

**NEIL
DE GRASSE
TYSON**

ASTROFYZIKA
pre
ZANEPRÁZDŇENÝCH





TATRAN

70

ROKOV

Astrofyzika
pre zaneprázdnených



Astrofyzika
pre zaneprázdnených



NEIL DEGRASSE TYSON

TATRAN

Z anglického originálu Neil deGrasse Tyson:
Astrophysics for People in a Hurry,
ktorý vyšiel vo vydavateľstve W. W. Norton & Company, Inc.,
New York 2017,
preložil Pavol Briatka
Vyšlo v roku 70. výročia Vydavateľstva TATRAN, Bratislava 2017
ako 5131. publikácia.
Vydanie I.
Prebal a väzbu navrhol Peter Briatka.
Zodpovedná redaktorka Katarína Jusková
Jazyková redaktorka Adriana Oravcová
Odborná korektúra prekladu Drahotín Tarasovič
Technická redaktorka Janka Miškovová
Sadzba RS servis, Bratislava
Vytlačila CPI Moravia Books, Pohořelice.

www.slovtatran.sk

:: knihy pre **hodnotnejší** život

All rights reserved.

Copyright © 2017 by Neil deGrasse Tyson
Translation © Pavol Briatka 2017
Slovak edition © Vydavateľstvo TATRAN 2017

ISBN 978-80-222-0901-4

*Pre všetkých, ktorí nemajú čas čítať hrubé knihy,
ale túžia po spojení s vesmírom.*



OBSAH

<i>Predslov</i>	11
1. Najväčší príbeh všetkých čias	15
2. Ako na nebi, tak aj na Zemi	28
3. Buď svetlo!	38
4. Medzi galaxiami	48
5. Tmavá hmota	58
6. Tmavá energia	72
7. Vesmír v tabuľke	88
8. Prečo je svet guľatý?	103
9. Neviditeľné svetlo	113
10. Medzi planétami	127
11. Exoplanéta Zem	137
12. Úvahy o kozmickej perspektíve	149
<i>Pod'akovanie</i>	161
<i>O autorovi</i>	163

PREDSLOV

V posledných rokoch sa ani jeden týždeň nezaobíde bez tučných titulkov oznamujúcich nový kozmický objav. Možno si médiá túto tému obľúbili, no skutočným dôvodom bude skôr rastúci záujem širokej verejnosti o vedu. Dôkazov je naozaj veľa – od populárnych televíznych relácií s vedeckým podtónom až po úspešné sci-fi filmy s hviezdny obsadením, ktoré vznikli pod taktovkou známych producentov a režisérov, a určite aj veľkolepé životopisné filmy o významných osobnostiach zo sveta vedy – tie sa stali žánrom samým osebe. Veľkému úspechu sa tešia aj rôzne vedecké festivaly, sci-fi zrazy a televízne dokumenty zamerané na vedu.

Dokonca aj najviac zarábajúci film všetkých čias z dielne slávneho režiséra sa odohráva na planéte obiehajúcej okolo vzdialenej hviezdy a vystupuje v ňom postava astrobiologičky, ktorú stvárnila populárna herečka. Väčšina vedeckých oblastí sa v poslednom čase dostáva do úzadia, no astrofyzika sa stále drží na najvyšších prieč-

kach. Myslím, že viem, prečo je to tak. Každý sa už aspoň raz v živote pozrel na nočnú oblohu a kládol si otázky: Čo to všetko znamená? Ako to spolu súvisí? A aký zmysel má moje bytie na tomto svete?

Ak ste priveľmi zaneprázdnení a nemáte čas prenikať do tajov vesmíru na rôznych prednáškach alebo čítať hrubé učebnice, či sledovať dokumenty, a napriek tomu túžite po stručnom a zároveň zmysluplnom uvedení do tejto oblasti, táto útla kniha je práve pre vás. Nadobudnete vďaka nej prehľad o všetkých významných poznatkoch a objavoch, ktoré sformovali moderné chápanie vesmíru. A ak som dosiahol, čo som chcel, po jej prečítaní budete obohatení o vedomosti z astrofyziky a možno zatúžite vedieť viac.

Nie je povinnosťou vesmíru,
aby vám dával zmysel.

NDT

1.

Najväčší príbeh všetkých čias

Svet pretrváva už mnoho rokov a všetko sa odvíja od okamihu, keď sa dal do pohybu.

LUCRETIUS, 55 PRED KR.

Na začiatku, pred približne 14 miliardami rokov, zaberá všetok priestor, všetka hmota a energia vesmíru menej než jednu bilióntinu bodky, ktorou sa končí táto veta.

Pod pokrievkou to vrelo a prírodné sily, ktorými dnes opisujeme vesmír, tvorili jeden celok. Nie je síce jasné, ako vznikol tento miniatúrny vesmír, no v tomto štádiu sa dokázal už len rozpínať – a to veľmi rýchlo. Tento jav dnes poznáme ako veľký tresk.

Einsteinova všeobecná teória relativity z roku 1916 nám poskytuje moderné chápanie gravitácie. Podľa tejto teórie spôsobuje prítomnosť hmoty a energie zakrivenie štruktúry časopriestoru, ktorý ich obklopuje. V dvadsiatich rokoch minulého storočia uzrela svetlo sveta aj

kvantová mechanika, ktorá priniesla zase moderný opis atómov, molekúl a subatómových častíc. Tieto dva prístupy k vysvetleniu prírodných zákonov sú však formálne nezlučiteľné, čím sa fyzici dostali pred náročnú úlohu spojiť teóriu o malom s teóriou o veľkom a vytvoriť jednotnú teóriu kvantovej gravitácie. Riešenie je ešte v nedohľadne, no už vieme, akým prekážkam čelíme. Jednou z nich je tzv. „Planckova éra“ – jedno zo štádií raného vesmíru. Ide o krátky časový interval v rozmedzí od $t = 0$ po $t = 10^{-43}$ sekundy (jedna desať miliónov-biliónov-biliónov-bilióntina sekundy) od vzniku vesmíru, kým dosiahol v priemere veľkosť 10^{-35} metra (jedna sto miliárd bilión-bilióntina metra). Nemecký fyzik Max Planck, po ktorom sú pomenované tieto nepredstaviteľne malé veličiny, predložil svoju teóriu kvantovej energie už začiatkom dvadsiateho storočia a vo všeobecnosti sa považuje za otca kvantovej mechaniky.

Pre súčasný vesmír nepredstavuje rozpor medzi gravitáciou a kvantovou mechanikou žiadny problém. Astrofyzici uplatňujú princípy všeobecnej relativity a kvantovej mechaniky pri riešení najrôznejších problémov. Máme však podozrenie, že na začiatku, počas Planckovej éry, keď ešte veľké bolo malým, museli tieto dva princípy držať spolu. Bohužiaľ, stále nevieme, čo ich viedlo k tejto netradickej spolupráci, preto žiadne (známe) fyzikálne zákony nedokážu uspokojivo vysvetliť správanie vesmíru počas tohto krátkeho spoločného pôsobenia.

Napriek tomu sa však domnievame, že na konci

Planckovej éry sa gravitácia „odtrhla“ od ostatných – stále zjednotených – prírodných síl a získala tak vlastnú identitu, ktorú dobre vystihujú súčasné teórie. Po skončení Planckovej éry sa vesmír ďalej rozpínal, uvoľňoval nahromadenú energiu a to, čo ostalo zo spojených prírodných síl, sa rozdelilo na „elektroslabú“ a „silnú jadrovú“ silu. Neskôr sa ešte elektroslabá sila rozložila na elektromagnetickú a „slabú jadrovú“ silu, a tak vznikli štyri odlišné sily, ktoré sme postupne spoznali a obľúbili si ich: slabá jadrová sila dohliada na rádioaktívny rozpad, silná jadrová sila drží pokope jadrá atómov, elektromagnetická sila viaže k sebe molekuly a gravitácia spája objemnú hmotu.

*

Od počiatku ubehla jedna trilióntina sekundy.

*

Celý tento čas prebiehala nepretržitá spolupráca medzi hmotou vo forme subatómových častíc a energiou vo forme fotónov (nehmotné prenášače svetla, ktoré sú skôr vlnami než časticami). Vysoká teplota vesmíru umožnila spontánne pretransformovať energiu fotónov na dvojice pozostávajúce z častíc hmoty a antihmoty, ktoré sa okamžite navzájom zničili, a uvoľnená energia sa vrátila späť vo forme fotónov. Áno, antihmota skutočne existuje a prišli s ňou vedci, nie sci-fi spisovatelia. Tieto zázračné premeny dokonale vyjadruje najznámejšia Einsteinova

rovnica $E = mc^2$, ktorá predstavuje obojsmerný recept na zistenie, koľko hmoty zodpovedá vašej energii a koľko energie zodpovedá vašej hmote. Hodnota c^2 je druhou mocninou rýchlosti svetla, a keď toto obrovské číslo vynásobíme hmotnosťou, zistíme, aké množstvo energie môžeme získať z daného telesa. Krátko predtým, ale aj po tom, čo sa elektroslabé sily rozdelili, bol vesmír ako hustá polievka z kvarkov, leptónov a ich súrodencov z antihmoty, ako aj z bozónov – častíc, ktoré umožňujú ich vzájomnú interakciu. Žiadna z týchto častíc, aspoň pokiaľ vieme, sa nedá rozdeliť na nič menšie ani jednoduchšie, no každá z nich má niekoľko foriem. Bežný fotón patrí do rodiny bozónov. Najznámejšie leptóny pre laikov sú elektrón a možno neutríno. A najznámejšie kvarky sú... nuž, nie sú vlastne žiadne známe kvarky. Všetkých šesť poddruhov dostalo abstraktné mená, ktoré nemajú z filologického, filozofického alebo pedagogického hľadiska žiadny význam – majú slúžiť iba na ich odlišovanie: kvark u (z angl. *up – hore*), kvark d (z angl. *down – dole*), kvark s (nazývaný aj čudný, z angl. *strange*), kvark c (nazývaný aj pôvabný, z angl. *charmed*), kvark t (z angl. *top – vrchný*) a kvark b (nazývaný aj kvark s krásou, z angl. *beauty – krása*, iný názov *bottom – spodný*).

Bozóny sú, mimochodom, pomenované po indickom vedcovi Šatendranáthovi Nath Boseovi. Slovo *leptón* je odvodené z gréckeho *leptos* – *lahký, malý*. Kvark má však naproti tomu literárny a oveľa pozoruhodnejší pôvod. Fyzik Murray Gell-Mann, ktorý v roku 1964 predstavil

kvarky ako vnútorné zložky protónov a neutrónov a ktorý si vtedy myslel, že rodina kvarkov má iba troch členov, čerpal inšpiráciu z diela írskoho spisovateľa Jamesa Joycea *Finneganovo prebúdzanie*, kde odznie pre autora typicky nezrozumiteľná veta: „*Three quarks for Muster Mark!*“ (význam slova *quark* nie je v kontexte vety úplne jasný; pozn. prekl.). Kvarky však majú jednu veľkú výhodu – ich názvy sú jednoduché. To je niečo, čo sa chemikom, biológom a zvlášť geológom nedarí dosiahnuť pri pomenovaní iných vecí.

Kvarky sú zvláštne stvorenia. Na rozdiel od protónov s elektrickým nábojom +1 a elektrónov s elektrickým nábojom -1 majú kvarky zlomkové náboje vyjadrené v tretinách. Kvarky taktiež nikdy nezastihnete osamote – vždy budú mať okolo seba niekoľko ďalších kvarkov. V skutočnosti je väzba medzi dvoma (a viacerými) kvarkmi tým silnejšia, čím je medzi nimi väčšia vzdialenosť, ako keby ich spájala nejaká subatómová gumička. Ak oddialite kvarky dosť ďaleko od seba, gumička praskne a uvoľnená energia si zavolá na pomoc rovnicu $E = mc^2$. Na oboch koncoch vznikne nový kvark, a ste opäť na začiatku.

Počas kvarkovo-leptónovej éry mal vesmír príliš veľkú hustotu, preto priemerná vzdialenosť medzi nespojenými kvarkmi nedokázala konkurovať vzdialenosti medzi spojenými kvarkmi. Za týchto okolností bolo absolútne vylúčené, aby sa susediace kvarky spájali a namiesto vytvárania väzieb sa teda iba voľne pohybovali medzi sebou.