

Meno a priezvisko:

Škola:

Škola pre mimoriadne nadané deti a Gymnázium

Predmet:

Fyzika

Školský rok/blok:

/

Skupina:

Trieda:

Dátum:

Teória

## Základné poznatky astrofyziky

Fyzika a astronómia

### 1.5.1 Úvod do astrofyziky

**Astrofyzika** je najmladší odbor jednej z najstarších prírodných vied – **astronómie**. Informácie o vesmíre získavame hlavne **štúdiom elektromagnetického žiarenia** vysielaného kozmickými telesami, štúdiom kozmického žiarenia a množstvo informácií poskytujú kozmické sondy. Je možné zachytiť rádiové žiarenie zdrojov takých vzdialených, že ich optický obraz (pomocou ďalekohľadov) nemožno pre nedostatok svetla vôbec zaznamenať.

Ak chceme pochopiť svet okolo nás, nemôžeme sa obmedziť na pekné obrázky z vesmíru, ale dôležité je aj pochopenie prírodných zákonov, ktorými sa riadi tak pestrý vesmír. Mnohé z nich sú vo svojej podstate jednoduché a elegantné.

**Astronómia** je jedna z najstarších vied. Stopy začiatkov astronómie nachádzame v záznamoch najstarších civilizácií.

Najstaršie svedectvá o pozorovaniach nebeských telies, ako aj prvé nesporné astronomické poznatky nachádzame u starých kultúrnych národov, akými boli v Ázii Sumeri, Babylončania a Číňania, v Afrike Egypťania, v Amerike Mayovia, v Európe Briti. Obrábanie pôdy a pestovanie poľnohospodárskych plodín si vyžiadali usadlý spôsob života a veľmi skoro aj snahu pochopiť a predvídať pravidelne sa opakujúce javy prírody a oblohy.



Ako prírodná veda v dnešnom chápaní začala sa rozvíjať až v 16. storočí prácami M. Kopernika, neskôr G. Galileiho, J. Keplera a I. Newtona. Závažnú úlohu v kopernikovskej revolúcii astronómie mal objav ďalekohľadu. Začiatky modernej astronómie siahajú do polovice 19. storočia, keď sa pri astronomických pozorovaniach začali využívať spektroskopické a fotografické metódy. Prudký rozvoj modernej astronómie nastal po zavedení rádioastronomických metód v štyridsiatych rokoch nášho storočia. Kozmický výskum za hranicami zemskej atmosféry, umožňujúci pozorovať kozmické objekty v celom rozsahu spektra, sa začal po vypustení prvej umelej družice Zeme. Výsledky tohto kozmického výskumu prinášajú astronómii každoročne nesmierne množstvá nových informácií s neozobrnými dôsledkami pre jej ďalší rozvoj.

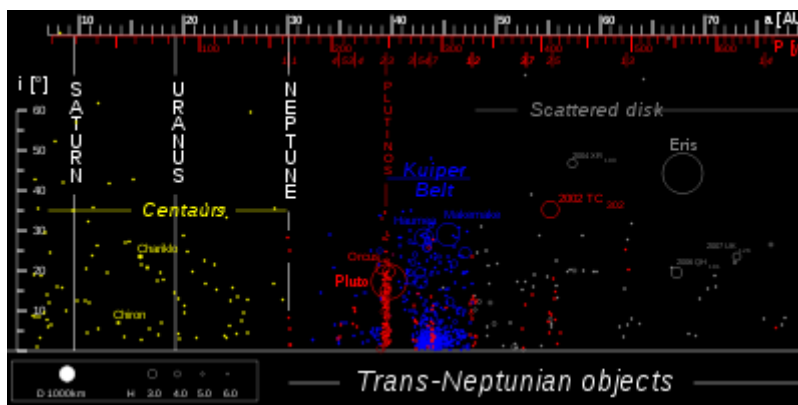
### 1.5.2 Slnčná sústava

Je naším domovom v **Galaxii**. **Slnčná sústava** vznikla pred piatimi miliardami rokov spolu so Slnkom zo slnečnej hmloviny. Slnčná sústava sa neskladá iba zo Slnka a planét, ale aj ich mesiacov, komét, malých planétok a meteoroidov, či drobného medziplanetárneho prachu.

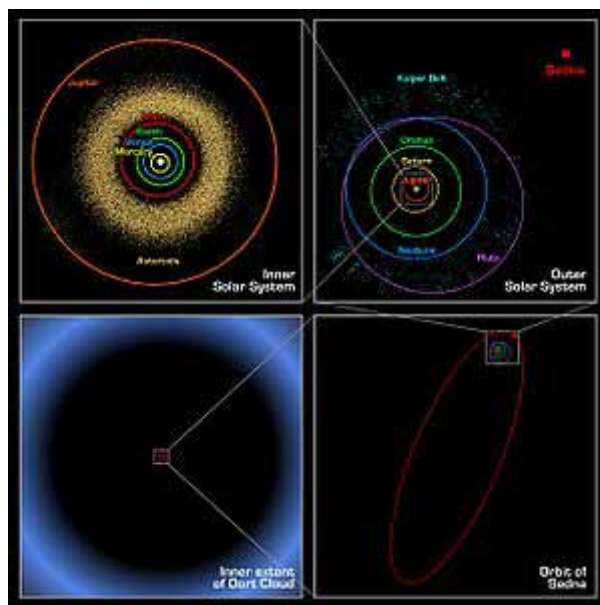
**Pod pojmom slnečná sústava rozumieme Slnko a všetky telesá, ktoré sa pohybujú v jeho gravitačnom poli.** Je to predovšetkým osem (donedávna deväť) planét, planétky, kométy, meteory a meteorické roje a napokon drobné plynné a prachové častice medziplanetárnej látky.

**Slnecnú sústavu je tvorená Slnkom (99,866% hmotnosti celej slnečnej sústavy) a všetkými telesami v jeho gravitačnom poli:**

- planétami obiehajúcimi okolo Slnka – Merkur, Venuša, Zem, Mars, Jupiter, Saturn, Urán, Neptún, (Pluto) a ich mesiacmi,
- planétkami v páse medzi Marsom a Jupiterom,
- transneptunickými objektami (TNO – objekty v našej slnečnej sústave, ktoré sa pohybujú za dráhou Neptúnu, celkový počet týchto objektov prelietavajúcich oblasťou 30 až 50 AU od Slnka a s priemerom nad 100km sa odhaduje na viac ako 70tisíc – tieto telesá sú považované (aspoň zatiaľ) za planétky a zaraďujeme ich do katalógu planétiok vrátane Pluta aj s jeho mesiacom Cháronom, niektoré z nich sú doprevádzané ich sprievodcami),



- kometárnymi jadrami v Oortovom oblaku (Oortov mrak [komet] - nevhodne (bohemizmus) Oortov oblak komét, je predpokladaná sférická oblasť ľadových objektov, ktorá sa pravdepodobne nachádza na okraji slnečnej sústavy za Kuiperovým pásom, približne 50 000 až 100 000 AU od Slnka. Je možné, že je to pozostatok prapôvodnej slnečnej hmloviny. Svoj názov nesie po dánskom astronómovi Janovi Oortovi, ktorý hypotézu o jeho existencii prvýkrát zverejnil v roku 1950. Existencia Oortovho mraku komét doteraz nie je potvrdená, pretože jeho objekty sú pre veľkú vzdialenosť a z toho vyplývajúcu malú jasnosť súčasnými prístrojmi nepozorovateľné. Za nepriamy dôkaz jeho existencie považujú astronómovia dlhoperiodické kométy),



- kométami, meteoroidmi a meteorickými rojmi, drobnými prachovými a plynnými časticami medziplanetárnej hmoty,
- umelé družice a kozmické sondy a ďalšie telesá.

Planéty rozdeľujeme do dvoch skupín:

- prvú tvoria štyri malé skalnaté planéty blízko Slnka (Merkúr, Venuša, Zem a Mars),
- druhú skupinu tvoria štyri planéty nachádzajúce sa ďalej od Slnka - sú to plynní obri (Jupiter, Saturn, Urán a Neptún).
- Pluto nepatrí do týchto skupín. Je to veľmi malá, pevná a ľadová planéta. Okrem krátkeho časového úseku, keď sa pohybuje vo vnútri dráhy Neptúna, je (bol) najvzdialenejšou planétou slnečnej sústavy. Medzi kamennými planétami a plynnými obrami je pásmo asteroidov, ktoré tvoria tisíce kusov skál obiehajúcich okolo Slnka.

**Väčšina telies sa pohybuje okolo Slnka po eliptických dráhach v úzkom disku okolo roviny rovníka Slnka.** Všetky planéty obiehajú okolo Slnka v tom istom smere (pri pohľade

zhora je to proti smeru hodinových ručičiek) a všetky, okrem Venuše, Uránu, sa otáčajú okolo vlastnej osi týmto smerom. Mesiace sa pri obehu okolo svojich planét otáčajú aj okolo vlastnej osi. Celá slnečná sústava obieha okolo stredu našej **Galaxie, Mliečnej cesty**.

Telesá slnečnej sústavy obyčajne porovnávame s parametrami Zeme (priemerné hodnoty):

- polomer Zeme  $R_z = 6378\text{km}$
- hmotnosť Zeme  $M_z = 5,98 \cdot 10^{24}\text{kg}$
- hustota Zeme  $\rho_z = 5520\text{kg.m}^{-3}$

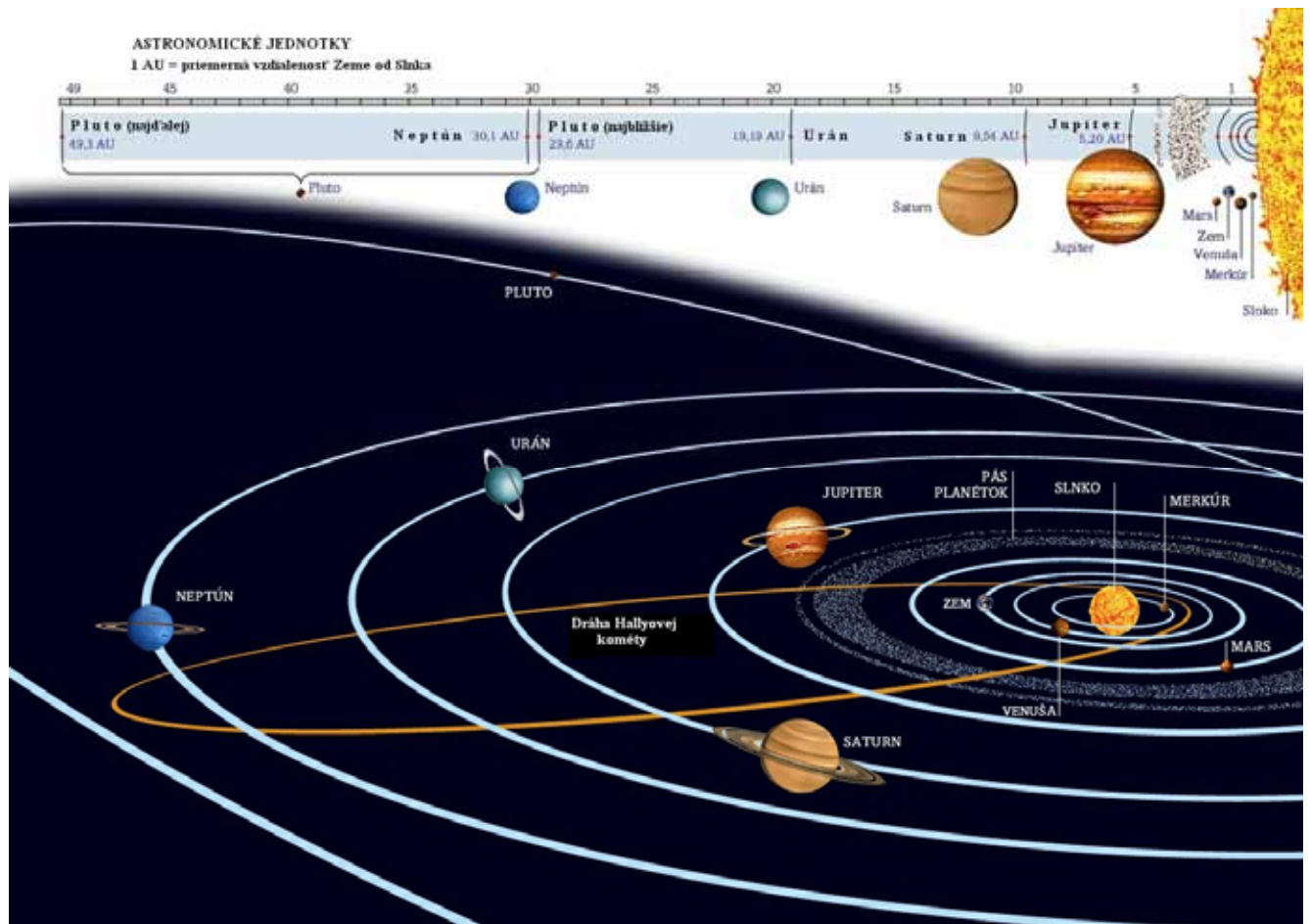
Na určovanie vzdialeností v slnečnej sústave sa používa **astronomická jednotka AU**, čo je stredná vzdialenosť Zeme od Slnka.

$$1\text{AU} = 1,496 \cdot 10^{11}\text{m} \doteq 150 \cdot 10^6\text{km}$$

Svetlo preletí túto vzdialenosť za  $499\text{s} \doteq 8,3\text{min}$ . *Astronomická jednotka (AU z angl. astronomical unit, UA z fr. unité astronomique) je jednotka dĺžky, približne rovná priemernej vzdialenosti medzi Zemou a Slnkom. Jej oficiálne uznávaná hodnota je  $1\text{AU} = (149\,597\,870\,691 \pm 30)\text{m}$ . V sústave jednotiek SI je na prvom mieste značka UA, ale vzhľadom na to, že na všetkých podujatiach Medzinárodnej astronomickej únie sa rokuje takmer výlučne v angličtine a v angličtine sa publikuje aj väčšina astronomických prác, v ktorých sa astronomická jednotka označuje AU, značka UA sa okrem Francúzska takmer nikde nepoužíva.*

Planéta	Stredná vzdialenosť od Slnka		Doba obehu okolo Slnka		Priemer	Hustota	Počet mesiacov
	$10^6\text{km}$	AU	roky	dni	$10^3\text{km}$	$10^3\text{kg.m}^{-3}$	
Merkúr	58	0,387		88	4,878	5,43	-
Venuša	108,2	0,723		224,7	12,191	5,25	-
Zem	149,6	1,000	1	12,756	5,52	5,52	1
Mars	228	1,524	1	321,7	6,8	3,95	2
Jupiter	778	5,203	11	314	142,9	1,33	63
Saturn	1426	9,546	29	167	114,8	0,69	33
Urán	2871	19,20	84	4	53,4	1,30	27
Neptún	4498	30,09	164	282	49,5	1,64	13





Zodpovedajte otázky. Informácie vyhľadajte z rôznych zdrojov – v literatúre alebo na Internete.

1. Porovnajete, čím sa podobajú a čím sa odlišujú Ptolemaiov geocentrický a Kopernikov heliocentrický model vesmíru.
2. Vymenujte telesá, ktoré patria do slnečnej sústavy a charakterizujte ich.
3. Opíšte pohyb Zeme okolo Slnka a jeho vplyv na striedanie ročných období.
4. Pokúste sa zistiť v akej vzdialenosti od Slnka je Zem. Komu sa to po prvý raz podarilo a ako? Opíšte.
5. Opíšte, ako by ste na oblohe hľadali hviezdu Polárku.
6. Vysvetlite rozdiel medzi súhvezdím a hviezdokopou.
7. Aký je názov galaxie, do ktorej patrí naša slnečná sústava? Stručne ju opíšte.
8. Prezentujte váš názor na vznik vesmíru.
9. Vypočítajte, akou približnou rýchlosťou sa pohybujeme.

Svoje názory odôvodnite.

### 1.5.3 Vznik a zloženie vesmíru



Vesmír zahŕňa všetko, čo existuje, od najmenších subatómových častíc až po superkopy galaxií (to sú najväčšie štruktúry, ktoré poznáme). Nikto nevie, aký je vesmír veľký. Astronómovia odhadujú, že obsahuje okolo 100 miliárd galaxií, z ktorých každá má priemerne 100 miliárd hviezd.

Teória veľkého tresku (big bang) je najuznávanejšou teóriou vzniku vesmíru a hovorí, že vesmír vznikol obrovskou explóziou - veľkým treskom - pred 10 až 20 miliárd rokov. Na samom začiatku vesmír pozostával z

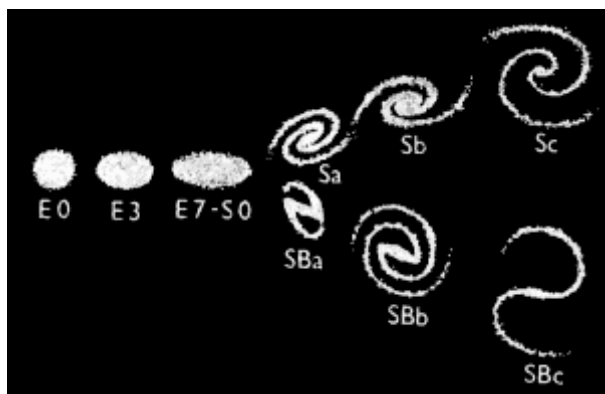


veľmi horúcej, hustej žeravej gule rozpínajúceho sa, postupne chladnúceho plynu. O milión rokov sa plyn pravdepodobne začal zhusťovať do izolovaných zhlukov, nazývaných protogalaxie. Počas ďalších piatich miliárd rokov zhusťovanie protogalaxií pokračovalo, až sa vytvorili galaxie, v ktorých sa rodili hviezdy. Dnes, po miliárdach rokov sa vesmír ako celok ešte stále rozpína, aj keď sú v ňom lokalizované oblasti, v ktorých sa objekty udržiavajú spolu gravitáciou; galaxie napríklad vytvárajú kopy. Teória veľkého tresku je podporená objavom jemného, chladného žiarenia pozadia, ktoré je rozptýlené rovnomerne na všetky smery. Predpokladá sa, že toto žiarenie je pozostatkom (reliktom) žiarenia, ktoré vzniklo pri veľkom tresku. Maličké rozdiely v teplote reliktového žiarenia sa považujú za dôkaz slabých fluktuácií v hustote látky raného vesmíru, čo viedlo k tvorbe galaxií. Astronómovia ešte stále nevedia, či je vesmír "uzavretý", či sa rozpínanie nezastaví a vesmír sa nezačne zmršťovať, alebo či je "otvorený" a bude sa navždy rozpínať.

## Zloženie vesmíru

- *Galaxie*

Galaxia je obrovský zhluk hviezd, hmlovín a medzihviezdneho materiálu. Najmenšie galaxie obsahujú približne 100 000 hviezd, ale najväčšie obsahujú až 3 000 miliárd hviezd. Podľa tvaru poznáme tri základné typy galaxií: eliptické, ktoré majú oválny tvar, špirálové, ktorých ramená špirálujú smerom von od vydutého stredu a nepravidelné, ktoré nemajú výrazný tvar. Niekedy sa tvar galaxie zdeformuje vplyvom zrážky s inou galaxiou. Kvazary (kvázistelárne objekty) sa považujú za galaktické jadrá, ale sú tak ďaleko, že ich presný charakter je ešte vždy neistý. Sú to kompaktné, vysoko svietivé objekty, ktoré sa nachádzajú na vonkajších okrajoch pozorovaného vesmíru. Najvzdialenejšie "bežné" galaxie sú od nás vzdialené asi 10 miliárd svetelných rokov, najvzdialenejší známy kvazar sa nachádza vo vzdialenosti 15 miliárd svetelných rokov. Aktívne galaxie, ako Seyfertove galaxie a rádiové galaxie, žiaria veľmi intenzívne. Žiarenie Seyfertových galaxií vychádza z galaktického jadra, žiarenie rádiovkej galaxie vyžaruje tiež z obrovských výbežkov na oboch stranách galaxie. Predpokladá sa, že žiarenie aktívnych galaxií a kvazarov spôsobujú mohutné čierne diery.



## Mliečna cesta

Názov Mliečna cesta sa vzťahuje na jemný pás svetla, ktorý prechádza cez nočnú oblohu. Svetlo vytvárajú hviezdy a hmloviny našej Galaxie, zvanej Mliečna cesta. Má tvar špirály s hustou centrálnou vydutinou, ktorá je obklopená štyrmi ramenami špirálujúcimi smerom von a menej hustým halo.



Nemôžeme vidieť jej špirálový tvar, pretože slnečná sústava sa nachádza v jednom z ramien špirály, nazývanom ramenom Orióna (tiež Miestne rameno). Z nášho pohľadu je stred Galaxie úplne zahalený prachovými mrakmi. **Výsledkom toho je, že optické mapy poskytujú len obmedzený pohľad na Galaxiu.** Kompletnejší obraz nôžeme však získať skúmaním rádiového, infračerveného alebo iného žiarenia.

Vydutina v strede Galaxie je relatívne malá, hustá oblasť obsahujúca najmä staršie červené a žlté hviezdy. Halo je menej hustá oblasť, v ktorej sa nachádzajú najstaršie hviezdy. Niektoré sú možno staré ako Galaxia (pravdepodobne 14 miliárd rokov). Ramená špirály obsahujú najmä horúce, mladé, modré hviezdy a hmloviny (mraky prachu a plynu, v ktorých sa rodia hviezdy). Naša Galaxia je obrovská hviezdna sústava s priemerom približne 100 000 svetelných rokov. Celá Galaxia sa v priestore otáča tak, že hviezdy nachádzajúce sa bližšie k jej stredu sa pohybujú rýchlejšie ako hviezdy na jej okraji. Slnko, ktoré je asi v dvoch tretinách cesty smerom od stredu k okraju Galaxie, vykoná jeden obchod približne za 220 miliónov rokov.

- Hmloviny a hviezdokopy
- Hviezdy

## Prvé okamihy veľkého tresku - deň bez včerajška

Pred tým nebolo nič, absolútna ničota, ktorú si my ľudia ani nevieme predstaviť. Malé zrno superhustej a nepredstaviteľne horúcej hmoty vybuchlo v obrovskom záblesku energie, pri ktorej vznikol dokonca i priestor ako taký. Jeho rozpínanie pokračuje až po dnes.

O celom ďalšom vývoji vesmíru sa rozhodlo v prvej sekunde jeho existencie. Toto obdobie, zanedbateľne krátke podľa bežných merítok, bolo priam nabité dôležitými kozmickými udalosťami:

**$10^{-43}$  sekundy: proces začína.** Po krátkom prológu začínajú mať zmysel pojmy priestor a čas. Pri teplote  $10^{32}$  stupňa dochádza vo vesmíru, ktorý má podobu nepatrného bodu o rozmeru  $10^{-32}$  centimetra a obsahuje exotickú zmesinu neustále vznikajúcich a zanikajúcich častíc a antičastíc, k prvej významnej udalosti: oddeľuje sa gravitácia a stáva sa samostatnou silou. Toto oddelenie je jedným z "fázových prechodov", pri ktorých sily vo vesmíru postupne "vymrzajú" z pôvodnej jednotnej interakcie podľa toho, ako klesá teplota.

**$10^{-36}$  sekundy: začína inflácia.** Silná interakcia začína zamrzáť a v okolnom vákuu sa objavujú kvantové bubliny. Jedna z nich sa začne obrovskou rýchlosťou rozpínať. Náš dnešný viditeľný vesmír má v nej podobu tenisovej loptičky. Všetky sily s výnimkou gravitácie sú doteraz zjednotené, keď si však symetrické vákuum naraz "uvedomí", že je nestabilné, a zbaví sa prebytočnej energie. Tým vznikajú nové častice a silná interakcia "vymrzá". (Inflácia: Kvantová bublina vytvára zvláštnu oblasť v podchladenom vesmíru a rozpína sa milióny miliónov miliónov krát rýchlejšie, ako je rýchlosť svetla. Na konci infácie sa prebytočná energia rozptýli do priestoru, čo zvýši teplotu a nechá vzniknúť novú hmotu.)

**$10^{-32}$  sekundy: inflácia sa zastavuje.** Vesmír prechádza na omnoho pomalšie, i keď stále ešte nepredstaviteľne mohutné rozpínanie podľa pôvodnej teórie veľkého tresku. Sú v ňom dva typy častíc: kvarky, ktoré cítia silnú interakciu, a leptóny (najľahšie častice: elektrón, pozitron, neutrino a antineutrino), ktoré cítia doteraz nerozlíšenú elektroslabú interakciu.

**10<sup>-11</sup> sekundy: rozdelenie elektroslabej interakcie.** Teplota poklesla na 10<sup>15</sup> stupňa, čo predstavuje ďalší "bod mrazu". Elektroslabá interakcia sa pri procese narušenia symetrie delí na samostatnú elektromagnetickú silu a slabú interakciu. Nosiče slabej interakcie - častice W a Z - sa stávajú ťažkými, zatiaľ čo nosič elektromagnetizmu, fotón, má nulovú hmotnosť.

**10<sup>-6</sup> sekundy: zmiznutie kvarkov.** Kvarky a antikvarky sa až do tejto chvíle voľne pohybovali priestorom, vytvárali sa, anihilovali a interagovali s ďalšími časticami. Potom, čo sa vesmír ochladil na 10<sup>13</sup> stupňov, už nie je dosť energie na to, aby kvarky voľne vznikali. Doteraz existujúce pary pokračujú v anihilácii a vyzerá to, že kvarky zmiznú navždy.

**10<sup>-4</sup> sekundy: vytvárajú sa baryóny.** Vesmír sa zväčšil asi na veľkosť našej slnečnej sústavy. Pri ďalšom poklesu teploty sa zastavuje anihilácia a ostávajúce kvarky sa skladajú na protóny a neutróny. (baryóny: súhrnný názov pre nukleón - protón a neutrón v jadre atómu)

**1 sekunda: únik neutrín.** Neutrína, na ktoré pôsobí iba slabá interakcia, boli do tejto chvíle veľmi aktívne. Na konci prvej sekundy je však slabá interakcia tak slabá, že nemá nad neutrínami takmer žiadnu moc, a neutrína sa voľne rozlietajú. Sú vo vesmíru až dodnes. (neutrino: elektricky nenabitá elementárna hmotná častica bez magnetického momentu)

**100 sekúnd: prvé prvky.** Protóny a neutróny spolu reagujú a vznikajú jadrá hélia. Ďalších približne 100 000 rokov sa nedeje nič zaujímavé. Vodík, hélium a nepatrné množstvo ďalších ľahkých jadier, zmiešané s elektrónmi a žiarením, postupne chladnú na teplotu rozžeraveného železa vo vysokej peci.

**300 000 rokov: vo vesmíru sa rozjasní.** Elektróny sa začínajú zväzovať s jadrami. Vznikajú prvé atómy. Žiarenie nemá už dosť sily, aby atómy rozbíjalo, a nie je teda pohlcované. Vesmír sa stáva priehľadný a je vyplnený svetlom.

**1 miliarda rokov.** Formujú sa prvé galaxie a vesmír začína vyzeráť povedome.

**15 miliárd rokov.** Dnešný vesmír - tak, ako ho poznáme v kozmických i atomárnych merítkach

(dokument nie je dokončený)