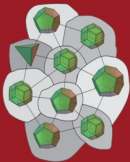


Autor svetového bestselleru

SEDEM  
KRÁTKÝCH  
PŘEDNÁŠEK  
O FYZICE

CARLO ROVELLI

*O čase*





TATRAN

70

ROKOŤ



CARLO ROVELLI

*O čase*

TATRAN

Z talianskeho originálu Carlo Rovelli: L'ordine del tempo,  
ktorý vyšiel vo vydavateľstve Adelphi Edizioni s.p.a. Milano,

Miláno 2017,

preložil Peter Bilý.

Vyšlo v roku 70. výročia Vydavateľstva TATRAN, Bratislava 2017

ako 5 132. publikácia.

Vydanie I.

Prebal a väzbu navrhol Peter Zentko.

Zodpovedný redaktor Jaroslav Hochel

Jazyková redaktorka Marta Bábiková

Použité citáty – Horatius: Ódy a epódy, preložil Ignác Šafár

(SVKL 1965)

Technická redaktorka Katarína Junášová

Sadzba RS servis, Bratislava

Vytlačila CPI Moravia Books, Pohořelice.

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

:: knihy pre **hodnotnejší** život

All rights reserved.

Copyright © 2017 Adelphi Edizioni s.p.a Milano

Translation © Peter Bilý 2017

Slovak edition © Vydavateľstvo TATRAN 2017

ISBN 978-80-222-0891-8

*Ernestovi, Bilovi a Edoardovi*



# OBSAH

Možnože najväčšou záhadou je čas	9
Prvá časť: ODHALOVANIE ČASU	
1. Strata celistvosti	15
Spomalenie času	15
Desaťtisíc tancujúcich Šivov	18
2. Strata smeru	22
Odkiaľ pochádza večné prúdenie?	22
Teplota	24
Rozostrenie	28
3. Koniec prítomnosti	35
Aj rýchlosť spomaľuje čas	35
„Teraz“ nič neznamená	37
Časová štruktúra bez prítomnosti	40
4. Strata nezávislosti	51
Čo sa deje, ak sa nič nedeje?	51
Čo je tam, kde nič nie je?	59
Tanec troch veľikánov	63



5. Kvanty času	68
Zrornosť	69
Kvantové superpozície časov	72
Súvislosti	74
Druhá časť: SVET BEZ ČASU	
6. Svet je vytvorený z udalostí a nie z vecí	79
7. Nepostačujúca gramatika	86
8. Dynamika ako súvislosti	94
Elementárne kvantové udalosti a spinové siete	99
Tretia časť: PRAMENE ČASU	
9. Čas je nevedomosť	107
Termický čas	109
Kvantový čas	112
10. Perspektíva	116
To my sa točíme!	116
Indexickosť	122
11. Čo sa vytvára z osobitosti	127
Svetom hýbe entropia, nie energia	127
Stopy a príčiny	132
12. Vôňa madlenky	136
13. Pramene času	151
<i>Sestra spánku</i>	159
<i>Poznámky</i>	165

# MOŽNOŽE NAJVÄČŠOU ZÁHADOU JE ČAS

*Jak slovo z úst*

*letí vek závisti*

*hodný: ber, čo dá deň. (I, 11)*

Zastavím sa a nič nerobím. Nič sa nedeje. Nemyslím na nič. Počúvam plynutie času.

To je čas. Známy a blízky. Unáša nás. Spád sekúnd, hodín, rokov nás vtahuje do života, aby nás potom vtiahol do ničoty... Prebývame v ňom ako ryby vo vode. Naše bytie je bytie v čase. Jeho litánie nás živia, otvárajú nám svet, znepokojujú nás, desia, upokojujú. Vesmír sa rozvíja unášaný časom, podľa poriadku času.

Hinduistická mytológia zobrazuje kozmickú rieku v božskom obraze tancujúceho Šivu: jeho tanec riadi chod vesmíru, je ním plynutie času. Čo je univerzálnejšie a zjavnejšie ako toto plynutie?

No veci sú zložitejšie. Skutočnosť je často iná, ako sa javí: Zem sa zdá plochá, no je guľatá; zdá sa, že slnko putuje po oblohe, no točíme sa okolo neho my. Ani štruktúra času nie je taká, ako vyzerá: je odlišná od tohto uni-

verzálneho a uniformného plynutia. S úžasom som to objavil v knihách o fyzike na univerzite. Čas funguje inak, ako sa nám zdá.

V tých istých knihách som objavil aj to, že ešte stále nevieme, ako naozaj funguje čas. Povaha času ostáva možno najväčším tajomstvom. Zvláštnymi vláknami sa spája s ďalšími veľkými nevyriešenými záhadami: povahou mysle, pôvodom vesmíru, osudom čiernych dier, fungovaním života. Niečo základné nás stále vracia k povahe času.

Úžas je zdrojom našej túžby po vedomostiach<sup>1</sup> a objavenie toho, že čas nie je tým, čím sme si mysleli, že je, otvára tisícky otázok. Povaha času je celý život ústrednou témou mojej vedeckej práce teoretického fyzika. Na nasledujúcich stránkach budem písať o tom, čo sme o čase pochopili, o cestách, akými sa uberáme, aby sme pochopili ešte viac, o tom, čomu ešte nerozumieme, a o tom, čo sa mi zdá, že čiastočne tušíme.

Prečo si spomíname na minulosť a nie na budúcnosť? Existujeme my v čase alebo existuje čas v nás? Čo naozaj znamená, že čas „plynie“? Čo viaže čas k našej subjektívnej prirodzenosti?

Čo počujem, keď počúvam plynutie času?

Kniha je rozdelená na tri nerovnaké časti. V prvej zhrňam všetko, čo o čase pochopila moderná fyzika. Pripomína to snehovú vločku v dlani: len čo ju začneme skúmať, už sa nám roztápa, mizne. O čase zvyčajne premýšľame ako o čomsi jednoduchom, základnom, čo plynie jednotvárne, nezávisle od všetkého sa posúva od minu-

losti k budúcnosti a meriame to hodinami. Máme dojem, že v plynutí času sa vo vesmíre dejú za sebou udalosti: minulé, prítomne, budúce; minulosť je nemenná, budúcnosť otvorená... Všetky tieto domnienky sa však nakoniec ukázali ako klamné.

Každá zo základných charakteristík času je výsledkom odhadov, klamov z pohľadu našej perspektívy tak ako plochosť Zeme či pohyb oblohy. Nárastom vedomostí sme postupne odhaľovali pojem času. „Časom“ nazývame komplexný súhrn štruktúr,<sup>2</sup> vrstiev. Ako sme študovali čas viac a viac do hĺbky, postupne sa tieto vrstvy jedna po druhej, kúsok po kúsku strácali. Prvá časť tejto knihy je o tomto postupnom odhaľovaní času.

V druhej časti opisujeme to, čo ostane nakoniec. Prázdna a veterná krajina, akoby zbavená časovosti. Zvláštny a cudzí svet; ale je to náš svet. Je to ako vystúpiť na vysokú horu, kde je iba sneh, skaly a slnko. Alebo ako pre Armstronga a Aldrina odvážiť sa vyjsť na nehybné piesky na Mesiaci. Holý svet, ktorý zdobí drsná, jasná a znepokojujúca krása. Oblasť fyziky, ktorej sa venujem, kvantová gravitácia, je úsilím o pochopenie a prisúdenie koherentného zmyslu tejto drsnej a nádhernej krajine: svetu bez času.

Tretia časť tejto knihy je najnáročnejšia, ale aj najživšia a nám najbližšia. Vo svete bez času musí nevyhnutne existovať niečo, čo vytvorí čas, ktorý poznáme – usporiadaný čas s minulosťou odlišnou od budúcnosti, so sladkým plynutím. Náš čas sa musí nejakým spôsobom vytvárať okolo nás, na našu mieru, pre nás.<sup>3</sup>

Táto cesta je návratom k času, o ktorý sme prišli v prvej časti knihy, keď sme prahli po základnej gramatike sveta. Ako v detektívke sa snažíme nájsť vinníka, ktorý spáchal čas. Postupne nájdeme časti, z ktorých sa skladá nám známy čas, no nie vo forme základných štruktúr času, ale ako akési užitočné priblíženie pre také nemotorné a rozpačité bytosti, akými sme my smrteľníci, formulácie vhodné pre našu perspektívu, ktorá rozhoduje o tom, kým sme. Lebo nakoniec záhada času súvisí možno viac s tým, čím sme my, ako s tým, čím je vesmír. Možno ako v prvej a najväčšej zo všetkých detektívok, v Sofoklovom *Kráľovi Oidípovi*, je vinníkom detektív.

Tu sa kniha stáva žeravou magmou plnou nápadov, možno jasných, možno zmätených; ak sa na túto cestu vydáte so mnou, dovediem vás tam, kam si myslím, že dospeli dnešné vedomosti o čase, až tam k obrovskému nočnému oceánu plnému hviezd toho, čo ešte nevieme.

Prvá časť

# ODHALOVANIE ČASU



## STRATA CELISTVOSTI

*Kytérska Venuša púšťa sa do tanca  
v plnom svetle luny  
a nymfy s pôvabnými Gráciami  
dupkajú vôkol nej do taktu nôžkami. (I, 4)*

*Spomalenie času*

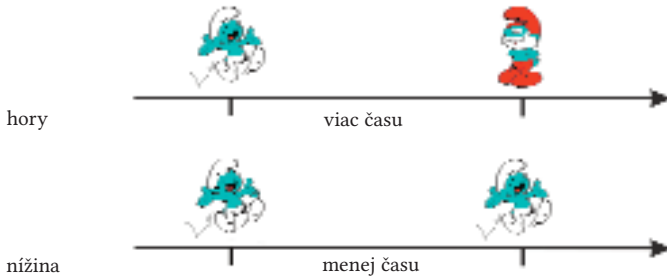
Začnem od prostého faktu: čas plynie rýchlejšie na horách a pomalšie v nížinách.

Rozdiel je malý, ale dá sa odmerať presnými hodinami, ktoré sa dnes dajú kúpiť cez internet za tisícku eur. S trochou praxe môže hocikto skonštatovať spomaľovanie času. So špeciálnymi laboratórnymi hodinami sa dá pozorovať spomalenie času aj vo výškovom rozdiel niekoľkých centimetrov: hodiny na zemi idú trošičku pomalšie ako hodiny na stole.

Nejde o to, že by šli pomalšie hodiny: nižšie sa spomaľujú všetky procesy. Dvaja priatelia sa rozídu, jeden odíde žiť na nížinu a ten druhý do hôr. Po rokoch sa znovu stretnú: ten z nížiny žil menej a menej zostarol, kukučka na jeho nástenných hodinách sa tak nenakukala, mal me-



nej času na vykonanie vecí, jeho rastliny vyrástli menej, jeho myšlienky mali menej času na dozretie... Dole je menej času ako hore.



Je to prekvapujúce? Možno áno. Ale svet je už taký. Na niektorých miestach plynie čas pomalšie, inde rýchlejšie.

No najviac prekvapuje skutočnosť, že niekto pochopil toto spomaľovanie času storočie predtým, ako sme skonštruovali hodiny na jeho zmeranie: Albert Einstein.

Schopnosť pochopiť niečo skôr, ako to dokážeme zahliadnuť, je jadrom vedeckého myslenia. V staroveku Anaximandros pochopil, že obloha je aj pod našimi nohami, skôr ako lode oboplávali Zem. Na počiatku modernej doby Kopernik pochopil, že Zem sa točí, skôr ako ju astronauti z Mesiaca videli točiť sa na vlastné oči. Tak isto Einstein pochopil, že čas neplynie všade rovnako, skôr ako sme skonštruovali natoľko presné hodiny, aby tieto rozdiely zmerali.

Takto sa postupne učíme, že veci, ktoré sa zdali zjavné, sú iba predsudkami. Obloha sa nám zdala *zjavne* hore, nie dole, inak by sa Zem prepadala nadol. Zem sa nám zdala *zjavne* nehybná, inak by sa musela triasť. Zdalo sa nám, že

čas plynie všade rovnako rýchlo, veď je to *zjavné*... Deti rastú a učia sa, že svet nie je celkom taký, ako sa zdá doma pod strechou; ľudstvo sa učí rovnako.

Einstein si položil otázku, ktorú sme si kládli mnohí, keď sme sa učili o gravitačnej sile: ako sa Slnko a Zem „príťahujú“ gravitačnou silou, ak sa nedotknú a nič medzi nimi nie je? Einstein sa snažil nájsť vierohodné vysvetlenie. Predstavil si, že Slnko a Zem sa nepriťahujú priamo, ale obe pozvoľna pôsobia na to, čo je medzi nimi. A keďže je medzi nimi iba priestor a čas, predstavil si, že Slnko a Zem menia okolo seba priestor a čas, ako keď teleso ponorené do vody premiestni vodu okolo seba. Zmena štruktúry času zároveň pôsobí na pohyb všetkých telies tak, že „padajú“ jedny k druhým.<sup>4</sup>

Čo znamená „zmena štruktúry času“? Znamená to spomalenie času opísané predtým: každé teleso spomaľuje čas vo svojej blízkosti. Zem je obrovská masa a vo svojej blízkosti spomaľuje čas. Viac v nížinách a menej na horách, pretože hory sú vzdialenejšie od Zeme. Preto kamarát z nížiny starne pomalšie.

Ak veci padajú, príčinou je toto spomalenie času. Tam, kde čas plynie rovnako, v medziplanetárnom priestore, veci nepadajú, ale vznášajú sa. Avšak tu, na povrchu našej planéty, smeruje pohyb vecí tam, kde čas plynie pomalšie, ako keď bežíme z pláže do mora a odporom vody sa nám potknú nohy a spadneme tvárou dole k vlnám. Veci padajú nadol, pretože dole je čas spomaľovaný Zemou.<sup>5</sup>

Hoci spomaľovanie času nemôžeme ľahko pozorovať, má zjavné dôsledky: spôsobuje padanie vecí a drží naše

nohy pevne na zemi. Ak stojíme na podlahe, je to tým, že celé naše telo prirodzene smeruje tam, kde čas plynie pomalšie, a čas plynie pomalšie na mieste, kde sú naše nohy, a nie tam, kde máme hlavu.

Je to čudné? Je to, ako keď sme si pri pozorovaní veselo zapadajúceho slnka, schovávajúceho sa za vzdialené mraky, náhle prvýkrát uvedomili, že nie Slnko sa pohybuje po oblohe, ale Zem sa točí, a vnímali sme bláznivými očami našej mysle celú našu planétu a seba na nej, ako sa vďaka jej točeniu vzdalujeme od Slnka. Sú to oči blázna na kopci Paula McCartneyho,<sup>6</sup> ktoré tak ako oči mnohých bláznov vidia ďalej než zrak našej ospalej každodennosti.

### *Desaťtisíc tancujúcich Šivov*

Mám slabosť pre Anaximandra, gréckeho filozofa, ktorý žil pred dvadsiatimi šiestimi storočiami a pochopil, že Zem brázdí vesmír bez toho, aby sa niečoho držala.<sup>7</sup> Anaximandrovo myslenie poznáme sprostredkované cez tých, ktorí o ňom hovorili, no ostal nám po ňom jeden zlomok, iba jeden:

*Veci sa menia jedna na druhú  
podľa potreby a sú k sebe spravodlivé  
podľa usporiadania času.*

„Podľa usporiadania času“ (κατά τήν τοῦ χρόνου τάξιν).  
Z počiatkových chvíľ prírodných vied nám ostali len tie-

to temné slová, ktoré nám znejú záhadne, toto odvolávanie sa na „usporiadanie času“.

Astronómia a fyzika sa tvarovali podľa Anaximandrovho usmernenia: pochopiť, ako sa javy dejú *podľa usporiadania času*. Staroveká astronómia opisovala pohyb hviezd *v čase*. Fyzikálne rovnice opisujú, ako sa veci menia *v čase*. Od Newtonových rovníc, ktoré sú základom dynamiky, k Maxwellovým rovniciam, opisujúcim elektromagnetické fenomény, cez Schrödingerovu rovnicu, ktorá opisuje, ako sa dejú kvantové fenomény, k rovniciam kvantovej teórie polí, opisujúcim dynamiku subatómových častíc, je celá naša fyzika o tom, ako sa veci dejú „podľa usporiadania času“.

Podľa starej dohody označujeme tento čas písmenom  $t$  (slovo čas sa začína písmenom „t“ vo francúzštine, v angličtine a španielčine, no nie v nemčine, arabčine, ruštine či čínštine). Čo označuje  $t$ ? Označuje číslo, ktoré meriame hodinami. Rovnice nám hovoria o tom, ako sa veci menia ruka v ruke s časom meraným hodinami.

No ak rôzne hodiny ukazujú rozličný čas, ako sme videli predtým, čo ukazuje  $t$ ? Ak sa dvaja priatelia stretnú po tom, čo jeden žil v horách a druhý na nížine, hodinky, ktoré nosia na zápästí, budú ukazovať rozdielny čas. Ktorý z tých dvoch je  $t$ ? Laboratórne hodiny idú rozličnou rýchlosťou v závislosti od toho, či sú na stole alebo na zemi: ktoré z nich dvoch ukazujú čas? Ako opísať fázový posun medzi dvojce hodinami? Mali by sme povedať, že hodiny na zemi idú pomalšie ako skutočný čas meraný na stole? Alebo že hodiny na stole idú rýchlejšie ako skutočný čas meraný na zemi?