

## Teorie Velkého třesku

Teorii Velkého třesku, která předpokládá [singularitu](#) v podobě Velkého třesku na počátku [vývoje vesmíru](#), zastává většina kosmologů, ale ne všichni. Jejím autorem je americký fyzik, biolog a astronom ruského původu George Gamow (1904 - 1968), který ji roku 1948 vypracoval se svými spolupracovníky. Těmi byli američtí fyzikové Ralph Asher Alpher (1921 - 2007), Hans Albrecht Bethe (1906 - 2005) a Robert Herman (1914 - 1997).

Počáteční singularitu nazval posměšně Velkým třeskem (tj. Big Bang) britský fyzik Fred Hoyle (1915 - 2001), který s Gamowovou teorií nesouhlasil. Hoylevo *Big Bang* by se dalo v této souvislosti volně přeložit jako „Prázdný sud nejmíce duní.“ Hoyle totiž nevěřil, že vznik vesmíru souvisí se singularitou o velké hustotě a [teplotě](#). Tím nevědomky Gamowovu [práci](#) velmi zpopularizoval. Sám Hoyle byl zastáncem teorie [kvazistacionárního vesmíru](#).

Na základě této nejmíce přijímané teorie je možné vývoj vesmíru rozdělit do několika etap (ér), které se vyznačují určitou charakteristikou, přičemž čas konce dané éry je měřen od Velkého třesku:

1. [éra chaosu](#) (do  $10^{-43}$  s) - začíná singularitou s obrovskou hustotou ( $10^{99}$  kg.m<sup>-3</sup>) a teplotou v okamžiku, od kterého je dále definován čas. Tuto éru není možné popsat už ani [obecnou teorií relativity](#), ale je nutné použít novou (zatím neexistující) kvantovou teorii [gravitace](#).

Nemá smysl se ptát, co by bylo předtím. Před Velkým třeskem náš vesmír neexistoval, neexistovaly [fyzikální zákony](#), neexistoval čas (a tedy nemohl ani plynout) a neexistovali ani žádní pozorovatelé, kteří by vesmír mohli pozorovat.

Je to jako stát na [severním pólu](#) a ptát se „Jak se dostanu na severní pól?“ Nebo si přestavte situaci, kdy se staré kovové předměty (hrnce, pánve, hmoždíře, ...) roztaví a z roztaveného kovu se vyrábějí koule. Je zbytečné se ptát, zda ta koule byla udělána z modrého hrnce s kytičkami nebo z červené pánve s puntíky. Během tavení prošly nádoby procesem, při němž se na vlastnosti o barvě „zapomene“. Toto přetavení kovu odpovídá „přetavení fyzikálních zákonů“ při Velkém třesku.

2. [kvantová éra](#) (do  $10^{-23}$  s) - je charakterizována hromadným vznikem [elementárních částic](#) v silném kvantovém [gravitačním poli](#). Prostorčas je velmi zakřivený (poloměr [zakřivení prostoročasu](#) je srovnatelný s poloměrem [protonu](#)). Rozpínání prostoru probíhá velkou [rychlostí](#) (větší než je [velikost rychlosti světla](#) ve [vakuu](#) c) a [vzdálenost horizontu vesmíru](#) je menší než rozměr [nukleonu](#). Jednotlivé části nukleonu spolu tedy nemohou interagovat. Popis pomocí obecné teorie relativity je možný, ale o struktuře a vlastnostech látky není možné nic říci.

To znamená, že se nemohou tvořit stabilní nukleony. Aby se mohly tvořit, musely by spolu interagovat [kvarky](#), z nichž se nukleony skládají.

Během této fáze (podle současných pozorování) musela proběhnout i tzv. [inflační fáze](#) vývoje vesmíru.

3. [hadronová éra](#) (do  $10^{-4}$  s) - během ní se uplatňuje hlavně [silná jaderná síla](#) a vznikají [hadrony](#): nukleony (protony a [neutrony](#)), [mezony](#), hyperony. Spolu s hadrony hmoty vznikají i hadrony antihmoty a v hustém prostředí nastává [anihilace](#): [částice](#) hmoty

a antihmoty se mění na záření  $\gamma$ , ale možný je i opačný proces. Předpokládá se, že [poměr](#) mezi částicemi antihmoty a hmoty byl  $10^9$  antičástic:  $10^9 + 1$  částice. Anihilací se tedy většina směsi hmoty a antihmoty mění na [elektromagnetické záření](#) a jen nepatrná část hmoty zůstává na tvorbu [galaxií](#), [hvězd](#) a vůbec všech objektů ve vesmíru. Během této éry klesá teplota z  $10^{33}$  K na  $10^{11}$  K, což výrazně přispívá právě k anihilaci. Ve vesmíru přítomná mezonová [neutrina](#) přestávají interagovat s látkou a se zářením a vesmírem se začíná šířit neutrinové záření, jehož teplota s rostoucím vesmírem klesá. Pokud by bylo možné neutrinové záření zachytit, měli by astronomové informaci o vesmíru starém řádově setiny [sekundy](#). Neutrina ale mají velmi malý [účinný průřez](#) a proto je velmi nesnadné je zachytit. Hustota vesmíru na konci hadronové éry dosahuje  $10^{17}$  kg.m<sup>-3</sup>.

4. [leptonová éra](#) (do 1 s až 10 s) - je typická vznikem a převahou [leptonů](#): [neutrin](#), [elektronů](#), [pozitronů](#). Elektrony a pozitrony spolu anihilují, zatímco neutrina nyní vzniklá přestávají reagovat s ostatní látkou a zářením a začínají se šířit vesmírem v podobě neutrinového záření. Hadrony přeživší z hadronové éry tvoří zanedbatelnou část částic. V této éře začínají vznikat z protonů a neutronů jádra těžkého vodíku  ${}^2_1\text{H}$  a z vodíku jádra helia. Jedná se jadernou syntézu podobnou té, která probíhá dnes v [nitru hvězd](#), neboť tehdejší teploty a [tlaky](#) ve vesmíru jsou srovnatelné se současnými poměry v nitru hvězd. Syntéza pokračuje i v další éře, a proto hvězdy obsahují více helia než kdyby je hvězdy vytvářely vlastní [reakcí](#). Teplota vesmíru klesá na  $10^{10}$  K a hustota na  $10^7$  kg.m<sup>-3</sup>.
5. [éra záření](#) (do  $3 \cdot 10^5$  let až  $6 \cdot 10^5$  let) - hustota hmoty ve formě záření převažuje nad hustotou hmoty. Z vodíku  ${}^2_1\text{H}$  vzniká [izotop](#) helia  ${}^3_2\text{He}$ . V případě [uzavřeného vesmíru](#) by probíhala uvedená přeměna déle, zatímco v případě [otevřeného vesmíru](#) by probíhala tato přeměna krátce, neboť hustota  ${}^2_1\text{H}$  klesá rychleji a zůstane ho tedy více. Poměr množství vodíku  ${}^2_1\text{H}$  k množství vodíku  ${}^1_1\text{H}$  by měl být o několik řádů vyšší v otevřeném vesmíru ve srovnání s uzavřeným vesmírem. To je další možností pro rozpoznání geometrie vesmíru. V této éře je hmota v [zářivé rovnováze](#), k čemuž přispívá i vysoká [velikost rychlosti zvuku](#) (zhruba 60 % velikosti rychlosti světla ve vakuu), která ve velkých vzdálenostech vyhlazuje případné nehomogenity. Ke konci této éry se za teplot zhruba  $10^4$  K spojují elektrony s protony a vytváří se neutrální vodík. Na konci éry má vesmír teplotu 3000 K a hustotu  $10^{-17}$  kg.m<sup>-3</sup> a končí vzájemná interakce látky a záření. Rychleji ale klesá hustota hmoty ve formě záření než hustota látky.

Velká velikost rychlosti zvuku znamená silnější [rázovou vlnu](#), která může „rozbít“ případné nehomogenity (shluky látky, ...).

Záření přestává s látkou interagovat proto, že hustota látky natolik klesla, že je látka pro záření průhledná.

6. [éra látky](#) (trvá dodnes) - začíná vyrovnáním hustoty záření a hustoty látky. Záření, které se tehdy od látky oddělilo, mělo tepelný charakter, tj. odpovídalo Planckovu [zákonu](#) vyzařování [absolutně černého tělesa](#) a toto planckovské rozdělení [energie](#) ve spektru záření se zachovalo i po rozpínání vesmíru v tzv. [reliktním záření](#). Hlavním stavebním materiálem pro další tvorbu vesmíru a objektů v něm je vodík a helium s téměř nulovým tlakem.

Teorie Velkého třesku byla od dob svého publikování potvrzena řadou experimentálních pozorování (např. zkoumáním reliktního záření).

---

© **Encyklopedie Fyziky** (<http://fyzika.jreichl.com>); **Jaroslav Reichl, Martin Všetíčka**  
Licence <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> zakazuje úpravy a komerční distribuci.