

ILUSTROVANÁ  
TEÓRIA  
VŠETKÉHO

STEPHEN  
HAWKING



ILUSTROVANÁ  
TEÓRIA  
VŠETKÉHO



I L U S T R O V A N Á  
TEÓRIA  
VŠETKÉHO

POČIATOK A OSUD VESMÍRU

STEPHEN  
HAWKING

**slovar**

Copyright © 2003 by Space Time Publications Ltd  
First published under the title *The Cambridge Lectures: Life Works*  
Slovak edition © 2024 by Vydavateľstvo SLOVART, spol. s r. o.  
Translation © 2004 by Igor Kapišinský

Druhé slovenské vydanie, vo Vydavateľstve SLOVART, spol. s r. o., prvé

Z anglického originálu *The Illustrated Theory of Everything*.

*The Origin and Fate of the Universe* preložil Igor Kapišinský.

Odborná revízia Kristian Petrík

Zodpovedný redaktor Jaroslav Hochel

Editorka Zita Ročkárová

Sadzba Studio Marvil, [www.marvil.cz](http://www.marvil.cz)

Tlač FINIDR, s. r. o., Český Těšín

Cena uvedená na obálke knihy je nezáväzným odporúčaním  
pre konečných predajcov.

ISBN 978-80-556-6194-0

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

[www.sloart.sk](http://www.sloart.sk)

# OBSAH

Úvod .....	7
Prvá prednáška Predstavy o vesmíre.....	9
Druhá prednáška Rozpínajúci sa vesmír.....	19
Tretia prednáška Čierne diery.....	35
Štvrtá prednáška Čierne diery nie sú až také čierne .....	57
Piata prednáška Počiatok a osud vesmíru.....	71
Šiesta prednáška Smer času .....	91
Siedma prednáška Teória všetkého .....	101
Register.....	115
Obrazové pramene.....	119



# ÚVOD

V tejto sérii prednášok sa pokúsím načrtnúť obrysy súčasných predstáv o dejinách vesmíru od Veľkého tresku až po čierne diery. V prvej prednáške stručne zrekapitulujem historické názory na vesmír a ukážem, ako sme sa dostali k súčasnému obrazu. Túto kapitolu by bolo možné nazvať aj dejinami dejín vesmíru.

V druhej prednáške vysvetlím, ako Newton a Einstein vo svojich teóriách dospeli k záveru, že vesmír nemôže byť statický – musí sa buď rozpínať, alebo zmršťovať. Z toho vyplýva, že v čase pred 10 až 20 miliardami rokov musel nastať okamih, v ktorom bola hustota vesmíru nekonečná. Tento okamih nazývame Veľkým treskom. Bol to počiatok vesmíru.

V tretej prednáške budem hovoriť o čiernych dierach, ktoré vznikajú, keď hviezda vysokej hmotnosti, poprípade ešte väčší objekt, skolabuje v dôsledku pôsobenia svojej vlastnej gravitácie. Hoci kto, kto by bol až taký hlúpy, že by spadol do čiernej diery, by bol podľa Einsteinovej všeobecnej teórie relativity navždy stratený – už nikdy sa z nej nedostane von. Naopak, jeho životná dráha dospeje k tragickému koncu v singularite. Všeobecná teória relativity je však klasickou teóriou, čo znamená, že nezohľadňuje princíp neurčitosti z kvantovej mechaniky.

Vo štvrtej prednáške opíšem, ako kvantová mechanika umožňuje únik energie z čiernych dier. Čierne diery skrátka nie sú až také čierne, ako sa o nich zvyčajne hovorí.

V piatej prednáške aplikujem kvantovomechanické predstavy na Veľký tresk a počiatok vesmíru. To vedie k myšlienke, že časopriestor je snáď svojím rozsahom konečný, no nemá hranicu ani okraj. V takom prípade by vyzeral ako povrch Zeme, ale s dvoma rozmermi navyše.



V šiestej prednáške ukážem, ako by táto predložená myšlienka o hranici mohla vysvetliť, prečo sa minulosť tak veľmi líši od budúcnosti, aj keď sú fyzikálne zákony časovo symetrické.

Nakoniec v siedmej prednáške opíšem, ako sa pokúšame nájsť zjednotenú teóriu, ktorá by spájala kvantovú mechaniku, gravitáciu a všetky ostatné fyzikálne interakcie. Ak sa nám to podarí, tak skutočne porozumieme vesmíru a nášmu miestu v ňom.

Prvá prednáška

## PREDSTAVY O VESMÍRE

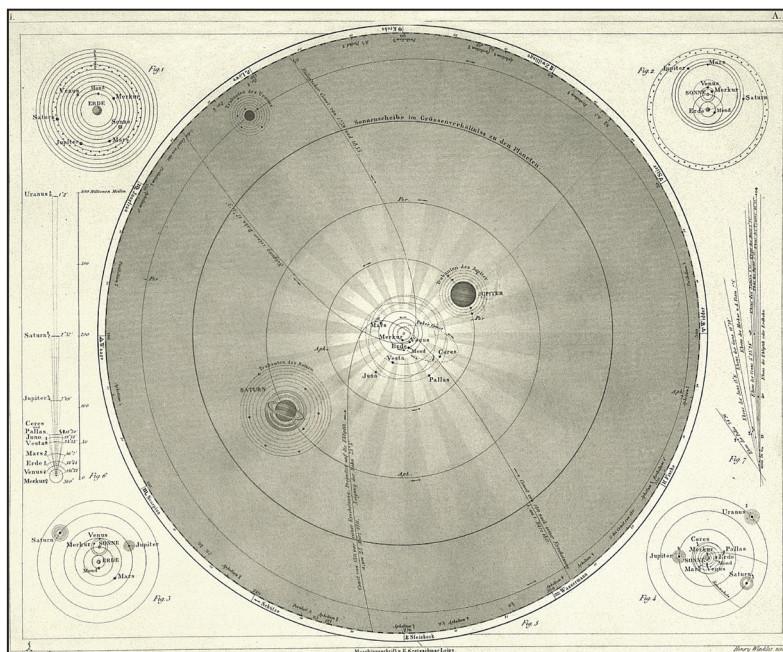
Aristoteles v knihe *O nebi* dokonca už v roku 340 pred n. l. uviedol dva dobré argumenty, aby sme uverili, že Zem je skôr guľového tvaru ako plochá doska. Najprv si uvedomil, že zatmenia Mesiaca vznikajú tak, že Zem sa dostane medzi Slnko a Mesiac. Tieň Zeme na Mesiaci mal vždy tvar kruhu, čo môže nastať iba vtedy, ak je Zem guľatá. Ak by bola Zem plochý disk, bol by jej tieň pretiahnutý a eliptický, pokiaľ by zatmenie nenastávalo vždy v okamihu, keď je Slnko priamo nad stredom tohto disku.

Gréci navyše počas svojich ciest zistili, že Polárka sa pri pozorovaní z južných miest javí na oblohe nižšie, ako ju vidieť zo severnejšie položených oblastí. Z rozdielu zdanlivých polôh Polárky v Egypte a Grécku Aristoteles dokonca uvádzal odhad, že obvod zemegule meria 400-tisíc štadiónov. Nevie sa presne, akú dĺžku predstavuje štadión, ale bolo to asi 190 metrov. To by však znamenalo, že Aristotelov odhad bol približne dvojnásobkom dnes uznávanej hodnoty.

Gréci mali dokonca aj tretí argument na podporu guľatosti Zeme, pretože prečo by sme inak videli z lode prichádzajúcej spoza horizontu najprv plachty a až potom trup? Aristoteles si však myslel, že Zem je nehybná a Slnko, Mesiac, planéty a hviezdy sa pohybujú okolo nej po kruhových obežných dráhach. Tejto predstave veril preto, lebo z mystických dôvodov považoval Zem za stred vesmíru a kruhový pohyb za najdokonalejší.

Túto predstavu v 1. storočí nášho letopočtu ďalej rozpracoval Ptolemaios do uceleného kozmologického modelu. Zem stála v jeho strede, obklopená ôsmimi sférami, ktoré niesli Mesiac, Slnko, hviezdy a päť vtedy známych planét: Merkúr, Venušu, Mars, Jupiter a Saturn. Samotné planéty sa pohybovali po menších kružniciach pripevnených k príslušným sféram tak, aby sa dali vysvetliť pomerne zložité pozorované dráhy planét po oblohe. Najvzdialenejšia sféra niesla takzvané

Aristoteles si však myslel, že Zem je nehybná a Slnko, Mesiac, planéty a hviezdy sa pohybujú okolo nej po kruhových obežných dráhach.



Dobová ilustrácia znázorňujúca rôzne historické kozmologické modely predkladané na vysvetlenie pohybov planét. Základom je heliocentrický model (so Slnkom v strede) so šiestimi vtedy známymi planétami, s ich mesiacmi a s ďalšími nebeskými telesami obiehajúcimi okolo Slnka. Od 2. storočia bol dominantný Ptolemaiov geocentrický systém (v strede so Zemou; vľavo hore). Ten bol nahradený až Kopernikovým heliocentrickým modelom z roku 1543 (vpravo dole). Pri egyptskom (vľavo dole) a Tychovom modeli (vpravo hore) sa zachováva nehybná Zem v strede vesmíru. Podrobné údaje o dráhach planét sú uvedené vľavo a vpravo. Z publikácie *Bilder Atlas* od Johanna Georga Hecka z roku 1860.

stálice, ktoré sú voči sebe nehybné a po oblohe sa pohybujú spoločne. Nikdy sa celkom jasne nevysvetľovalo, čo leží za poslednou sférou, no celkom určite to nebolo súčasťou pozorovateľného vesmíru.

Ptolemaiov model bol systémom, pomocou ktorého sa dali pomerne presne predpovedať polohy nebeských telies na oblohe. Aby bol však Ptolemaios schopný opisovať tieto polohy správne, musel prijať predpoklad, že Mesiac obieha po dráhe, ktorá ho občas dovedie k Zemi o polovicu bližšie ako inokedy. To znamenalo, že Mesiac by sa niekedy mal zdať dvakrát väčší, než sa javí zvyčajne.

Ptolemaios si uvedomoval tento nedostatok, ale aj tak bol jeho model všeobecne – i keď nie bezvýhradne – uznávaný. Kresťanská cirkev ho prijala ako obraz vesmíru, ktorý je v súlade so Svätým písmom. Mal jednu veľkú výhodu v tom, že za sférou stálic ponechával dostatočný priestor pre nebo i pekló.

V roku 1514 však poľský kňaz Mikuláš Kopernik vytvoril oveľa jednoduchší model. Najprv ho uverejnil anonymne, pretože sa obával, že vyvolá podozrenie z kacírstva. Jeho predstava sa zakladala na tom, že Slnko stojí nehybne v strede systému a Zem i planéty sa pohybujú po kruhových obežných dráhach okolo neho. Kopernik mal, bohužiaľ, smolu: uplynulo skoro celé storočie, než sa jeho myšlienky začali brať vážne. Stalo sa to, až keď dvaja astronómovia, Nemec Johannes Kepler a Talian Galileo Galilei, začali Kopernikovu teóriu verejne podporovať napriek tomu, že obežné dráhy, ktoré z nej vyplývali, sa celkom nezhodovali s pozorovanými dráhami. Koniec aristotelovsko-ptolemaiovskej teórie prišiel v roku 1609. Vtedy začal Galileo Galilei pozorovať nočnú oblohu pomocou nového vynálezu – ďalekohľadu.

Keď sa Galilei pozrel na Jupiter, zistil, že túto planétu sprevádza niekoľko malých satelitov alebo mesiacov, ktoré obiehajú okolo nej. Z toho vyplývalo, že nie všetko musí bezpodmienečne obiehať okolo Zeme, ako sa domnievali Aristoteles a Ptolemaios. Samozrejme, ešte stále bolo možné myslieť si, že Zem stojí nehybne v centre vesmíru a mesiace Jupitera sa pohybujú okolo Zeme po veľmi zložitých dráhach tak, aby sa zdalo, že obiehajú okolo Jupitera. No Kopernikova teória bola omnoho jednoduchšia.

V tom istom čase modifikoval Kepler Kopernikovu teóriu predpokladom, že planéty sa nepohybujú po kružniciach, ale po elipsách. Teraz boli už predpovede konečne v zhode s pozorovaniami. Čo sa týka Keplera, ním predložené elipsy boli len akousi hypotézou ad hoc – a navyše hypotézou dosť vzdialenou ideálu, pretože elipsy sú zjavne menej dokonalé ako kružnice. Keď zistil, a to takmer náhodou, že eliptické obežné dráhy sa dobre zhodujú s pozorovaniami, nedokázal zasa uviesť tieto elipsy do súladu so svojou predstavou, že obežný pohyb planét okolo Slnka zapríčiňujú magnetické sily.

Vysvetlenie bolo predložené až omnoho neskôr – v roku 1687, keď Newton publikoval dielo *Matematické princípy prírodnej filozofie*.

V roku 1609 začal Galileo Galilei pozorovať nočnú oblohu pomocou nového vynálezu – ďalekohľadu.

Newton nielenže predložil teóriu, ktorá vysvetľovala, ako sa telesá pohybujú v priestore a v čase, ale aj odvodil matematické postupy potrebné na analýzu týchto pohybov.

Pravdepodobne išlo o najdôležitejšiu prácu, aká vôbec vo fyzikálnych vedách vyšla. V tomto diele Newton nielenže predložil teóriu, ktorá vysvetľovala, ako sa telesá pohybujú v priestore a v čase, ale aj odvodil matematické postupy potrebné na analýzu týchto pohybov. Okrem toho Newton postuloval zákon všeobecnej gravitácie. Podľa neho každé teleso vo vesmíre priťahuje všetky ostatné telesá silou, ktorá je tým väčšia, čím majú tieto telesá vyššiu hmotnosť a čím sú k sebe bližšie. Je to tá istá sila, ktorá spôsobuje, že predmety padajú k zemi. Historku, podľa ktorej padlo Newtonovi na hlavu jablko, vymyslel niekto takmer s istotou neskôr. Newton sám o tom kedysi povedal len to, že mu tá myšlienka prišla na um, keď raz zamyslený sedel a uvidel pád jablka.

Ďalej Newton ukázal, že gravitácia podľa jeho zákona spôsobuje, že sa Mesiac pohybuje po eliptickej obežnej dráhe okolo Zeme a že Zem a planéty krúžia po heliocentrických dráhach okolo Slnka. Kopernikovský model bol zbavený Ptolemaiových nebeských sfér a spolu s nimi aj predstavy, že vesmír má prirodzenú hranicu. Nezdalo sa, že by stálice menili svoje vzájomné polohy v dôsledku obehu Zeme okolo Slnka. Preto bolo celkom prirodzené domnievať sa, že stálice sú rovnaké objekty ako naše Slnko, ale ležia oveľa ďalej. To vyvolalo ťažkú otázku. Newton si uvedomil, že podľa jeho vlastnej gravitačnej teórie by sa hviezdy mali navzájom priťahovať, takže sa zdalo, že nemôžu zostávať úplne nehybné. Nemali by raz všetky spoločne popadať do jediného bodu?

V liste z roku 1691, ktorý adresoval Richardovi Bentleymu, ďalšiemu poprednému mysliteľovi tej doby, Newton vysvetľoval, že tento prípad by skutočne nastal, ak by existoval iba konečný počet hviezd (v konečnej oblasti vesmíru). Usúdil však, že pokiaľ by bolo množstvo hviezd, naopak, nekonečné a boli by v nekonečnom priestore rozložené viac-menej rovnomerne, táto situácia by nenastala, pretože by neexistoval centrálny bod, do ktorého by mohli hviezdy popadať. Tento argument je príkladom nástrah, s akými sa môžeme stretnúť, keď hovoríme o nekonečne.

V nekonečnom vesmíre sa dá každý bod považovať za jeho stred, pretože v ľubovoľnom smere od tohto bodu sa nachádza nekonečné množstvo hviezd. Ako sa zistilo až omnoho neskôr, pri správnom

postupe sa zvažuje konečný prípad, keď sa všetky hviezdy zrútia na seba. Až potom sa pýtame, ako sa všetko zmení, ak pridáme ďalšie hviezdy, ktoré budú rozmiestnené mimo tejto oblasti približne rovnomerne. Podľa Newtonovho zákona by tieto pridané hviezdy nehrali žiadnu úlohu, a preto by pôvodné hviezdy padali k sebe stále rovnako rýchlo. Môžeme pridávať ľubovoľný počet hviezd, tie sa aj tak vždy zrútia do jedného bodu. Dnes vieme, že nie je možné vytvoriť nekonečný statický model vesmíru, v ktorom je gravitácia vždy príťažlivá.

Fakt, že nikto nevyslovil myšlienku o vesmíre, ktorý by sa mohol rozpínať či zmršťovať, je zaujímavým obrazom všeobecného spôsobu uvažovania pred príchodom 20. storočia. Všeobecne sa prijímalo, že vesmír buď existoval večne a v nezmenenom stave, alebo vznikol v určitom momente v konečne vzdialenej minulosti, a to viac-menej v stave, v akom ho pozorujeme dnes. Čiastočne to bolo možno aj preto, že ľudí priťahuje viera vo večné pravdy, a čiastočne pre uspokojenie, ktoré nachádzali v predstave, že aj keď oni sami zostarnú a zomrú, aspoň sám vesmír sa nezmení.

Dokonca ani tým, ktorí si uvedomovali, že z Newtonovej teórie vyplýva, že vesmír nemôže byť statický, nenapadlo prísť s myšlienkou, že by sa mohol rozpínať. Namiesto toho sa pokúšali pozmeniť túto teóriu tak, aby na veľké vzdialenosti mala gravitačná sila odpudivé účinky. Tento predpoklad nemal výraznejší vplyv na predpovede pohybov planét. Pripúšťal však situáciu, keď nekonečne mnoho hviezd zostáva v rovnováhe, v ktorej sú príťažlivé sily medzi blízkymi hviezdami vyvážené odpudivými silami medzi vzdialenejšími.

Dnes sa však domnievame, že takáto rovnováha by nebola trvalá. Pokiaľ by sa hviezdy v nejakej oblasti dostali iba trochu bližšie k sebe, príťažlivé sily medzi nimi by sa zväčšili a prevládli by nad silami odpudivými. Znamená to, že všetky hviezdy by aj naďalej padali jedna na druhú. Pokiaľ by sa hviezdy, naopak, od seba trochu vzdialili, prevládli by odpudivé sily a odtláčali by hviezdy ešte ďalej.

Ďalšia námietka proti nekonečnému statickému vesmíru sa obyčajne pripisuje nemeckému filozofovi Heinrichovi Olbersovi. V skutočnosti na tento problém upozorňovali už viacerí Newtonovi súčasníci a Olbersova práca z roku 1823 dokonca nebola ani prvá,

Pred príchodom 20. storočia nikto nevyslovil myšlienku, že by sa vesmír mohol rozpínať či zmršťovať.