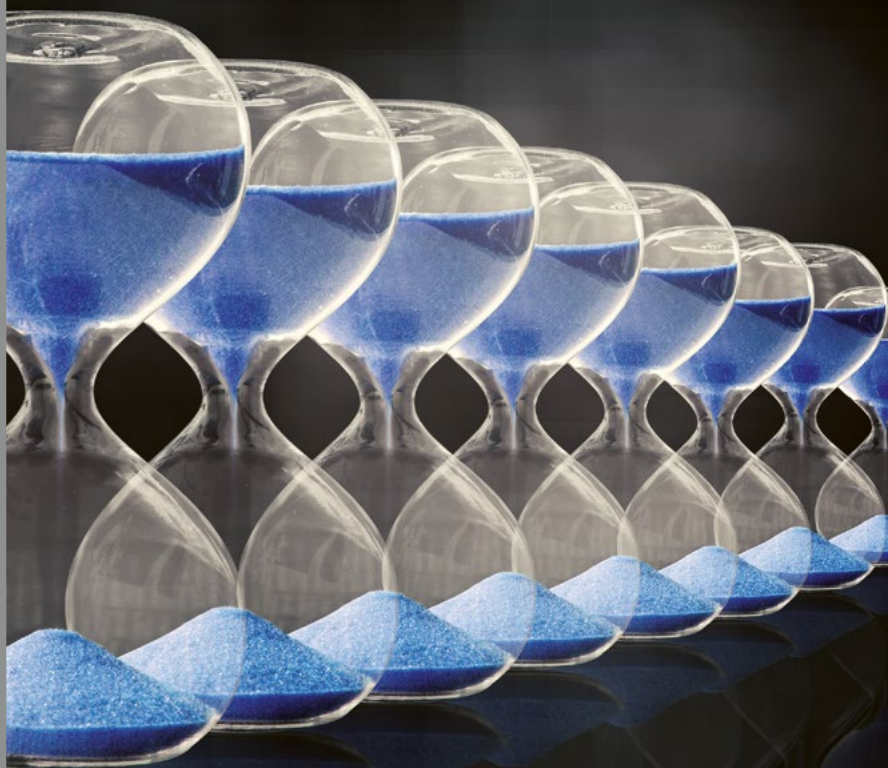


edice **aliter**

Carlo
Rovelli



ŘÁD ČASU

edice **aliter** — svazek **74**

Carlo
Rovelli

ŘÁD ČASU

Dokořán a Argo 2020

Carlo **Rovelli**
Řád času

Copyright © Adelphi Edizione SPA, Milano, 2017

Translation © Jiří Podolský, 2020

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této publikace nesmí být rozmnožována a rozšiřována jakýmkoli způsobem bez předchozího písemného svolení nakladatele.

Druhé vydání v českém jazyce (první elektronické).

Z anglické předlohy *The Order of Time* přeložil Jiří Podolský.

Odpovědný redaktor Zdeněk Kárník.

Redakce Tereza Kodlová.

Sazba, obálka a konverze do elektronické podoby Michal Puhač.

Vydalo v roce 2020 nakladatelství Dokořán, s. r. o.,

Holečkova 9, Praha 5, dokoran@dokoran.cz, www.dokoran.cz,

jako svou 1059. publikaci (332. elektronická).

ISBN 978-80-7363-887-0

Pro Ernesta, Bilo a Edoarda

OBSAH

Možná je čas ta největší záhada	9
---------------------------------	---

ČÁST PRVNÍ: ROZPAD ČASU

1 Ztráta jednoty	15
2 Ztráta směru	23
3 Konec současnosti	38
4 Ztráta nezávislosti	55
5 Kvantá času	73

ČÁST DRUHÁ: SVĚT BEZ ČASU

6 Svět je tvořen událostmi, nikoli věcmi	85
7 Nedostatečnost gramatiky	93
8 Dynamika jsou relace	102

ČÁST TŘETÍ: ZDROJE ČASU

9 Čas je neznalost	115
10 Perspektiva	125
11 Co se vynořuje ze speciálnosti	138
12 Vůně madlenky	148
13 Zdroje času	165

Sestra spánku	175
---------------	-----

ZDROJE ILUSTRACÍ	183
------------------	-----

POZNÁMKY	185
----------	-----

REJSTŘÍK	202
----------	-----

Není-li uvedeno jinak, jsou verše uvádějící každou kapitolu převzaty z Horatiových *Ód a epód* v překladu Otakara Jirániho (vydal Ludvík Bradáč, Královské Vinohrady, 1923).

Možná je čas ta největší záhada

Za řeči mé závistná uprchne doba.

Dneška se chop, v zítřek však měj víry co nejméně. (I, 11)

Zastavuji se a nic nedělám. Nic se neděje. O ničem nepřemýšlím. Ztišen vnímám jen plynutí času.

To je čas, všem důvěrně známý. Unáší nás. Chvátání sekund, hodin, roků. Vrhá nás do života a pak stahuje do nicoty... Přebýváme v něm jako ryby ve vodě. Naše bytí je bytím v čase. Jeho velkolepá choreografie o nás pečuje, otvírá nám svět, trápí nás, děsí, konejší. Strháván časem se vesmír vyvíjí, dle řádu času spěchá do své budoucnosti.

V hinduistické mytologii je proud kosmu zpodobňován posvátným obrazem tančícího Šivy, jehož tanec udržuje běh světa. Ve své podstatě reprezentuje plynoucí čas. Co by mohlo být univerzálnější a zřetelnější nežli toto *plynutí času*?

Přesto však jsou věci složitější, než se na první pohled zdá. Realita je často jiná, než jak se nám jeví. Země se zdá být plochá, ale ve skutečnosti je kulatá. Zdá se nám, že Slunce putuje po obloze, ale ve skutečnosti se naopak otáčíme my. A ani struktura času není taková, jak se nám jeví. Není to monotónní a univerzální tok. K vlastnímu velkému úžasu jsem se z fyzikálních učebnic, které jsem

kdysi přečetl jako univerzitní student, dozvěděl, že čas funguje docela jinak, než jak se nám zdá.

Ve stejných knihách jsem objevil i to, že stále ještě nevíme, jak čas doopravdy funguje. Podstata času je možná tou největší záhadou, která ještě zbývá. Podivuhodné souvislosti ji svazují s jinými velkými otevřenými tajemstvími: s podstatou lidské mysli, s původem vesmíru, osudem černých děr, s fungováním života na Zemi. Così hlubokého nás neustále přivádí zpět k podstatě času.

Údiv bývá zdrojem naší touhy po poznání.¹ A objev, že čas není takový, jak jsme si mysleli, před námi otevírá tisíce otázek. Podstata času je ústředním tématem mého celoživotního působení v teoretické fyzice. Na následujících stránkách předkládám souhrn toho, co jsme o čase zatím zjistili, i cest, kterými se při našem bádání vydáváme, abychom ho poznali ještě lépe. A také souhrn toho, co nám ještě zbývá pochopit, i toho, co se mi osobně zdá, že už pomalu začínáme chápat.

Proč si pamatujeme minulost a nikoli budoucnost? Existujeme v čase, nebo čas existuje v nás? Co přesně znamená, když se řekne, že „čas plyne“? Co svazuje čas s podstatou našich osobností, s naší subjektivitou?

Co vlastně vnímám, když ztišen prožívám plynutí času?

Tato kniha je rozdělena do tří nestejně velkých částí. V první shrnuji, co o čase zjistila moderní fyzika. Je to jako držet sněhovou vločku v teplé dlani: jakmile ji začnete studovat, rozpouští se vám před očima, až docela zmizí. Čas si obvykle představujeme jako něco jednoduchého a fundamentálního, co bez ohledu na cokoli jiného rovnoměrně plyne z minulosti do budoucnosti,

měřeno hodinami a hodinkami. V běhu času následují všechny vesmírné události uspořádaně jedna za druhou: minulost, přítomnost, budoucnost. Minulost je neměnná a daná, budoucnost je otevřená... A přesto se ukázalo, že tohle všechno je jenom mylná představa.

Fyzika nám znova a znova ukazovala, že charakteristické atributy času jsou pouhé aproximace a omyly způsobené naší omezenou perspektivou, tak jako zdánlivá plochost Země či obíhající Slunce. Růst našich znalostí vedl k postupné destrukci našeho intuitivního chápání času. To, co běžně nazýváme „čas“, je složitý souhrn struktur,² chcete-li vrstev. Při našem pečlivém zkoumání, při stále hlubším pohledu ztrácel čas jednu svou vrstvu za druhou. První část této knihy pojednává právě o tomto rozpadu času.

Druhá část knihy popisuje, co nám z času dnes zůstalo: prázdná a pustá krajina téměř úplně zbavená všech známek časovosti. Podivný a cizí svět, do kterého přesto stále patříme. Jako bychom vystoupili na vrcholky hor, kde není nic nežli sníh, skály a obloha. Připomíná to, co museli zažívat Armstrong s Aldrinem, když se odvážili poprvé vykročit do nehybného měsíčního prachu. Svět obnažený na samu podstatu své existence, třpytící se vyprahlou a znepokojivou nádherou. Obor fyziky, ve kterém pracuji – kvantová gravitace, je pokusem o to porozumět a dát smysl oné extrémní a nádherné krajině bytí, jakou je svět bez času.

Třetí část knihy je nejobtížnější, ale také nejdůležitější a týká se nás nejvíce. I ve světě bez času musí totiž existovat cosi, co vyvolává čas, na který jsme zvyklí, s jeho

jasným řádem, jenž odlišuje minulost od budoucnosti, s jeho plynulým tokem. Jakýmsi zvláštním způsobem se čas kolem nás musí vynořovat, přinejmenším *pro nás* na naší rozměrové škále.³

Je to tedy cesta se zpáteční jízdenkou, která nás dovede zpátky k času, o který přijdeme v první části knihy, když budeme pátrat po elementární gramatice světa. Jako v dobré detektivce budeme pátrat po viníkovi, po pachateli, který stvořil čas. Krok za krokem budeme objevovat nám známé charakteristické rysy času, ale už nikoli jako elementární struktury reality, ale spíše jako užitečné aproximace, které používají neohrabané a nepřiliš schopné smrtelné bytosti, jimiž jsme my sami. Budeme odhalovat specifické aspekty své vlastní perspektivy, a snad také aspekty, jež jsou klíčové pro pochopení toho, co a kdo jsme. Neboť tajemství času možná ve své podstatě tkví spíše v nás samotných nežli v kosmu. Možná se ukáže, stejně jako v prvním a největším detektivním příběhu, v Sofoklově *Králi Oidipovi*, že pachatelem je sám detektiv.

Zde se kniha stává žhnoucím magmatem myšlenek, někdy srozumitelných a jindy matoucích. Rozhodnete-li se mne následovat, dovedu vás až tam, kam dle mého přesvědčení dospělo naše chápání času: na břeh hlubokého a rozsáhlého oceánu, v němž se za noci zrcadlí bezpočet hvězd, oceánu zaplněného vším, co dosud neznáme.

Část první:

Rozpad času

Ztráta jednoty

Kytherská Venuše reje již zavádí v jasném svitu luny
a sličné Grácie a Nymfy v družném
objetí zemi nožkami tepají. (I, 4)

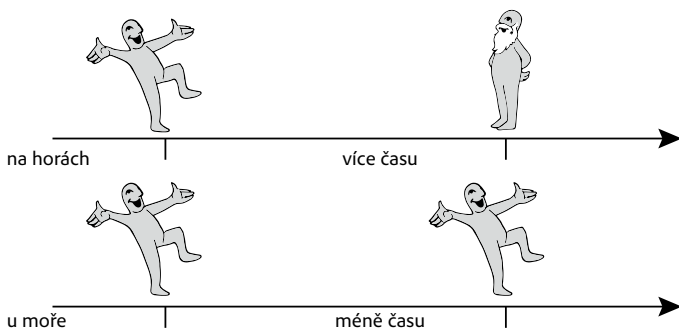
Zpomalování času

Začněme prostým faktem: na horách plyne čas rychleji než dole u moře.

Rozdíl je to nepatrný, ale dá se změřit pomocí přesných hodin, které si můžete koupit na internetu za pár tisíc euro. S trochou úsilí tedy může každý na vlastní oči vidět, že čas se opravdu zpomaluje. Pomocí dokonalejších hodin ve speciálních laboratořích lze toto zpomalování času zaznamenat i mezi výškami lišícími se o pár centimetrů: hodiny umístěné na podlaze jdou o něco pomaleji nežli stejné hodiny na stole.

Ale nezpomalují se jenom hodiny. Dole probíhají pomaleji všechny procesy. Dva přátelé se rozejdou a jeden pak žije v nížinách, zatímco druhý na horách. Po letech se opět setkají. Ten z nich, který žil níž, toho

prožil méně, méně zestárnul, mechanismus jeho kukaček odbil méněkrát. Měl míň času, aby něco vykonal, jeho květiny vyrostly méně, jeho myšlenky měly míň času, aby se rozvinuly... Dole je zkrátka méně času nežli nahoře.



Je to překvapivé? Snad ano. Ale svět takhle opravdu funguje. Na některých místech plyne čas pomaleji, na jiných zase rychleji.

Opravdu překvapivé na tom je, že si zmíněný fakt zpomalování času kdosi uvědomil sto let předtím, než jsme postavili hodiny tak přesné, aby ho dokázaly změřit. Samozřejmě, jmenoval se Albert Einstein.

Schopnost pochopit cosi dřív, nežli je to pozorováno, je skutečnou podstatou vědeckého myšlení. V antických dobách Anaximandros pochopil, že nebe pokračuje i pod našima nohama, a to dávno předtím, než loď poprvé obepluly celou zeměkoulí dokola. Na úsvitu moderního věku Koperník pochopil, že se Země otáčí, a to dávno předtím, než to od vzdáleného Měsíce spatřili astronauti. A podobně i Einstein pochopil, že čas neplyne všude stejným tempem, a to předtím než

byly vyvinuty natolik přesné hodiny, aby onen rozdíl v chodu času změřily.

Při každém takovémto velkém skoku v poznání jsme zjistili, že věci, které se nám zdály být evidentní, nebyly ničím nežli tradovaným předsudkem. Zdálo se evidentní, že hvězdná obloha je pouze nad námi a nikoli pod námi – jinak by přece Zem spadla kamsi dolů. Zdálo se evidentní, že se Země nehýbe – jinak by se přece všechno pádem rozbilo nebo z ní uletělo. A že čas plyne všude stejně rychle, se nám rovněž zdálo zcela *evidentní*... Děti však rostou a objevují, že svět není takový, jaký se jim jevil jen mezi čtyřmi stěnami jejich pokojíčku. A s celým lidstvem je to úplně stejné.

Einstein si položil otázku, která možná trápila mnohé z nás, když jsme se poprvé dozvěděli o existenci gravitační síly: Jak může být Země „přitahována“ ke Slunci, i když s ním není v přímém kontaktu, i když mezi nimi nic neleží?

Hledal smysluplné vysvětlení a našel ho. Představil si, že Slunce a Země se nepřitahují přímo na dálku, ale že obě tělesa postupně působí na cosi, co leží mezi nimi. A protože mezi nimi leží jenom prostor a čas, napadlo ho, že Slunce i Země pozměňují prostor a čas ve svém okolí. Podobně jako těleso hozené do vody mění tvar hladiny. Tato změna struktury času pak ovlivňuje pohyby ostatních těles a způsobuje, že k sobě navzájem „padají“.¹

Co ale přesně znamená výraz „změna struktury času“? Je to právě ono zpomalení času, které jsem popsal v úvodu: hmota zpomaluje plynutí času ve svém okolí. Země má velikou hmotnost, a proto v jejím okolí běží

čas pomaleji. Zpomaluje ho více v nížinách nežli na horách, protože nížiny jsou zemské hmotě blíže. Proto onen z přátel, který žije u moře, stárne pomaleji.

Tělesa padají dolů působením gravitace díky tomuto zpomalování času. Tam, kde čas plyne rovnoměrně, tedy v mezihvězdném prostoru, věci nikam nepadají. Jen se volně vznášejí v beztíži. Zde na povrchu naší planety mají tělesa naopak přirozenou tendenci pohybovat se do míst, kde čas plyne pomaleji. Podobně jako když běžíme ze břehu do moře, načež větší odpor vody na nohy způsobí, že do vody spadneme po hlavě. Věci padají dolů, protože tam dole je čas zpomalený přítomností Země.²

A tak, přestože není snadné zpomalování času přímo pozorovat, má zásadní důsledky: díky němu věci padají směrem dolů a my můžeme chodit s nohama pevně na zemi. Naše chodidla se opírají o chodník proto, že celé naše tělo se přirozeně snaží dostat do míst, kde čas plyne pomaleji – a čas plyne pomaleji pod vašimi nohama nežli ve vaší hlavě.

Zdá se vám to podivné? Je to jako sledovat Slunce při úchvatném západu, kdy pomalu mizí za vzdálenými mraky. Avšak vy si náhle uvědomíte, že se nehýbe Slunce, ale že jev je způsoben otáčením zeměkoule. Ve své myslí spatříte celou naši planetu – včetně vás samotných – jak se otáčí na opačnou stranu směrem od Slunce. V tom okamžiku pohlédnete na svět „šílenými očima“ své myslí, jako v písni *Fool on the Hill*, tedy *Blázen na kopci*, od Paula McCartneyho. Je to bláznivá vize, občas ale umožňuje vidět mnohem dál nežli náš běžný zrak.

Deset tisíc tančících Šivů

Mojí dlouholetou vášní je Anaximandros, řecký filozof žijící před šestadvaceti staletími, který pochopil, že se Země, ničím nepodepírána, volně vznáší v prostoru.³ Anaximandrový myšlenky známe jen zprostředkovaně díky jiným autorům. Dochoval se jediný stručný přímý zlomek jeho textu – pouze tento jediný:

Věci se přeměňují jedna v druhou z důvodu nutnosti,
a poskytují si vzájemné ospravedlnění,
dle řádu času.

„Dle řádu času“ (κατὰ τὴν τοῦ κρόνου τάξιν). Z jednoho z nejvýznamnějších okamžiků v dějinách, jenž vymezuje zrod přírodovědy, se nedochovalo nic nežli tato nejasná a tajemně znějící slova odkazující se na „řád času“.

Pak se ustavila astronomie s fyzikou a vyvíjely se, neboť následovaly plodnou Anaximandrovu myšlenku: snažily se pochopit, jak se jevy odvíjejí *dle řádu času*. Astronomie v antice popisovala pohyby hvězd *v čase*. Fyzikální rovnice dnes popisují, jak se věci mění *v čase*. Od Newtonových rovnic, které stojí v základech mechaniky, po rovnice Maxwellovy popisující elektromagnetické jevy. Od Schrödingerovy rovnice popisující vývoj kvantových jevů po rovnice kvantové teorie pole, jež určují dynamiku subatomárních částic. Veškerá naše fyzika, i věda obecně, je v podstatě o tom, jak se věci vyvíjejí „dle řádu času“.

Je mnohaletou tradicí označovat v rovnicích čas písmenem t (slovo „čas“ začíná na toto písmeno v angličtině, francouzštině, italštině a španělštině, nikoli však v němčině, arabštině, češtině, ruštině anebo mandarínštině). Co tento symbol t vyjadřuje? Vyjadřuje číslo, které měříme hodinami. Rovnice nám říkají, jak se věci mění, když plyne čas měřený hodinami.

Jestliže však, jak jsme viděli, různé hodiny odměřují různý čas, co přesně t znamená? Když se dva přátelé, z nichž jeden žil v horách a druhý u moře, opět setkají, budou jejich hodinky ukazovat různý čas. Který z nich je t ? Ve fyzikální laboratoři půjdou hodiny na stole a na podlaze různými rychlostmi. Které z nich měří skutečný čas? Jak máme popsat rozdíl mezi nimi? Měli bychom říkat, že se hodiny na podlaze zpomalují vůči těm na stole? Anebo že se hodiny na stole naopak předcházejí vůči těm na podlaze?

Tyto otázky nedávají žádný smysl. Stejně tak bychom se mohli ptát, zdali je *skutečnější* hodnota libry v dolarech anebo hodnota dolaru v libře. Žádná „skutečnější“ hodnota neexistuje. Jsou to zkrátka jen dvě různé měny, které mají *relativní hodnotu jedna vůči druhé*. Neexistuje žádný skutečnější čas. Jsou to prostě dva různé časy, které se mění relativně, tedy *vůči sobě navzájem*. Žádný z nich není skutečnější nežli ten druhý.

Avšak nejsou jenom *dva* časy. Časů je ohromné množství: v každém bodě prostoru je různý čas. Neexistuje jediný a unikátní čas, je jich spousta.

Čas měřený konkrétními hodinami, které měří konkrétní děj, se ve fyzice nazývá „vlastní čas“. Každé hodiny

odměřují svůj vlastní čas. Každý děj má svůj vlastní čas, svůj vlastní rytmus.

Einstein nám poskytl rovnice, které popisují, jak vlastní časy běží relativně, tedy *vůči sobě navzájem*. Ukázal nám, jak spočítat rozdíl mezi dvěma časy.⁴

Jediná veličina „čas“ se tedy rozpadla do celé pavučiny časů. Moderní fyzika již nepopisuje svět, který se vyvíjí v unikátním čase. Popisuje, jak se věci vyvíjejí v příslušném lokálním čase a jak tyto lokální časy běží *vůči sobě navzájem*. Svět není jako vojenská četa pochodující jedním tempem dle rozkazů jediného velitele. Je to síť událostí, které se navzájem ovlivňují.

Tak popisuje čas Einsteinova obecná teorie relativity. Příslušné rovnice neobsahují pouze jeden „čas“, obsahují nespočetně časů. Časový interval mezi dvěma událostmi není jediný, tak jako není jediný čas měřený pomocí dvojích hodin, které se ocitly na dvou různých místech a pak se opět setkaly.⁵

Fyzika nepopisuje, jak se věci mění „v čase“, ale jak se věci mění ve svých vlastních časech a jak se tyto „časy“ odvíjejí vůči sobě navzájem.*

* Gramatická poznámka. Slovo „čas“ má několik různých významů, které spolu sice souvisejí, ale jsou odlišné: 1. „Čas“ je obecný jev následnosti událostí („Neslyšný a tichý krok času.“); 2. „Čas“ udává interval mezi těmito událostmi („Zítřka a zítřka, pořád zítřka / krok za krokem se ze dne na den sune / až do poslední slabiky času.“); nebo 3. Jeho trvání („Ach pánové, čas života je krátký.“); 4. „Čas“ může také označovat konkrétní okamžik („Až přijde, láska, čas, i ty mne opustíš.“), obvykle aktuální („Čas se vymknul z kloubů.“); 5. „Čas“ označuje fyzikální veličinu, která měří trvání („Zrychlení je derivace rychlosti vůči času.“). V této knize používám slovo „čas“ volně ve všech uvedených významech, tak jak je běžné v hovorové řeči. V případě nejasností se, prosím, vraťte k této poznámce.

Čas přišel o svůj první hlavní atribut: ztratil jednotu. Na různých místech běží různým tempem, zde plyne jinak nežli tam. Věci tohoto světa splétají tance dle různých rytmů. Je-li svět udržován v chodu tančícím Šivou, pak musí existovat deset tisíc tančících Šivů, podobajících se tančícím figurám na Matissových obrazech.