

Dějiny vesmíru v kostce

Zdeněk Mikulášek,

Ústav teoretické fyziky a astrofyziky

Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity v Brně

Třesklo to při velkém třesku?

- Kosmologové svorně soudí, že vesmír vznikl i s celým časoprostorem před cca 14 miliardami let **velkým třeskem - BIG BANGem**
- Není to otázka **víry**, ale nejlepší známé zdůvodnění toho, co pak následovalo.
- **Velký třesk** je jedním z pilířů současného chápání světa.
Jeho největší vadou je nešťastně zvolený název: navozuje totiž představu *gigantické exploze*
- **Velký třesk** – vlastní prostor, absolutní pořádek, absolutní ticho! Byl to naprosto důstojný akt!

Velký třesk, big bang –
z těchto názvů přímo
čiší velkohubost,
humpoláctví.

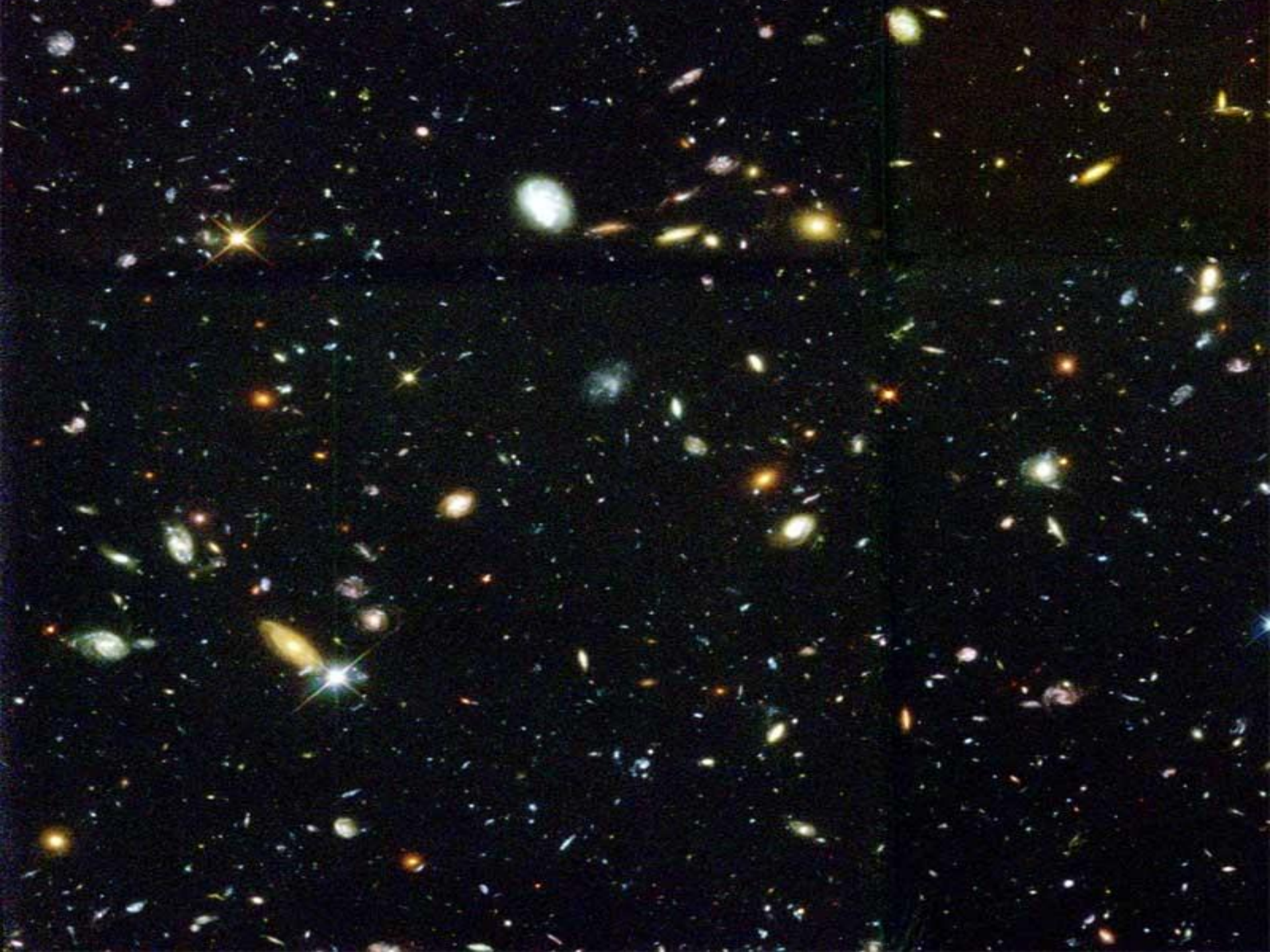
Není divu – big bang
totiž *byl* míněn jako
nadávka, urážka.



VIDÍM, SLEČNO, ŽE NEZNAÉTE MOJI TEORII VELKÉHO
TŘESKU PLESKU!

Autorem této nálepky – kosmolog Fred Hoyle – autor konkurenční teorie věčného, stále se doplňujícího, expandujícího vesmíru. Jeho protivníci: abbé Lemaitre, George Gamow.

- 1993 *Sky and Telescope* – soutěž na jiný název
- z 11 tisíc návrhů zvítězil „návrh“ Hoylův : **big bang!**



Račí historie vesmíru

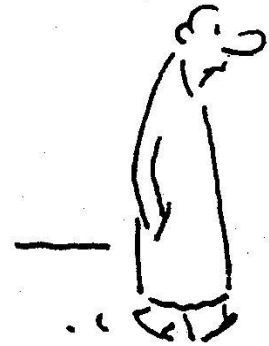
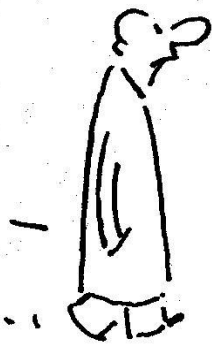
Vesmír, dnes starý 13,7 mld let se neustále rozpíná, řídne a chladne, v okolí velkého třesku teplota a hustota rostly nade všechny meze.

- $t = 1,5 \cdot 10^9$ let, $z = 6$. Kvasary, běžné galaxie
- $t = 2 \cdot 10^8$ let, $z = 21$. Konec období temného vesmíru – rozzářily se v něm první hvězdy.
- $t = 380\,000$ let, $z = 1100$ – záření se oddělilo od látky – vznik reliktního záření, předtím vesmír **zcela** neprůhledný → teorie. Vesmír byl asi třímldkrát hustější, teplota 3000 K. Už v něm ale existovaly zárodky budoucích kup galaxií.

ÚSTAV
PRO VÝZKUM
KONEČNÉHO
VESMÍRU.



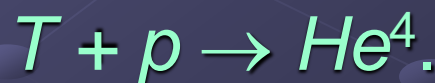
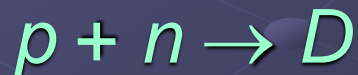
ÚSTAV
PRO VÝZKUM
NEKONEČNÉHO
VESMÍRU

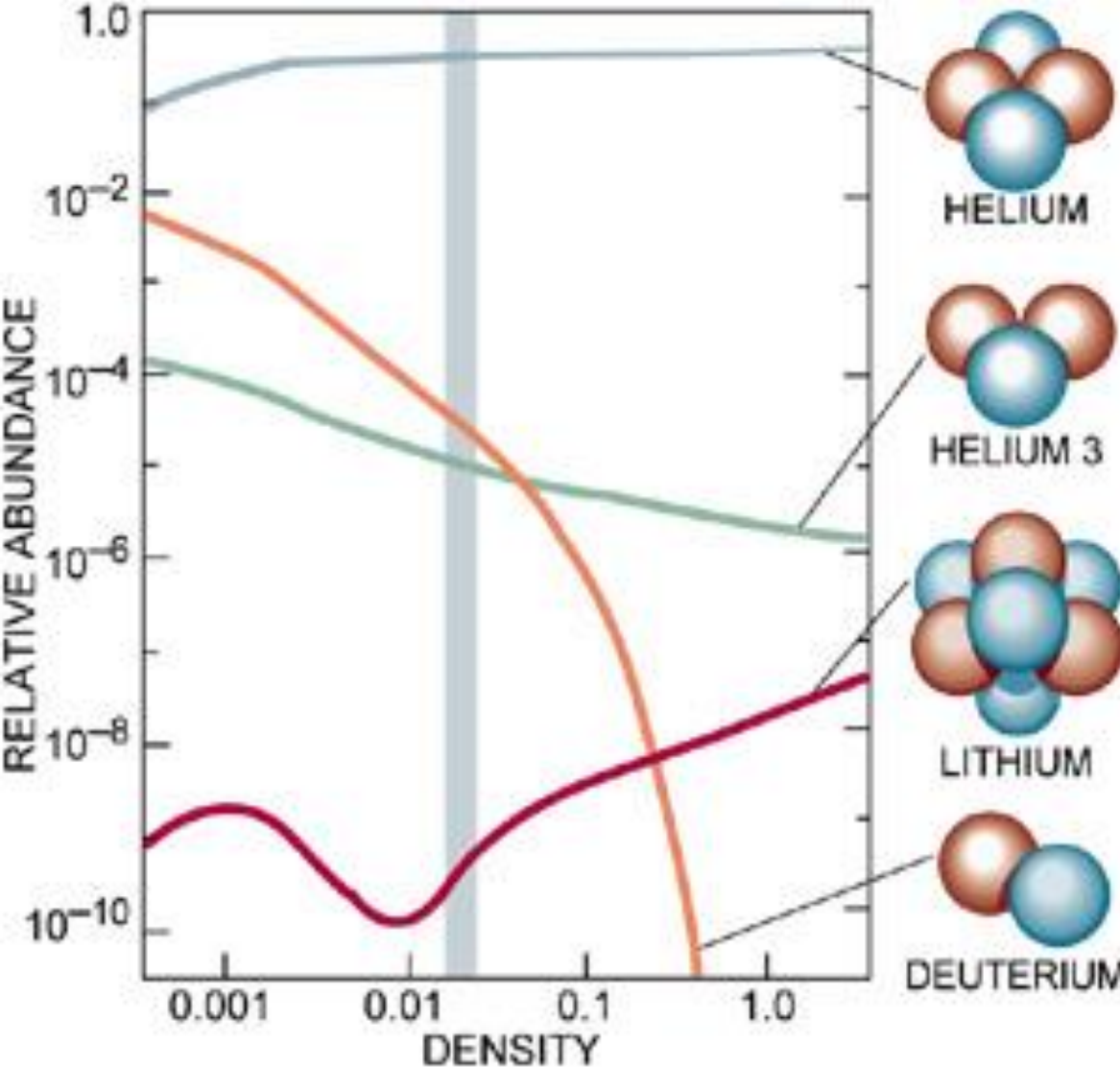


Kde se vzalo ve vesmíru hélium?

- Hvězdy – standardní složení: 1 – 5 % prvků těžších než He, 24 % He, zbytek H.
- Těžší prvky – vznikly v nitrech hvězd, dalším vývojem se dostaly do prostoru, do mhv. látky.
- $4 \text{ H} \rightarrow \text{He}$, to však v jádru hvězdy, v dalším vývoji $\text{He} \rightarrow \text{C}$, O a těžší prvky, obsah He se nemění. I ty nejstarší hvězdy mají 24% He !!!
- Už prvopočáteční hmota tento díl hélia obsahovala – to byl silný argument ve prospěch konceptu **horkého** a hustého počátku vesmíru.

- $t < 1$ s. V tomto hustém a velmi horkém raném vesmíru byl stejný počet protonů a neutronů, vzájemně se proměňovaly. Jádra se hned po utvoření v důsledku prudkých srážek s nukleony i fotony znovu rozpadala.
- S tím, jak vesmír chladnul, energie částic klesala, začaly v důsledku své menší hmotnosti převládat protony nad neutrony \Rightarrow 1 neutron na 7 protonů. Slabá interakce zeslábla, tento poměr „zamrzнул“.
- Neutrony by se s poločasem 15 min úplně rozpadly na p , e^- , ν . Do 3 min se „zachránily“ sledem reakcí:





- Zastoupení helia ^4He (22-24%) je jen málo citlivé na parametrech vesmíru.
- Jsou tu ale i jiné nuklidy: ^7Li , ^2H , ^3He . Z jejich dnešního zastoupení plyne:
- Hustota **baryonové látky** činí jen 4% očekávané kritické hustoty.

Co to znamená?

- buď je vesmír celkově řídký x pozorování
- nebo v něm převládá **nebaryonová skrytá látka**

DVĚ KOSTIČKY ANTIMONY JAKO OBVYKLÉ, PANE PROFESORE?



Kam se poděla antihmota?

- V dnešním vesmíru takřka chybí antihmota – vzniká jen při jaderných reakcích ale velmi rychle **anihiluje**.
- Úplně na počátku vývoje vesmíru však vládla kompletní symetrie – částic i antičástic bylo stejně, srážkami energetických fotonů se tvořily páry částice-antičástice.
- S tím jak vesmír chladnul, vznikaly generace stále méně hmotných částice, **anihilace** vše převracela v záření.
- Svět antihmoty však není dokonale věrný zrcadlovým obrazem našeho světa. Při rozpadech **X-bozonů** vznikalo o $1/2 \cdot 10^{10}$ více částic. Vesmír starý cca 10^{-35} s, $T \sim 10^{28}$ K si zahrál hru *Škatule, škatule hejbejte se!*
 - ⇒ Relativní zastoupení reliktních **fotonů, neutrin** a nukleonů: **17 000 000 000 : 12 000 000 000 : 1.**

Nezbytnost inflačního modelu VT

Standardní model velkého třesku je sice schopen v zásadě vysvětlit spektrum reliktního záření i zastoupení lehkých prvků a snad i absenci antihmoty, selhává při těchto otázkách:

- Proč je vesmír tak homogenní i v těch největších měřítkách, v částech, které nikdy neměly být v kontaktu?!
- Proč je rozměr vesmíru mnohem větší než bychom čekali? Proč je **plochý**?
- Kde se vzaly fluktuace, které pak daly vznik galaktickým strukturám a hvězdám?

Ambiciózní vysvětlení – předpoklad fáze tzv. **inflačního vesmíru**



VIDÍM DVĚ ROVNOBĚŽKY, PANE KOLEGO... TEĎ ! TEĎ SE ZROVNA
PROTÍNÁJÍ !!

● S myšlenkou, že vesmír v období krátce po velkém třesku prošel dramatickou epizodou expanze o 80 řádů, přišli Alan Guth, Paul Steinhardt, Andrei Linde, Andy Albrecht a vypracovali **teorii inflačního vesmíru**.

Teorie je založena na řadě moderních fyzikálních idejí: např., že na počátku vesmíru byly všechny čtyři základní **fyzikální interakce** sjednoceny v jedinou. Vesmír byl zcela hladký a symetrický.

- Další vývoj: **řidnutí + postupné osamostatňování jednotlivých sil, narušování symetrie, fázové přechody.**
- V době 10^{-35} s až 10^{-32} s po velkém třesku se fázovým přechodem (oddělením silné interakce) uvolnila gigantická energie **falešného vakua** se záporným tlakem a odpudivou gravitací.

● Inlace tehdy doslova rozfoukla celý tehdejší vesmír do gigantických rozměrů, dodala mu energii a expanzi. Zapříčinila to, že **vesmír** má právě kritickou hustotu, a je tedy absolutně **plochý**.

● **Falešné vakuum** pak fázově přešlo na současné „pravé vakuum“, energie posloužila k tvorbě částic a antičástic, z jejichž části vznikl i náš **baryonový svět**.

● K rozpadům falešného vakuu nedocházelo najednou, vznikala zde ohniska, centra fluktuací, z nichž později povstaly galaxie a kupy galaxií.

● Vznikla i nebaryonová skrytá gravitačně přitažlivá látka. Nicméně v „dnešní vakuu“ zbylo něco **temné**, gravitačně odpudivé **energie**. Ta se prosadila před 11 mld let a začala náš vesmír opět inflačně rozfukovat.



NE, PANE DOCENTE. UŽ TAK JSTE ZBLBLÝ Z JADERNÉ FYZIKY, JEŠTĚ ZBLISNETE
ZE MĚ...

Vlastní velký třesk

Velký třesk - okamžik začátku vývoje vesmíru, okamžik, kdy začal plynout čas, vzdálenosti všech bodů = 0, $R = 0$
- **časoprostorová singularita**.

□ Pro hypotetického bystrozrakého pozorovatele: $z \rightarrow \infty$, přesto je možné do počátku času „dohlédnout“.

□ Předpovědi chování hmoty a časoprostoru v období velkého třesku podmíněny znalostí (alespoň rámcovou) odpovídající fyziky.

Velké sjednocení nestačí, nezbytné je jeho spojení s gravitací – do jediné, všeobjímající **univerzální interakce**. Toto spojení se ovšem dotkne i časoprostoru!

- Bohužel, tam ještě fyzika vůbec nepokročila. Neexistuje vlastně ani **kvantová teorie gravitace** – ta se nutně uplatní při hustotách odpovídajících tzv. Planckově hustotě $5 \cdot 10^{96} \text{ kg/m}^3$, při Planckově stáří vesmíru cca 10^{-44} sekundy. Nemáme ani tušení, jak se chová taková kvantová gravitace, eventuálně propojená s ostatními sjednocenými interakcemi.

FAQ na odchodnou:

1. Co z toho lze potvrdit pozorováním?
2. Kde se vzal náš vesmír? Co bylo před ním?
3. Může souběžně existovat více vesmírů?
4. Jakou máme šanci do nich nahlédnout?
5. Musejí vypadat jako ten náš?



JÁ VÍM, ŽE NIC TAKOVÉHO NEEXISTUJE. CELEJ TEN VESMÍR JSTE SI
VYMYSELELI, ABYSTE MĚLI NĚCO NA HRANÍ...