

. . . **Obsah**

V akom vesmíre žijeme? . . . 19

Aký starý je náš vesmír? Čo je to veľký tresk a čo bolo pred ním? Koľko váži vesmír? Je konečný, alebo nekonečný? Kam až v ňom vieme zájsť? A tiež o tom, čo je to skrytá hmota a prečo o nej zatiaľ vieme iba málo.

Prechádzka vesmírom . . . 73

Cesta zo Zeme do hlbín vesmíru. Čím sú zaujímavé Mesiac, Slnko a planéty slnečnej sústavy? Dá sa pristáť na Slnku? Čo je to vlastne galaxia? A čo čierna diera? A čím sa od nej líši čierna superdiera? A tiež o tom, prečo sa nám pri rýchlosti svetla zastavia hodinky.

Prvá sekunda vesmíru . . . 115

Prečo nie je čas súvislý? Čo je to Planckov čas a koľko takých časov existuje? Zrodil sa priestor spolu s časom? Za ako dlho sa vesmír rozprestrel a kam až sa dnes rozpína? Ako vznikajú hviezdy? Riadi vesmír nejaký džentlmen? A tiež, prečo existujú dve teórie o tom, ako by zahynul Einstein v čiernej diere?

• • • V akom vesmíre žijeme?

Rozhovor vznikol v decembri 2010

Dáme si na úvod malé cvičenie o vesmíre. Ja budem dávať tie úplne najjednoduchšie otázky a ty budeš pútavo odpovedať.

(Smiech.) Dobre.

V akom starom vesmíre práve sedíme?

Tak to môžem povedať úplne presne. Má 13,8 miliardy rokov, a to od chvíle, keď sa vesmír zrodil po veľkom tresku.

To vieme presne?

No, astronómia sa, pochopiteľne, ako každá veda dopúšťa určitých chýb, a v tomto prípade by tá odchýlka bola asi 5 percent. Keď to vezmem zaokrúhlene, je to 14 miliárd rokov.

A to vieme z čoho?

To vieme z niekoľkých nezávislých astronomických meraní. Tie merania sa týkajú jednak toho, že už od roku 1929 vieme, že vesmír sa rozpína. A keďže sa rozpína, dá sa rýchlosť tohto rozpínania zmerať. Dá sa spočítať aj to, kedy sa toto rozpínanie začalo, pretože vesmír sa rozpínal z veľmi hustého stavu a dnes je už veľmi zriedený. Potom to možno nezávisle zistiť aj z toho, ako dlho svietia hviezdy, pretože to sa dá tiež vypočítať, ako napríklad aj to, ako dlho svietia Slnko a hviezdy v Mliečnej ceste. A Mliečna cesta tiež potrebovala nejaký čas na to, aby vznikla. Mliečna cesta je Galaxia, materská galaxia, v ktorej sa nachádzame. Sú aj iné galaxie a vieme merať hodnoty aj pre iné galaxie. Potom môžeme pracovať aj s rádioaktívnymi prvkami, ktoré sa rozpadajú a poskytujú určité pol-

- • • časy rozpadu. Keď to všetko dáme dohromady, vyjde nám tá istá hodnota. Predtým bol problém v tom, že z každej metódy vychádzalo iné číslo. Raz 10 miliárd rokov, inokedy 25 miliárd a podobne. A teraz sa to vďaka pokroku vedy začalo približovať a asi pred desiatimi rokmi to ustalo, na čom má veľkú zásluhu Hubblov teleskop. Myslím, že Hubblov teleskop v tom urobil najviac práce.

.....

Čo to znamená, že má vesmír 14 miliárd rokov? To, že pred 14 miliardami rokov nastal veľký tresk?

Áno. V tom je medzi vedcami zhoda.

.....

A pred veľkým treskom bolo čo?

To je dobrá otázka. Veľký tresk je omnoho zásadnejšia udalosť, než si väčšina ľudí dokáže predstaviť. V okamihu veľkého tresku, a to hovoria fyzici, vznikol priestor, ktorý predtým nebol. Vznikla hmota vesmíru, ktorá predtým nebola. A vznikol aj čas, ktorý predtým tiež nebol. Inými slovami, keď používame predložku „pred“, tak je to najmä časová predložka. Tak sme na to v bežnom živote zvyknutí. Trebárs predtým, než sme tu v štúdiu začali natáčať, musel som prísť do Bratislavy. A predtým, než som prišiel do Bratislavy, som si musel kúpiť cestovný lístok. Takto sa môžem dostávať stále ďalej dozadu, až sa dostanem k Veľkej Morave a ešte ďalej do minulosti. Sme zvyknutí, že čas sa naťahuje ako nejaká struna od neurčitého mínus nekonečna. To však nie je pravda. Jednoducho aj čas má svoj počiatok ako mnoho iných vecí. A keby sa človek ocitol pri veľkom tresku, nemohol by zistiť, čo je minulosť. Jednoducho to nejde, pretože za tým nijaká minulosť nie je. Takže otázka, čo bolo pred veľkým treskom, nie je z tohto hľadiska

fyzikálna otázka. Môžeme si ju síce položiť, ale bola by to zrejme zlá otázka, lebo by sme používali zlú predložku.

.....

A vieme si to nejako predstaviť? Ako si ty predstavuješ to, čo bolo „predtým“?

Predstavme si na chvíľu, že sme na zemeguli, že sme obyvateľmi zemegule, a priletia k nám nejakí mimozemšťania, ufóni, ktorí majú od svojej Akadémie vied za úlohu pristáť na južnom póle zemegule. Tá nepresnosť navigácie na takú obrovskú vzdialenosť spôsobí, že pristanú tu v Bratislave, stretnú nás a budú hovoriť: „Prosím vás, my potrebujeme ísť na južný pól tejto zemegule. Kadiaľ máme ísť?“ Vzdelaní ľudia im povedia: „Tadiaľ po poludníku, leťte s tým vaším tanierom smerom na juh.“ Mimozemšťania sa teda poberú svojou cestou a doletia do Afriky. Tam si znova nie sú istí, pristanú v Kapskom meste a opäť sa pýtajú ľudí, ktorí ich pošlú ďalej. Nakoniec sa dostanú tam, kam chcú. No a nájdú tam, ako je známe, medzinárodnú pozorovaciu stanicu a v nej vedcov. Pristanú uprostred vedcov a vravia: „Prosím vás, kadiaľ máme ísť na južný pól tejto zemegule?“ Vedci by im mali teda povedať, že už sú tu a že viac na juh sa už ísť nedá. Tak to je práve ten prípad. Môžete všade hovoriť, že niečo sa stalo pred. Ale raz dôjdete na počiatok, na ten južný pól zemegule, a nech robíte, čo robíte, môžete už odtiaľ vždy ísť iba na sever, nikdy nie na juh. Podobne môžete ísť už len do budúcnosti, nikdy nie viac do minulosti.

.....

Má vesmír okrem veku aj hmotnosť?

To súvisí s otázkou, či je vesmír konečný, alebo nekonečný v priestore. Pretože ak je nekonečný v priestore, mal by neko-

- • • nečnú hmotnosť. Vo vesmíre preukázateľne všade nejaká hmota je. Zaujímavejšie je však to, že je tu nejaká hustota. V tom vesmíre môžete vždy, či je nekonečný alebo konečný, urobiť akúsi dostatočne veľkú krabicu, a tým by ste zistili, koľko je v nej hmoty. Povedal by som na jednotku objemu. Jednotka objemu môže byť trebárs ako jeden kubický svetelný rok. A tak zistíte, že vesmír je v podstate prázdny. My tu máme pomerne husté predmety. Kovové alebo drevené. To je stále vyššia hustota než hustota vody. Priemerná hustota vesmíru je taká, že ide o lepšie vákuum než také, ktoré môžeme umelo vytvoriť na zemi vo fyzikálnych laboratóriách za veľmi zložitých okolností. Aj v obyčajnej elektrickej žiarovke je vyčerpaný vzduch, ale ešte tam stále zostáva veľa molekúl. Potom môžete mať technické vývevy, ktoré to dokážu lepšie. A máte aj vedecké vývevy, ktoré to urobia najlepšie, no stále je to vákuum veľmi husté. Čiže vesmír je takmer vákuum v priemere. Ale sem-tam sa v ňom objaví nejaká hviezda, planéta. No ako hovorím, vesmír je takmer bez hmoty.

.....

Vyplynuli z toho dve otázky. Hovoril si, že keby bol vesmír nekonečný, tak by aj jeho hmotnosť bola nekonečná. Je nekonečný?

To je otázne. Nevieme to, pretože sa to musí zistiť práve tými meraniami. A tie sa týkajú práve hustoty. Ak je totiž hustota vyššia, než jej kritická úroveň, bol by vesmír konečný, mal by konečnú hmotnosť, veľmi veľkú. Ale ak je, naopak, jeho hustota menšia, potom bude nekonečný. A tak sme znovu tam, kde sme boli.

.....

Keby bol nekonečný, stále by platila teória big-bangu?

Tá by platila nezávisle od toho, či je vesmír konečný, alebo nekonečný.
.....

Ako to?

Pretože je možné urobiť rôzne modely vesmíru práve s veľkým treskom. Aj toho vesmíru, ktorý je nekonečný, aj toho, ktorý je konečný.
.....

Vesmír sa predsa raz začal. Ako môže byť nekonečný?

To je časový začiatok.
.....

Ale aj priestorový, nie?

To je tá finta. Dobré, že to hovoríš, pretože teoreticky je možné, že vesmír je teraz priestorovo nekonečný, ale taký bol už aj v prvom okamihu veľkého tresku.
.....

Nekonečne veľký a prázdny?

Úplne prázdny nebol, pretože sa tam už musela nejaká hmota „nasypať“. Viem, toto ide dosť proti zdravému ľudskému rozumu. Nemáme nič a zrazu v jedinom okamihu po veľkom tresku je tu nekonečný priestor.
.....

To sa hádam ani nedá.

Dá, len sa nám to ťažko predstavuje. Ale pomôžem ti. Skús si predstaviť, že vesmír nemá tri priestorové rozmery, na ktoré sme zvyknutí: hĺbku, šírku a výšku. Keď sa diváci pozerajú na televíznu obrazovku, nevidia nás trojrozmerné. Vidia nás plocho na obrazovke, ale vedia si predstaviť, že reálne sme trojrozmerní a táto konvencia platí, odkedy je tu televízia. Skúsme jeden rozmer vynechať. Vesmír si nebudeme predstavovať ako

- • • plochý, ako dvojrozmerný, ale iba ako jednorozmerný. Vynechajme rovno dva rozmery. Nebudeme mať šírku ani výšku, len dĺžku. V takom prípade bude vesmír ako nekonečne tenká niť. Teraz si predstavme, že sa tá niť v okamihu veľkého tresku z ničoho nič objaví, je nekonečne dlhá a ešte sa aj začne rozpínať. Napokon, to by azda aj šlo, pretože ak tá niť bude gumová, tak ju budem natahovať. Ona je nekonečná už teraz a bude nekonečná ešte viac. Jednoducho, rozťahuje sa sama osebe.

.....

Platí teória big-bangu?

Áno, na 95 percent je v tom konsenzus.

.....

Aj ty si to myslíš?

Samozrejme.

.....

Ja si prvý okamih big-bangu predstavujem ako bod, ktorý je nekonečne ťažký, ale okolo neho ešte nie je priestor. Predstavujem si to zle?

Nie. To je naozaj jedna z možností. To, čo si predstavuješ, je vesmír konečný v priestore.

.....

Taký, ktorý sa začal v jednom bode a rozpína sa, no má aj nejaký koniec. Je aj iná možnosť?

Isteže. Predstav si, že na začiatku nebolo nič. Nebol priestor, nebol čas, nebola hmota. A teraz „ťuk“ a je tu nekonečný priestor, nekonečná hmota a začal bežať čas. Čas predtým nebol a teraz tu je.

.....

Počkaj, toto nie je celkom pochopiteľné.

Je to úplne rovnaké ako tá prvá možnosť. Pretože v každom prípade je vesmír veľmi veľký.
.....

Lenže druhá možnosť je, že z ničoho sa v okamihu stane nekonečno. Je to nejako predstaviteľné?

Predstaviteľné to nie je, ale tá možnosť vyplýva z rovníc.
.....

Obidve možnosti sú teda rovnako pravdepodobné?

Či sú rovnako pravdepodobné, to sa práve pokúšame zistiť. Zatiaľ je to totiž tak: Skôr, než sme mali tie astronomické pozorovania, tak už tu bola teória. Tú teóriu urobil Albert Einstein v roku 1915, keď vytvoril všeobecnú teóriu relativity. Niekoľko ľudí si všimlo tie jeho rovnice, ktoré dokážu opísať, čo sa deje s vesmírom v čase. Prvý z nich, kto to urobil, bol ruský meteorológ a matematik Alexander Fridman. Dokázal vyriešiť Einsteinove rovnice pre vesmír a vyšla mu podivná vec. Že vesmír nemôže byť, ako sa dovtedy myslelo, statický. To znamená, že vzdialenosti ku galaxiám budú konštantné. Podobne, ako keď sme zvyknutí, že toto štúdio je rovnako veľké dnes a aj keď sem prídeme o štrnásť dní. Asi by sme sa čudovali, keby to štúdio bolo väčšie, alebo naopak, menšie. Teraz ide o to, že tá teória umožňovala dve riešenia.
.....

Aké?

Že vesmír sa musí v čase buď zmršťovať, alebo sa potom musí rozpínať.
.....

To sa nedalo rozhodnúť?

Nie, lebo neexistovali také pozorovania. A potom prišiel belgický kňaz a vzdelaný matematik Georges Lemaître. Ten

- • • to potvrdil a zistil, že ak sa vesmír rozpína, tak možno hovoriť o takzvanom kozmickom vajíčku. To znamená, že sa zrodil akoby z malého vajíčka, podobne ako sa z malého vajíčka rodia cicavce. A neskôr je z nich napríklad veľký slon alebo niečo podobné. Myšlienku o vajíčku vyslovil Lemaître v roku 1927. Už tu bol zárodok veľkého tresku, o ktorom hovoríme teraz. V roku 1929 Edwin Hubble zistil, že z tých dvoch možností, ktoré ponúkala Einsteinova teória, a z modelov, ktoré vytvorili Fridman a Lemaître, platia tie rozpínajúce. Čiže modely, že vesmír sa rozpína. Potom sa začalo zasa ukazovať, že rozpínanie vesmíru je možné tak v priestore konečného vesmíru s konečnou hmotnosťou, ako aj v priestore nekonečného vesmíru s nekonečnou hmotnosťou. O tom, o ktorú možnosť ide, rozhoduje práve hustota.

.....

A to ešte nevieme.

Tú hustotu meriame, ale meria sa to zle, dokonca sa v tom dopúšťame veľkých chýb. Nie sme si istí. Z pozorovaní dnes vychádza, aspoň sa to tak javí, že nás matka príroda postavila pred ďalšiu prekážku. Hustota, ktorú vesmír naozaj má, je veľmi blízka rozhraniu medzi konečným a nekonečným rozpínaním vesmíru.

.....

Čiže, aj keď to zistíme, stále si nebudeme istí?

Každé fyzikálne meranie, pri ktorom budem merať napríklad dĺžku tohto stola, nameriam s chybou, ktorá zodpovedá tomu, aké mám pravítko. Či sú na ňom centimetrové alebo milimetrové čiarky, alebo môžem merať laserom. Taká presnosť bude rôzna. V každom prípade však tú dĺžku stola nezmeriam nikdy presne. Vždy sa tam vyskytne nejaká chyba.

A ak hrana stola predstavuje čosi ako rozhranie medzi konečným a nekonečným vesmírom, tak tú hranu vždy meriam s nejakou neistotou. Vychádza to teda tak, že niekde tu sa tá chyba začína a tu sa zasa končí. A hrana je medzi tým. Čiže dodnes nie sme schopní odpovedať na tvoju otázku presne. Zdá sa, že rafinovanosť prírody spočíva v možnosti, že rýchlosť rozpínania a hustota sú práve na kritickej hodnote. V takom prípade to nezistíme nikdy, pretože každé fyzikálne meranie počíta s chybou.

.....
Ale nejakto to byť musí. Buď tak, alebo onak.

Určite.

.....
A my to možno ani nikdy nezistíme?

Hoci by sa aj ukázalo, že je to presné a že existuje dobrý dôvod na to, prečo sa vesmír rozpína presne tou kritickou rýchlosťou medzi konečnom a nekonečnom, tak fyzikálne alebo astronomicky to nezistíme nikdy. To preto, lebo všetky merania, ktoré robíme v akejkoľvek vede, a je úplne jedno v akej, majú vždy nejakú chybu. Nijaké meranie nie je nikdy úplne presné. A ani nemôže byť úplne presné, pretože existuje to, čo sa nazýva Heisenbergov princíp neurčitosti, ktorý to zakazuje.

.....
Tvoj tip?

Myslím si, že príroda z nejakého dôvodu preferuje tú kritickú hodnotu práve preto, aby sme na to nikdy neprišli.

.....
Ale zrejme máš nejaký tip, či je vesmír konečný, alebo naopak, nekonečný?