

# ČAS

## Rieka

---

Čas je tá najskľučujúcejšia fyzikálna veličina. Uvedomujem si to opakovane, ako asi každý. Minule ma však táto myšlienka zaskočila. Prišla totiž, keď som behal v lese. Občas, veľmi zriedka, si vyhradím na beh celý deň. Zoberiem si batoh s vodou, zopár tyčíniek, peniaze do bufetu a idem. Bežecky som na tom tak, že pomalým tempom a s prestávkami sa dokážem po lese šúchať aj hodiny a beh takmer nevnímam.

Človek sa pri behu dokáže dostať do zvláštneho stavu, ktorý pripomína meditáciu. Ani nevie, kedy behať začal a kedy skončí, akoby sa ho čas ani netýkal. V takomto stave som si hopkal po červenej značke v lesoch Malých Karpát, keď som si zrazu uvedomil, že čas predsa len existuje – večer má prísť návšteva a musím si to pomaly nasmerovať domov. V bledej hmle sa začali rýsovať kontúry a vyrazili proti mne. Občas chceme ujsť minulosti, no tá nás nemá ako dosiahnuť. To budúcnosť beží rovno proti nám a skôr či neskôr sa s nami zrazí. Nezdří sa však dlho, len nás obehne a na okamih sa stane prítomnosťou. Potom si svojím tempom pokračuje ďalej – už ako minulosť. Budúcnosť sa blíži, minulosť sa vzdaluje. Bol som vytrhnutý z myšlienok, všetko chvíľu stálo.

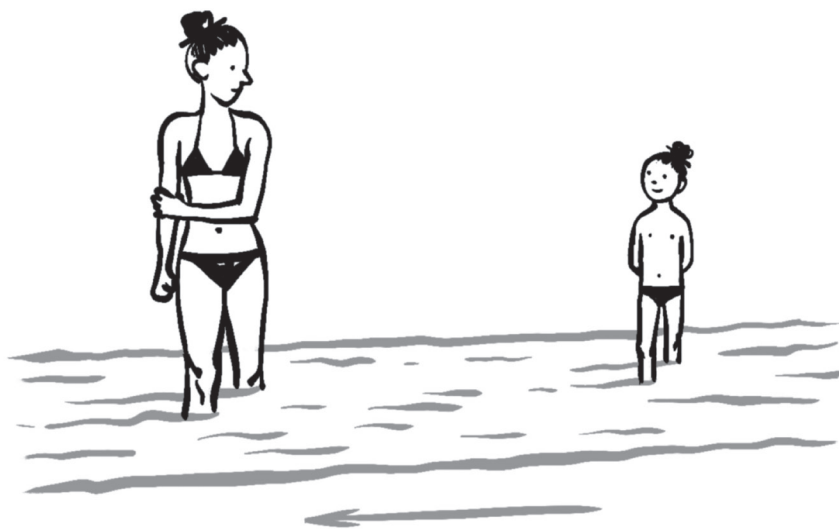
Je to v podstate banálny zážitok; aj tak som už pomaly plánoval vyraziť domov. Predsa len, moje nohy majú svoje limity. No v hlave mi utkvel ten zvláštny pocit blaženej bezčasovosti.

Aj fyzikálny opis tejto skutočnosti je banálny: čas neustále plynie a zákon narastajúcej entropie, teda neusporiadanosti sveta, nás neúprosne tlačí k nevyhnutnému. Z pohľadu fyziky jednoduché, no z pohľadu človeka je to veľký zážitok. Až zrazu, z ničoho nič, je po ňom.

Čas je ako nezastaviteľná rieka, ktorá vždy tečie tým istým smerom, a nás, ako listy, ktoré popadali na hladinu, ťahá so sebou. Existuje k tomu pekný citát od gréckeho filozofa Heraklita, z ktorého ľudia bežne poznajú len prvú časť: „Žiadny človek nikdy nevstúpi dvakrát do tej istej rieky,“ a preto občas interpretujú tak, že si ten človek dá nabudúce lepší pozor a vyhladá najbližší most. Výrok však pokračuje: „... pretože to nie je tá istá rieka a on nie je ten istý človek.“ Aha!

Čas je teda rieka, a ako tečie, veci sa menia. To, ako sa veci menia a ako z toho, čo bolo kedysi, môžeme povedať, čo sa deje teraz, a predvídať, čo sa bude diať potom, je vlastne základom fyziky. Chceme pochopiť, ako sa svet plaví v rieke času. Analógia s riekou je ešte hlbšia, než by sa na prvý pohľad mohlo zdať. Napríklad, rieka netečie všade rovnako rýchlo – sú miesta, ktorými prúdi divoko a sú miesta, kde takmer stojí a občas sa dokonca zastaví. Niekedy v nej dokonca vzniknú víry a v nich sa listy točia dokola, zdanlivo navždy uväznené v slučke.

Vo fyzike si na takéto prirovnania treba dať pozor. V niečom fungujú naozaj dobre, no v niektorých ohľadoch sú vlastne úplne nepresné a nesprávne. V prvej časti knihy sa teda poriadne pozrieme na to, čo je to čas – ako plynie, či sa môže stáčať ako vodný vír, či v ňom môžeme plávať pomalšie a – čo asi mnohých zaujíma najviac – či dokážeme zabrániť tomu, aby nás odplavil na večnosť.



## O klasickej štruktúre času

---

Kedysi sme mali problém rozumieť času a odvtedy sa situácia prevažne zhoršuje. Nebojte, zhoršuje sa v dobrom slova zmysle. To, že čas javí istý poriadok, tušia ľudia už tisíročia. Mnohé nájdené prastaré artefakty slúžili práve na meranie času. Kostí s vyškrapanými zárezmi na počítanie menštruačného cyklu či rôznorodé útvary viazané na astronomické javy – napríklad kamenný Stonehenge – jasne dokazujú, že ľudia sa v čase orientovali odpradáva. Teda, že to prinajmenšom skúšali.

Už dávno sme si všimli dve dôležité vlastnosti času. Po prvé – je usporiadaný – vieme povedať, čo nastalo skôr a čo neskôr. Po druhé – plynie plynulo a nie skokovo, medzi ľubovoľnými dvomi okamihmi v čase existuje nekonečne veľa ďalších okamihov. Každý časový interval vieme deliť na menšie a menšie kúsky. Aktuálne vedecké predstavy spochybňujú obe tieto tvrdenia – dostaneme sa k tomu, len si musíme chvíľu počkať.

Dnes sa nám o čase rozmýšľa jednoduchšie než v dobách, keď bola obrúsená kosť považovaná za vrchol technologickej inovácie. Čo nám prácu s časom uľahčilo? Objavili sme matematiku. Prírodzene, ľudia odpradáva poznali prirodzené čísla: 1, 2, 3, a tak ďalej. S nimi sa dajú dobre spočítava prsty na ruke či oriešky vo vrecku, na opis času im však niečo chýba.

Pozrime sa na dve vlastnosti plynutia času. Tou prvou bolo, že je čas zoradený, teda vieme povedať, čo bolo skôr a čo neskôr. Túto podmienku spĺňajú aj prirodzené čísla – vieme, že po 2 ide 3 a za tým ide 4. S druhou podmienkou však majú prirodzené čísla problém. Medzi čísla 2 a 3 sa nezmestí ďalšie; no medzi dvomi ľubovoľnými okamihmi – napríklad „teraz“ a „o chvíľu“ – je nekonečne veľa ďalších momentov, keď môže niečo nastať. Ak by sme povedali, že teraz je čas 4 a o chvíľu bude čas 5, tak by sme – len pomocou prirodzených čísiel – nevedeli opísať žiaden moment medzi tým.

Našťastie ľudstvo – ak sa chceme pochváliť, tak povedzme, že relatívne rýchlo – objavilo nový druh čísiel, ktorý na opis času slúži oveľa lepšie. Hovoríme im reálne čísla a pokrývajú celú os od mínus nekonečna do plus nekonečna. Medzi reálne čísla patria okrem dobre známych 1, 2, 3 aj čísla medzi tým, napríklad 1,113 či 1,114. Medzi každými dvomi prirodzenými číslami leží nekonečne veľa ďalších čísiel. To sa pekne podobá na vlastnosť plynúceho času – medzi dvomi momentmi je vždy nekonečne veľa ďalších.

Začala sa rysovať možná definícia času: „Čas je také oné, čo sa tiahne od mínus nekonečna do plus nekonečna, a ku každému okamihu vieme priradiť reálne číslo, čím ho jednoznačne zaradíme do poradia.“ Ja viem, znie to atraktívne ako text príbalového letáka. Ale celkom to sedí, nie? Inými slovami, ak povieme, že jedna vec nastala v čase 4,1 a druhá v čase 4,31, vieme povedať, ktorá nastala skôr a ktorá neskôr. A ak tretí jav nastal v čase 4,2, tak vieme povedať, že nastal medzi nimi.

Tento pohľad znie pomerne rozumne a vyriešil nedostatok s plynulosťou času, ktorý mali prirodzené čísla, no nie je to s ním také jednoduché, ako by sa na prvý pohľad mohlo zdať.

Po prvé táto definícia vzbudzuje dojem, že čas plynul odjakživa a bude plynúť navždy. To však, ako vieme, aspoň spolovice nie je pravda. Hodinky sa v našom vesmíre spustili pri Veľkom tresku. K tomuto sa dostaneme neskôr. Po druhé je nekonečne veľa spôsobov, ako očíslovať jednotlivé momenty. Ja si môžem povedať, že moment, ktorý sa deje práve teraz, označím číslom 4,1 a za každý svoj nádych k tomu pripočítam 1. Vy si povieť, že mu priradíte hodnotu  $-12,3$  a 1 pripočítate za každý svoj úder srdca. Oba by sme mali čas opísaný pomocou reálnych čísiel, no úplne inak – a do smrti by sme sa tak mohli mýliť a hádať, kto to zas poplietol. Dokonca by sme si mohli skomplikovať život aj tak, že by sme rovnakým časovým intervalom priradňovali čísla s rôznym rozostupom. Za prvý nádych pripočítam 1, za druhý 4, za tretí 9. Matematicky prípustné, prakticky hrôza. Našťastie sme sa ako ľudstvo zhodli, že dvom rovnako dlhým

časovým intervalom budú odpovedať dve rovnako dlhé medzery medzi číslami. Takže napríklad, ak dnešnej polnoci priradíme číslo 1 a zajtrajšej číslo 2, pozajtrajšia musí byť označená číslom 3.

Aj toto pravidlo však nie je jednoznačné, lebo namiesto čísiel 1, 2 a 3 sa dajú použiť čísla 2, 4 a 6 alebo 10, 20 a 30. Meranie času potrebovalo poriadok. Museli sme sa teda rozhodnúť, akými presnými číslami budeme opisovať po sebe idúce udalosti. Alebo inak – museli sme si vybrať, v akých jednotkách budeme merať čas.

## Najlepšie jednotky

Vzhľadom na povahu biológie a astronómie na našej planéte, ponúka sa ako prirodzená jednotka jeden deň. Dnešnej polnoci priradíme hodnotu 1 [deň], tej zajtrajšej hodnotu 2 [deň] a momenty medzi nimi rozdelíme rovnomerne. Takže napríklad môžeme zavolať na hotelovú recepciu a objednať si raňajky do postele na čas 0,32211 [deň]. Skúste si to, určite na vás budú dlho spomínať!

Poznámka o jednotkách: Vo fyzike občas píšeme veličiny s jednotkami do hranatých zátvoriek. Tu to chvíľu používam, aby sme si pripomenuli, že bežne používané pojmy majú fyzikálny základ. Čoskoro od toho upustím a budem sa spoliehať na um čitateľa.

V rámci matematicko-fyzikálnych aspektov je tento prístup úplne v poriadku – vybrali sme si fixný rámec a všetko delíme a značíme podľa neho. Všetko pekne funguje a pre striktných matematikov a fyziky, hocičo navyše je už len zbytočný luxus. No dobre, ľudia sú však ľudia a naše potreby sú rôznorodé – iným aktivitám lepšie zodpovedajú inak zvolené časové intervaly. Napríklad, keď zapisujete históriu kráľovských dynastií, je praktické používať ako jednotku [rok]. Tá je však nepraktická, ak chcete spočítať, koľko vydržíte pod vodou na jeden nádych.

A tak si ľudia vybrali rôzne jednotky na meranie času, ktoré majú síce škaredé prevodné vzťahy – na rozdiel od centimetrov, metrov a kilometrov – no aspoň ich používajú všetci na planéte – na rozdiel od metrov, stôp a yardov. Rok sme si vybrali ako čas potrebný na obchod Zeme okolo Slnka a je to prirodzená jednotka pre premenlivý tep života na našej planéte.

Podobne prirodzene vznikli jednotky mesiac a deň – jedna viazaná na pohyb Mesiaca, druhá na rotáciu Zeme. Obchod Zeme okolo Slnka, jej rotácia a obežný čas Mesiaca nemajú dôvod byť zladené, a tak ani nie sú.

Rok má približne, no nie úplne presne, 365 dní a to je približne, no nie úplne presne, 12 mesiacov, z ktorých každý trvá približne, no nie úplne presne, 30 dní. Kvôli tomuto nesúladu pridávame v priestupné roky extra deň navyše, aby sa nám neposúval kalendár a nemali sme február v lete. Hodiny, minúty a sekundy už nie sú viazané na nejaké astronomické javy, zadefinovali sme ich tak, aby mali presné pomery danými celými číslami.

Poznámka o synchronizácii Zeme a Mesiaca: Obeh Mesiaca a rotácia Zeme sa vplyvom prílivovej interakcie postupne zladujú, a ak by sme počkali dosť dlho, deň by trval toľko, čo lunárny mesiac. Planétke Pluto a jej mesiacu Cháron sa to podarilo. Koľko by to trvalo nám? Asi 50 miliárd rokov. Naše Slnko sa však o päť miliárd rokov postará o to, že nás už tento jav nebude veľmi trápiť. Áno, zničí Zem.

Ako ľudia máme na výber dve možnosti, ako deliť celky na menšie časti. Jedna možnosť je deliť ich na desatiny, keďže máme na rukách desať prstov, a tak sa toto číslo stalo základom nášho číselného systému. Táto možnosť je fajn, ale pri pomeroch rôznych časových jednotiek sme si ju nevybrali. Využívame ju však pri vzdialenostiach – decimeter je 10 centimetrov a meter je 1 000 milimetrov, všetko spájajú násobky desiatky.

Druhý fajn výber súvisí s číslom 12. Prečo práve 12? Lebo sa dá toto číslo pekne deliť mnohými ďalšími: 1, 2, 3, 4, 6, 12. Dokážeme ho tak ľahko deliť na polovice, tretiny, štvrtiny či šestiny. Práve túto možnosť sme sa rozhodli využiť pri definovaní jednotiek času. Deň má  $2 \times 12$  hodín, hodina má  $5 \times 12$  minút a minúta má  $5 \times 12$  sekúnd. Deliť sekundu na menšie úseky už zväčša potrebujú len inžinieri a fyzici, a tak sa tam znovu prechádza na rozumný systém desiatín – máme stotiny sekundy, tisícinu, milióntiny. Rovnako, opačným smerom, máme storočie či tisícročie.

Nemáme takú luxusnú výhodu, ako možno niektorí mimozemšťania s dvanástimi prstami, a tak máme nutkanie používať dva podobné číselné systémy. V podstate to nie je veľký problém a dá sa na to zvyknúť, len to spôsobuje, že sa nám tieto údaje ťažšie kombinujú dokopy. Ako sa to prejaví v živote typického našinca? Napríklad sa musí na sekundu zamyslieť, koľko hodinových lístkov potrebuje na 167-minútovú cestu; koľko metrov je 147 centimetrov by však vedel z fleku. V niektorých prípadoch je to vyslovene otravné. Keď chcete previesť rýchlosť z kilometrov za hodinu na metre za sekundu – treba deliť faktorom 3,6. No fuj.

Poznámka o meraní času: Ako ľudstvo máme postupom času neustále väčšie a väčšie nároky na presnosť. Inú presnosť potrebujete pri nakladaní kyslej kapusty pred plavbou cez more či kopaní latríny a inú, keď pripravujete liek či

dizajnujete mikročip. Spočiatku nám stačilo povedať, že „hodina je jedna dvadsaťštvrtina dňa“, no s takýmto prístupom nedostanete veľa družíc na obežnú dráhu, a preto bola tendencia veci vymyslieť tak, aby bola definícia čo najstálejšia a zároveň najpraktickejšia. Dnes sú základné jednotky odvodené z merateľných fyzikálnych veličín, napríklad z vlnovej dĺžky špecifického svetla.

Takže si to zhrňme: čas je usporiadaný, vieme ho merať a rozhodli sme sa to robiť, okrem iného, v sekundách. Áno, biedne málo zistení na toľko strán textu! Nebojte sa, jazda sa len začína – za takýmito prostými tvrdeniami sa vám ešte bude cnieť.

## Ako by som to povedal?

Premýšľať o čase je krásne zložené – a to dokonca už aj v klasickom príklade očistenom od zložitosti modernej fyziky. Skvele to zhrnul svätý Augustín z Hippa: „Čo je čas? Ak sa ma nikto nepýta, viem, čo to je. Ak by som to mal vysvetliť tomu, kto sa pýta, neviem.“

Takže, čo je to čas? Existujú dve pekné fyzikálne definície – jedna teoretická a jedna praktická – a obe sú celkom užitočné. Skúsme sa však najprv trochu potrápiť bez nich. Ako by sme pojem čas vysvetlili dieťaťu?

Zväčša asi človek začne tým, že sa naučí označovať rôzne časti dňa: „Teraz je ráno, teraz je večer.“ Potom pridá minulý a budúci čas: „Boli sme na prechádzke a o chvíľu budeme jesť.“ Keď dieťa podrastie, všíma si, že sa ručičkové či digitálne hodiny neustále hýbu, naučí sa ich čítať a spájať s jednotlivými časťami dňa. Čas je, aspoň pre dieťa, to, čo označuje rôzne časti dňa – kedy je čas ísť spať a kedy sa ide na ihrisko. Vysvetliť, prečo vlastne čas plynie, už dieťaťu – k veľkej úľave rodičov – nemusíme, hlava má rôzne nástroje na meranie času a jeho plynutie si uvedomujeme prirodzene.

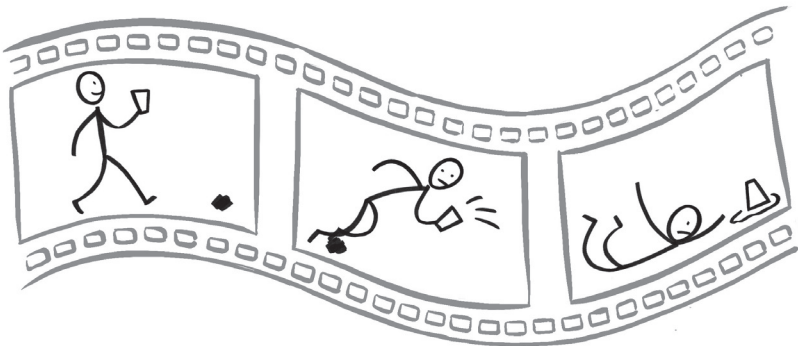
No dobre, to by sme mali. Zhruba takto si môžeme o čase podebatovať s dieťaťom. Čo by na definíciu času povedal čerstvý bakalár z fyziky, zatiaľ nepoškvrnený obavami z kvantovej štruktúry časopriestoru? Myslím, že by povedal, že čas je parameter vo fyzikálnych rovniciach. Áno, znie to trochu škrobene, ale je to celkom rozumná odpoveď. Ako sme si už vyjasnili pár strán dozadu, pri bežnej skúsenosti môžeme každému časovému okamihu priradiť hodnotu, ktorá ho jasne identifikuje a určuje, ktoré udalosti nastali pred týmto bodom, ktoré po ňom a aký dlhý časový interval ich oddeľuje.

Fyzici máme taký – tiež trochu suchý – názov pre to, čo práve skúmame. Hovoríme, že skúmame *system*. Môže ísť o plyn v nádobe, zrážajúce

sa elementárne častice či závažie kmitajúce na pružinke. Krok číslo jeden je opísať stav systému. Napríklad povieme, kde sa jeho jednotlivé prvky nachádzajú a ako rýchlo sa pohybujú. Typicky sa to robí pomocou matematických objektov: čísel, vektorov, matic.

Nasledujúci príklad je taký nadužívaný, že je mi až hlúpe ho opakovať. No zároveň sedí tak dobre, že sa len ťažko hľadá náhrada. Takže: stav systému si môžeme predstaviť ako jednu snímku filmu a čas označuje poradie jednotlivých snímok. Jedna snímka takého fyzikálneho filmu obsahuje viac, než sme zvyknutí. Je v nej zachytené všetko, čo sa vo vesmíre nachádza, a to s dokonalou presnosťou – od atómov cez kmitajúce závažie až po celé galaxie. Klasický pohľad na čas teda je taký, že je to označenie, ktoré môžeme priradiť každému jednému okamihu vo vesmíre a v každom tomto okamihu je presne daná poloha každého objektu a hodnota každej fyzikálnej veličiny. Ako sa mení čas, mení sa aj stav systému, ktorý skúmame, a spolu s ním aj stav celého vesmíru.

Dve krátke poznámky k tejto predstave. Po prvé tento príklad mierne pokrívava v tom, že podľa dávnych a aj modernejších fyzikálnych predstáv čas plynie plynulo. To znamená, že medzi ľubovoľnými dvomi snímkami sa nachádza nekonečne veľa ďalších. To v prípade klasického filmu neplatí, medzi snímkami 23 a 25 sa nachádza len jedna ďalšia a medzi snímkami 24 a 25 sa nenachádza nič. Existujú myšlienky, ku ktorým sa dostaneme neskôr, ktoré tvrdia, že skutočný svet sa predsa len viac podobá na klasický film a medzi dvomi momentmi nie je nekonečne veľa ďalších. Málo ich však nie je, jedna sekunda pozostáva zo sto septiliónov (teda  $10^{43}$ ) momentov. Sto septiliónov je však také veľké číslo, že sa z praktických dôvodov pokojne môžeme tváriť, že je to nekonečno.





Poznámka o zápise veľkých a malých čísiel: Bežne si šetríme tuhu v ceruzke tým, že čísla zadávame v mocninách 10, napríklad  $10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$ . Záporné mocniny sú za delenie, napríklad  $10^{-2} = 1/(10 \times 10) = 1/100 = 0,01$ .

Po druhé to, o čo sa snaží fyzika – s premenlivou úspešnosťou –, je, že sa pozrieme na jedno políčko tohto vesmírneho filmu a pomocou matematiky určíme, čo sa nachádza na snímkach predošlých či budúcich. Bez preháňania slúži fyzika na predvídanie budúcnosti a rekonštrukciu minulosti. Ak vieme dostatočne presne opísať stav systému teraz – teda takzvané zadať počiatočné podmienky – a vyriešiť dynamické rovnice pre tento systém, vieme určiť, ako bude vyzerať v čase neskôr. Alebo vieme určiť, aj to je občas zaujímavé, akou postupnosťou stavov sa do aktuálneho stavu dostal. Keď vidíme, ako guľa opúšťa hlaveň dela, vieme povedať, kam dopadne. A keď vidíme, ako dopadá na zem, vieme určiť, odkiaľ bola vystrelená. V princípe platí, že ak vidíme a vieme dostatočne presne zmerať ľubovoľnú časť jej trajektórie, tak vieme určiť, ako sa do tohto bodu dostala a aj ako bude pokračovať ďalej.

Poznámka o limitoch predvídania budúcnosti: Sú veci, ktoré vieme vo fyzike predvídať s presnosťou vyhrážajúcou dych. Napríklad vieme spočítať, že 6. augusta roku 2958 bude zatmenie Slnka, ktoré bude trvať dve minúty bez dvoch sekúnd. Na druhej strane v lepšom prípade iba tušíme, či bude o tri dni pršať. Prečo vieme niektoré veci predvídať veľmi dobre a iné veľmi zle? Na predvídanie budúcnosti pomocou fyziky treba tri veci. Po prvé poznať stav systému teraz – teda vedieť zadať počiatočné podmienky. Po druhé poznať dynamické rovnice, ktoré vývoj systému opisujú. A po tretie vedieť ich vyriešiť. Aspoň jeden z týchto bodov býva problematický, bežne sa opakujú dve komplikácie. Tou prvou je chaos, čo je po novom už matematicky dobre definovaný pojem. Niektoré systémy sú veľmi citlivé na správne zadanie počiatočných podmienok, a ak sa trochu seknete, malá chyba v presnosti rýchlo narastie vo veľkú chybu vo výsledku. Druhým bežným problémom je, že niektoré rovnice sa riešia veľmi ťažko. To by ešte nemusel byť problém, jednoducho za seba necháme počítať počítače. S nimi vieme s trochou snahy získať uspokojivo presnú odpoveď, no bežne sa dostaneme do nepríjemnej situácie – získať trochu presnejší výsledok stojí výrazne viac zdrojov. Napríklad, ak chcete o 10 % lepší výsledok, potrebujete použiť dvakrát toľko počítačov. To začne byť od istého momentu finančne neúnosné.

Takže podľa jedného široko aplikovateľného pohľadu je čas parameter, ktorý určuje poradie udalostí vo vesmíre – teda postupnosť stavov systémov, kde systém je pokojne aj celý vesmír. Z pohľadu fyziky, ktorej

nástrojom je matematika, je čas parameter v rovniciach, a keď chcem predvídať, kde sa bude nachádzať delová guľa o sekundu, tak vyčíslim riešenie svojich rovníc v príslušnom čase. Nebyť škôd, ktoré na tomto obraze napáchalo 20. storočie, tak by bol takýto fyzikálny pohľad na čas pomerne blízko tomu ľudskému, ktorý máme z každodennej skúsenosti.

Existuje aj iná definícia času. Taká jednoduchá, až sa javí ako ničnehovoriaca a tautologická. Za bežných okolností je ekvivalentná tej predošlej, ktorá znela: „Čas je parameter, ktorý určuje poradie momentov vo vesmíre.“ Táto má však výhodu, ponúka istý manévrovací priestor, vďaka ktorému zvláda peripetie, ktoré si realita pripravila pre naše predstavy o čase. Dovoľte mi však najprv malý kúsok z histórie.

Čo robíte, keď sa nudíte? Napríklad, keď sa nudím pri behu, tak počítam, na koľko nádychov prebehnem jeden kilometer. Ľudia zvyknú robiť všeličo: pozerajú do steny, kreslia si po papieri, ťukajú prstom po stole. Málokto sa však vedel nudiť tak produktívne ako Galileo Galilei.

Keď sedel v kostole a kázeň mu šla jedným uchom dnu a druhým von, začal si všímať kývajúci sa luster. Že sa luster kýve, to nie je nič zvláštne. Zvláštnosť si Galileo všimol, až keď začal merať, ako rýchlo sa kýve. Samozrejme, v tých časoch ešte neexistovali hodinky, ktoré by mohol nosiť pri sebe, a tak si vystačil vlastným tepom. Niečo na štýl: „Koľko úderov srdca trvá, kým sa luster prekmitne desaťkrát?“ Špeciálne ho zarazil súvis medzi amplitúdou a periódou oscilácie. Teda medzi tým, ako veľmi sa luster kýve a ako dlho mu to trvá. Čo bolo na ich súvisе prekvapivé? Že žiaden nevidel.

Či sa luster pohybuje len o pár centimetrov alebo sa vykyvuje o pol metra, pohyb z jedného konca na druhý mu trvá rovnako dlho. To platí v režime takzvaných malých kmitov, kým kyvadlo nerobí úplne divoké pohyby. Je za tým jednoduchá matematika – päťkrát väčšia dráha a päťkrát väčšia rýchlosť znamená rovnaký celkový čas. Ak zoberiete kyvadlo – teda napríklad špagát so závažím na konci –, perióda kmitov nebude závisieť od toho, ako veľmi ho rozkývate, a ani od hmotnosti závažia. Perióda kmitov, ak sú rozumne malé, závisí len od celkovej dĺžky špagátu.

To bol geniálny objav. Znamenalo to, že ak vie niekto odmerať vzdialenosť jedného metra, vie zmerať aj jednu sekundu! Napríklad, ak sa chcete pochváliť svojmu kamarátovi, na ako dlho zadržíte dych, no máte tú smolu, že žijete v stredoveku, existuje jednoduché riešenie. Jednoducho mu, s neskrývanou pýchou, oznámite: „Vydržím pod vodou tridsať prekmitov kyvadla s dĺžkou dva metre.“ Určite onemie úžasom, aj keď možno nie z vášho výkonu.

Poznámka o gravitačnej konštante: Meter bol v jednom období definovaný tak, že je to dĺžka kyvadla, ktorého polovica periódy kmitu, teda čas, za ktorý prekmitne zľava doprava, trvá jednu sekundu. Keď sa človek pozrie na daný vzorček, tak zistí, že tá požiadavka vlastne hovorí, že hodnota gravitačného zrýchlenia je  $g = \pi^2$  metrov za sekundu na druhú. Letmý pohľad do kalkulačky prezradí, že to sedí, ale nie úplne. Hodnota  $\pi^2$  je 9,8696 aj nejaké drobné, hodnota gravitačnej konštanty lieta, okolo 9,8 metrov za sekundu. Po prvé sa gravitačná konštanta mení od miesta k miestu. A po druhé aj použitá definícia metra sa menila.

Kyvadlo teda dobre funguje ako hodinky. A celkom dobre fungoval aj Galileov pulz. Teda tipujem, že až kým ho nerozrušila myšlienka, ktorú objavil. Hodinky sú v našom vesmíre všeličo: oscilujúce žiarenie z lasera, planéta obiehajúca svoju hviezdu či točiac sa okolo vlastnej osi, oscilujúce kryštály v hodinkách či vesmírne pulzary. Vesmír je hodinek plný. Nie všetky sú rovnako kvalitné a nedržia fixnú periódu poriadne. No v princípe za hodinky môžeme považovať vo vesmíre hocičo, čo stabilne vykonáva periodický pohyb.

Preto je druhou – a mojou obľúbenou – definíciou času, že: „Čas je to, čo merajú hodinky.“ Odkazuje to na niečo, čo skryte zahŕňa už Galileova úvaha – že čas plynie rovnako pre všetky hodinky: kývajúci sa luster, tlčúce srdce či rotáciu Zeme. Každé z týchto hodinek môžu mať rôzne periódy kmitov, no keď si medzi nimi nájdete prekladový slovník – jedna perióda lustra sú tri údery srdca – tak ich pomer zostáva, aspoň pri kvalitných hodinkách, fixný.

Keď meriate dĺžku nejakého časového intervalu, napríklad už spomínaný zadržaný dych, tak vlastne počítate, koľko periód – kmitnutí, pípnutí, otočení, cvaknutí – vašich hodinek sa do daného intervalu zmestí. Pekným aspektom tejto definície je, že prežila aj spúšť, ktorú vo fyzike času spôsobila Einsteinova teória relativity. Ale to už trochu predbieham. Väčšina záhad, ktoré sa týkajú času, nás totiž ešte len čaká. Divoké to začne byť nielen pri relativite, ale aj po pridaní kvantovej mechaniky – vtedy narazíme do steny ľudského poznania. Tieto teórie však zamávali s našimi predstavami o všeličom, a tak asi nie je veľmi prekvapivé, že si to odniesol aj čas. Jedna z najväčších záhad týkajúcich sa času sa však objavila skôr, než v časoch teórie relativity a kvantovej mechaniky. Poznáme ju už od čias parných strojov.