplota bola stále príliš vysoká na to, aby kvarky vytvorili hadrony.

Hadrónová epocha

medzi 10^{-6} a 1 sekundou po Veľkom tresku

Kvark-gluónová plazma, ktorá tvorila vesmír, sa ochladila na teplotu, ktorá umožnila vznik hadrónov, vrátane baryónov ako protóny a neutróny. Približne 1 sekundu po Veľkom tresku sa začali neutrína voľne šíriť priestorom. Toto neutrínové kozmické pozadie, aj keď ho pravdepodobne nikdy nebudeme pozorovať detailne, je podobné kozmickému mikrovlnnému pozadiu, ktoré bolo vyžiarené omnoho neskôr.

Leptónová epocha

medzi 1 a 10 sekundami po Veľkom tresku

Väčšina hadrónov a antihadronov sa vzájomne anihilovala na konci hadrónovej epochy a dominantnú časť hmotnosti vesmíru tvorili leptóny a antileptóny. Približne 10 sekúnd po Veľkom tresku teplota dosiahla bod, v ktorom sa už netvorili nové páry leptón/antileptón a väčšina zanikla prostredníctvom anihilácie a zanechala len malý zostatok leptónov [4]

Fotónová epocha

medzi 10 sekundami a 380 000 rokmi po Veľkom tresku

Po anihilácii väčšiny leptónov a antileptónov na konci leptónovej epochy tvorili väčšinu energie vesmíru fotóny. Tie veľmi často interagovali s nabitými protónmi, elektrónmi a jadrami. Táto aktivita trvala ďalších 380 000 rokov

Nukleosyntéza

medzi 3 a 20 minútami po Veľkom tresku^[5]

Počas fotónovej epochy poklesla teplota vesmíru na bod, kedy začali vznikať atómové jadrá. Protóny (ióny vodíka) a neutróny sa začali kombinovať do atómových jadier v procese jadrovej fúzie. Voľné neutróny sa spájali s protónmi a vytvárali deutérium, ktoré prudko splývalo na hélium-4. Nukleosyntéza trvala len okolo 17 minút, pokiaľ teplota a hustota neklesli na bod, kedy už fúzia nemohla pokračovať. V tom čase existovali všetky neutróny len v jadrách hélia. To zanechalo zhruba 3x viac vodíka ako hélia-4 a iba stopové množstvá iných jadier

Prevaha hmoty

70 000 rokov po Veľkom tresku

V tomto čase je hustota nerelativistickej hmoty (jadrá atómov) a relativistického žiarenia (fotónov) rovnaká. Jeansova dĺžka, ktorá definuje najmenšie možné štruktúry, aké môžu vzniknúť, sa znižuje a pertuberácie, namiesto toho aby ich zničila voľná radiácia, môžu začať rásť.

Podľa Λ CDM v tomto období prevažuje chladná tmavá hmota. Vďaka čomu gravitačný kolaps zväčšuje malé nehomogenity, zanechané kozmickou infláciou. Rastie hustota hustejších regiónov a prázdne oblasti sa ešte viac vyprázdňujú. Pretože súčasné teórie o tmavej hmote nie sú presvedčivé, zatiaľ neexistuje taká zhoda v teóriách jej pôvodu v skoršom období, ako pre baryónovú hmotu.

Rekombinácia

zhruba 377 000 rokov po Veľkom tresku

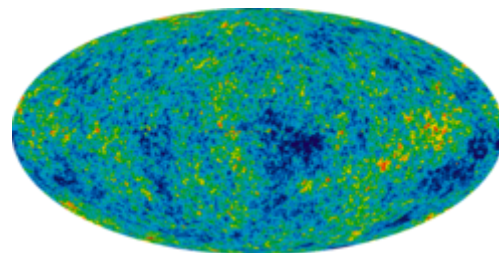
S poklesom hustoty začínajú vznikať atómy vodíka a hélia. Predpokladá sa, že toto sa dialo zhruba 377 000 rokov po Veľkom tresku.^[8] Na začiatku sú tieto atómy ionizované, tzn. že v nich nie sú žiadne elektróny, ktoré sú preto elektricky nabité. Počas chladnutia ióny zachytávajú elektróny a vznikajú neutrálne atómy. Tento proces je relatívne rýchly (rýchlejší pre hélium) a je známy ako rekombinácia.^[9] Na konci rekombinácie je väčšina protónov viazaných v neutrálnych atómoch. Preto sa hrubá voľná dráha fotónov stáva efektívne nekonečnou a fotóny sa môžu voľne pohybovať, vesmír sa stáva priehľadným. Táto kozmická udalosť sa označuje ako rozdelenie.

Fotóny, ktoré existovali v čase rozdelenia, sú tie isté fotóny, ktoré vidíme ako kozmické mikrovlnné pozadie, po prudkom ochladení expanziou vesmíru. Približne v rovnakom čase sa tlakové vlny existujúce v elektrónovo-baryónovej plazme odrážajú v distribúcii hmoty. Kozmické mikrovlnné pozadie je preto obrazom vesmíru na konci tejto epochy, vrátane drobných fluktuácií, ktoré vznikli počas inflácie.^[10]

Obývateľná epocha

Chémia života možno začala krátko po Veľkom tresku, počas obývateľnej epochy keď mal vesmír zhruba 10 – 17 miliónov rokov

Temný vek



9 dát z sondy WMAP (2012) zobrazujú variácie kozmického mikrovlnného pozadia naprieč vesmírom.^{[6][7]}

Pred rozdelením väčšina fotónov interagovala s elektrónmi a protónmi v fotónovo-baryónovej tekutine a následkom toho bol vesmír nepriehľadný. Žiarenie existovalo, ale nedá sa pozorovať teleskopmi. Baryónová hmota pozostávala z ionizovanej plazmy, s ktorou konštantne interagovali fotóny, počas rekombinácie tieto ióny naviazali voľné elektróny, a vytvorili neutrálne atómy, čo uvoľnilo fotóny, ktoré vytvorili kozmické mikrovlnné pozadie a odvtedy je vesmír priehľadný. Jediné žiarenie, ktoré vzniklo v tomto okamihu bola 21 cm čiara neutrálneho vodíka. V súčasnosti prebiehajú pokusy o pozorovanie tohoto slabého žiarenia. V súčasnosti sa za temný vek považuje obdobie medzi 150 až 800 miliónmi rokov po Veľkom tresku.

Vznik štruktúry

V modeli Veľkého tresku prebiehal vznik štruktúr postupne, hierarchicky. Najskôr vznikli menšie štruktúry a až následne väčšie. Ako prvé vznikli kvazary, rané aktívne galaxie a hviezdy III populácie. Vývoj vesmíru pred touto epochou opisuje lineárna kozmologická perturbácia teória to znamená, že všetky štruktúry môžeme považovať za malé odchýlky od dokonalého homogénneho vesmíru. V tomto bode začali vznikať nelineárne štruktúry a rastie obťažnosť výpočtov napr. simulácie N-telies s miliardami častíc.

Reionizácia

150 miliónov až 1 miliarda rokov po Veľkom tresku

Prvé hviezdy a kvazary vznikli vďaka gravitačnému kolapsu. Ich intenzívne žiarenie opäť ionizovalo (reionizovalo) okolitý vesmír. Od tohto bodu väčšina vesmíru pozostáva z plazmy.

Vznik hviezd

Prvé hviezdy, pravdepodobne III populácie, začali proces premeny ľahkých prvkov, ktoré vznikli vo Veľkom tresku (vodík, hélium, lítium), na ťažšie prvky.^[11] Zatiaľ nebola pozorovaná žiadna hviezda III populácie. Predpoklad ich existencie je v súčasnosti založený na počítačových modeloch ich vzniku a vývoja.

Vznik galaxií

Kolapsom obrovských objemov hmoty začali vznikať galaxie. Hviezdy Populácie II vznikali na začiatku tohto procesu, nasledované vznikom hviezd Populácie I.

Projekt Johannes Schedlera identifikoval kvazar CFHQS 1641+3755 vzdialený 12,7 miliardy svetelných rokov.^[12] Vek vesmíru bol vtedy len 7% súčasného veku. 11. júla 2007 pomocou 10 metrového teleskopu Keck II objavil Richard Ellis so svojím tímom 6 galaxií, v ktorých vznikali hviezdy, vzdialených 13,2 miliardy svetelných rokov. To znamená, že v čase ich vzniku bol vesmír starý iba 500 miliónov rokov.^[13] Poznáme asi iba 10 týchto extrémne raných objektov.^[14]

Vznik skupín, kôp a superkôp

Gravitácia vzájomne priťahovala galaxie a tie vytvárali skupiny kopy a superkopy

Vznik slnečnej sústavy

9 miliárd rokov po Veľkom tresku

Slnečná sústava sa začala formovať zhruba pred 4,6 miliardou rokov, alebo 9 miliárd po Veľkom tresku. Molekulárny mrak, tvorený zväčša vodíkom a stopami iných prvkov, začal kolabovať. Vytvoril obrovskú guľu, v ktorej strede vzniklo Slnkom a tiež okolitý disk. Z okolitého akrečného disku vzniklo množstvo menších objektov, ktorých vznikli planéty, asteroidy a kométy. Slnko je hviezdou neskoršej generácie a Slnečná sústava vznikla z hmoty vytvorenej predchádzajúcou generáciou hviezd.

Súčasnosť

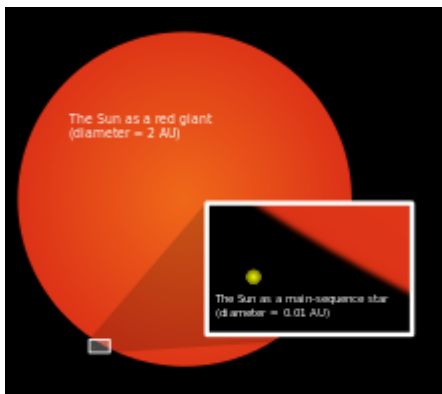
13 miliárd rokov po Veľkom tresku

Zhruba pred 13,8 miliardami rokov nastal Veľký tresk.^[15] Kozmická pavučina je pravdepodobne najväčšou štruktúrou aká kedy vznikne vo vesmíre, pretože expanzia vesmíru zrýchľuje. Súčasné zrýchľujúce rozpínanie bráni inflačným štruktúram v preniknutí do nášho horizontu a súčasne bráni vzniku nových štruktúr zviazaných gravitáciou.

Konečný osud vesmíru

Podobne ako pri interpretáciách raného vesmíru, tak na to, aby bolo možné predpokladať osud vesmíru s nejakou určitosťou, je potrebný pokrok v základnej fyzike. Nižšie sú popísané niektoré z hlavných možností.

Osud slnečnej sústavy: 1 až 5 miliárd rokov



Pomer veľkostí momentálnej veľkosti Slnka a jeho odhadovanej veľkosti ako červeného obra.

V rádoch miliárd rokov je Zem a slnečná sústava nestabilná. Slnko postupne vytvára viac a viac tepla a dosiahne bod, v ktorom sa tekutá voda vyparí a život bude nepravdepodobný a tak biosféra existujúca na Zemi zanikne asi o miliardu rokov.^[16] Magnetické pole Zeme, sklon osi a atmosféra podliehajú dlhodobým zmenám. Samotná slnečná sústava je v rádoch miliárd rokov chaotická.^[17] Približne za 5,4 miliardy rokov dosiahne jadro Slnka teplotu dostatočnú na to, aby vo vyšších vrstvách začala fúzia vodíka.^[16] To spôsobí obrovskú expanziu jeho vonkajších vrstiev a Slnko vstúpi do fázy, ktorá sa označuje ako červený obor.^[18] Za 7,5 miliardy rokov narastie polomer Slnka na 1,2 AU, čiže sa zväčší 256x. Štúdie z roku 2008 hovoria, že vzájomné gravitačné pôsobenie Slnka a Zeme spôsobí presun Zeme na bližšiu obežnú dráhu a nakoniec ju Slnko pohltí krátko pred dosiahnutím svojej maximálnej veľkosti napriek tomu, že stratí asi 38% hmotnosti.^[19] Slnko bude existovať ďalších mnoho miliárd rokov, prejde mnohými fázami a nakoniec svoj život ukončí ako biely trpaslík. Po mnohých miliárdach rokov v tejto fáze zhasne

úplne a stane sa čiernym trpaslíkom.^[20]

Veľké roztrhnutie: 20+ miliárd rokov odteraz

Tento scenár je možný len ak energetická hustota tmavej energie bude neobmedzene rásť. Taká tmavá energia sa nazýva fantómová energia a nepodobá sa na žiadny iný druh energie. V takom prípade bude rýchlosť rozpínania neobmedzene rásť. Systémy, ktoré drží pokope gravitácia, ako kopy galaxií, galaxie a aj slnečná sústava, budú roztrhané. ďalej expanzia dosiahne takú rýchlosť, že prekoná elektromagnetickú silu, ktorá drží pokope molekuly a atómy. Nakoniec roztrhá aj jadrá atómov a vesmír skončí v nezvyčajnom druhu gravitačnej singularity. V tom čase dosiahne rýchlosť rozpínania nekonečnú hodnotu, a prekoná tak všetky sily (bez ohľadu na ich silu), ktoré držia pokope zložené systémy (bez ohľadu na ich veľkosť) a doslova všetko roztrhá.

Veľký kolaps: $\geq 10^2$ miliárd rokov odteraz

Ak by hustota tmavej energie bola negatívna alebo by bol vesmír uzatvorený, tak by bolo možné, že rozpínanie vesmíru zmení svoj smer a vesmír sa začne sťahovať späť do hustého, horúceho stavu. Tento prvok je potrebný v teóriách oscilujúceho vesmíru, ako napríklad cyklický model, aj keď Veľký kolaps nemusí znamenať oscilujúci vesmír. Súčasné pozorovania hovoria, že tento model pravdepodobne nesprávny a rozpínanie bude pokračovať alebo dokonca zrýchli.

Veľký mráz: $\geq 10^5$ miliárd rokov odteraz

Tento scenár je všeobecne považovaný za najpravdepodobnejší, pretože ak bude vesmír pokračovať v rozpínaní, tak je jeho prirodzeným následkom. V čase rádovo 10^{14} rokov dohoria posledné hviezdy, ďalšie vznikajú nebudú a vesmír sa ponorí do tmy.^[21] Omnoho neskôr, v érach po tejto zaniknú galaxie a čierne diery sa vyparia v procese Hawkingovej radiácie.^[21] Podľa niektorých teórií veľkého zjednotenia sa protóny rozpadajú najmenej po 10^{34} rokoch a zostávajúci medzihviezdny plyn a hviezdne pozostatky budú tvoriť leptóny (elektróny a pozitrony) a fotóny.^[21] Následne niektoré elektróny a pozitrony vytvoria protóny. V tom prípade vesmír dosiahne stav vysokej entropie a bude tvorený časticami a nízkoenergetickým žiarením. Nie je známe, či dosiahne stav termodynamického ekvilibria.^[21]

Tepelná smrť: 10^{1000} rokov odtiaľ

Tepelná smrť je možný konečný stav vesmíru zhruba po 10^{150} rokoch, v ktorom dosiahol stav neobsahujúci žiadnu voľnú termodynamickú energiu, čiže žiaden pohyb. Fyzikálne povedané, dosiahne stav maximálnej entropie. Hypotéza tepelnej smrti sa zakladá na myšlienkach Williama Thomsona (Lord Kelvin)^[22] z 50. tých rokov 19. storočia.

Udalosť metastability vákuua

Ak sa náš vesmír nachádza v odvekom falošnom vákuu, tak je možné, že malé oblasti vesmíru sa dostanú do menej energetického stavu. Ak sa toto stane, všetky štruktúry v tej oblasti budú okamžite zničené a oblasť sa začne rozpínať takmer rýchlosťou svetla a bez varovania všetko zničí.

Referencie

1. Planck collaboration. Planck 2013 results. XVI. Cosmological parameters. *Submitted to Astronomy & Astrophysics*, 2013.
2. Súpis termínov z astronómie. *Kultúra slova* (Bratislava: Jazykovedný ústav Ľ. Štúra SAV a Matica Slovenská), 2018, roč. 52, čís. 2, s. 85. Dostupné online [cit. 2018-05-15]. ISSN 0023-5202
3. Ryden B: "Introduction to Cosmology", pg. 196 Addison-Wesley 2003
4. The Timescale of Creation (<http://www.knowledgetreeproject.org/beginningweb.htm>)
5. Detailed timeline of Big Bang nucleosynthesis processes (<http://www.astro.ucla.edu/~wright/BBNS.html>)
6. GANNON, Megan. *New 'Baby Picture' of Universe Unveiled* [online]. *Space.com*, December 21, 2012, [cit. 2012-12-21]. Dostupné online.
7. BENNETT, C.L.; LARSON, L.; WEILAND, J.L. *Nine-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Final Maps and Results* [online]. December 20, 2012, [cit. 2012-12-22]. Dostupné online.
8. HINSHAW, G., et al. Five-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Data Processing, Sky Maps, and Basic Results. *Astrophysical Journal Supplement*, 2009, s. 225 – 245. Dostupné online DOI: 10.1088/0067-0049/180/2/225
9. Mukhanov, V: "Physical foundations of Cosmology", pg. 120, Cambridge 2005
10. AMOS, Jonathan. Quasars illustrate dark energy's roller coaster ride. *BBC*. Dostupné online [cit. 2012-11-13].
11. *Ferretting Out The First Stars* physorg.com (<http://www.physorg.com/news6689.html>)
12. APOD: 2007 September 6 - Time Tunnel (<http://antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap070906.html>)
13. "New Scientist" 14th July 2007
14. HET Helps Astronomers Learn Secrets of One of Universe's Most Distant Objects (<http://mcdonaldobservatory.org/news/releases/2007/0608a.html>)
15. *Cosmic Detectives* [online]. The European Space Agency (ESA), 2013-04-02, [cit. 2013-04-15]. Dostupné online.
16. K. P. Schroder, Robert Cannon Smith. Distant future of the Sun and Earth revisited. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 2008, s. 155 – 163. DOI: 10.1111/j.1365-2966.2008.13022.x
17. J. Laskar. Large-scale chaos in the solar system. *Astronomy and Astrophysics* 1994, s. L9–L12.
18. *Introduction to Cataclysmic Variables (CVs)* [online]. 2006, [cit. 2006-12-29]. Dostupné online.
19. PALMER, Jason. Hope dims that Earth will survive Sun's death. *New Scientist*, 22 February 2008. Dostupné online
20. G. Fontaine, P. Brassard, P. Bergeron. The Potential of White Dwarf Cosmochronology *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 2001, s. 409 – 435. Dostupné online [cit. 2008-05-11]. DOI: 10.1086/319535
21. A dying universe: the long-term fate and evolution of astrophysical objects, Fred C. Adams and Gregory Laughlin, *Reviews of Modern Physics* 69, #2 (April 1997), pp. 337 – 372. Bibcode: 1997RvMP..69..337A (<http://adsabs.harvard.edu/abs/1997RvMP..69..337A>). DOI: 10.1103/RevModPhys.69.337 (<https://dx.doi.org/10.1103/RevModPhys.69.337>)
22. Thomson, William. (1851). "On the Dynamical Theory of Heat, with numerical results deduced from Mr Joule's equivalent of a Thermal Unit, and M. Regnault's Observations on Steam." Excerpt. [§§1-14

Externé odkazy

- [PBS Online \(2000\). From the Big Bang to the End of the Universe – The Mysteries of Deep Space](#)[Timeline](#). Retrieved March 24, 2005.
- [Schulman, Eric \(1997\). The History of the Universe in 200 Words or Less](#). Retrieved March 24, 2005.
- [Space Telescope Science Institute Office of Public Outreach \(2005\). Home of the Hubble Space Telescope](#). Retrieved March 24, 2005.
- [Fermilab graphics](#)(see "Energy time line from the Big Bang to the present" and "History of the Universe Poster")
- [Exploring Time from Planck time to the lifespan of the universe](#)
- [Cosmic Evolution](#) is a multi-media web site that explores the cosmic-evolutionary scenario from big bang to humankind.
- [Astronomers' first detailed hint of what was going on less than a trillionth of a second after time began](#)
- [The Universe Adventure](#)
- [Cosmology FAQ](#), Professor Edward L. Wright, UCLA
- [Sean Carroll on the arrow of time \(Part 1\) *The origin of the universe and the arrow of time*](#) Sean Carroll, video, CHAST 2009, Templeton, Faculty of science, University of Sydney November 2009, TED.com
- [A Universe From Nothing](#) video, Lawrence Krauss, AAI 2009, YouTube.com
- [Once Upon A Universe](#)– Story of the universe told in 13 chapters. Science communication site supported by STFC.

Zdroj: „https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Chronológia_vesmíru&oldid=6671321”

Čas poslednej úpravy tejto stránky je 18:31, 15. máj 2018.

Text je dostupný za podmienok [Creative Commons Attribution/Share-Alike License 3.0 Unported](#), prípadne za ďalších podmienok. Podrobnejšie informácie nájdete na stránke [Podmienky použitia](#)