

FRANTIŠEK KOUKOLÍK

# JÁDRO

Televizní eseje

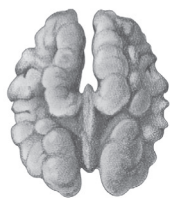




FRANTIŠEK KOUKOLÍK



JÁDRO



**EDICE MAKROPULOS**

**FRANTIŠEK KOUKOLÍK**

---

**JÁDRO**

Televizní eseje

**Galén**

## **Věnování**

S úctou paní Zitě Drdové, bez jejíž námahy a laskavé pomoci by Jádro nevzniklo.

© Galén, 2010

Illustrations © Miroslav Barták, 2010

**ISBN 978-80-7262-663-2**

---

## PŘEDMLUVA

---

Česká televize mi v roce 2007 dala možnost vyprávět divákům kratičké eseje o tom, co se právě děje ve vědě. Pořad dostal jméno Jádru. Podkladem jednotlivých dílů byly současné vědecké práce ze špičkových pramenů. Protože většinu lidí ze všeho nejvíc zajímají lidé, volil jsem převážně z této oblasti.

Na vyprávění jednoho dílu bylo 280 sekund, to je pětatřicet vět po osmi sekundách. Trefit se do času znamenalo rozptýl nanejvýš několika sekund. Pan režisér Tomáš Kudrna i štáb byli naštěstí laskaví a trpěliví. Výsledkem byla hutná sdělení, ani slovo, které by odlehčovalo nebo rozvádělo souvislosti. Časté komentáře diváků proto říkaly, že je vyprávění na množství sdělovaných informací příliš krátké, zda by je nebylo možné vydat v knižní podobě, rozvedenější.

Pokusil jsem se o to.

Nechtěl jsem, aby knížka byla příliš objemná, užil jsem proto třicet ze čtyřiceti vysílaných částí. Zájemce je najde na adrese [www.ceskatelevize.cz/jadro](http://www.ceskatelevize.cz/jadro). V úvodu každé kapitoly je původní scénář, kapitoly si ponechaly své jméno. Následují souvislosti, cesta do větší hloubky, pohled z dvouletého odstupu, nové nebo navazující poznatky. V závěru kapitol jsou poznámky k textu a prameny, které mne inspirovaly.

Není nutné číst všechno, ani číst v pořadí. Čtěte, prosím, co vás zaujme nebo pobaví, co pro vás bude nové

a nečekané. K ostatnímu se můžete vrátit; když něco vynecháte, nic se nestane, knížka by měla být potěšením, nikoli náročnou povinností.

František Koukolík



---

## JAK VZNIKL SVĚT?

---

### Úvod

*Jak začal svět? O tom si lidé vyprávějí od nepaměti. O vzniku světa se dočteme v první kapitole Starého zákona.*

*Vyprávěl o něm starořecký básník Hésiodos, básně Aztéků a indická Bhagavadgíta...*

### Vlastní sdělení

*Představa o vzniku světa ukotvuje každou kulturu. Což se stávalo dogmatem. Sáhnout na dogma mohlo mít následky usměvavé. Příliš zvědavý hinduistický učedník se svého Mistra tázal, na čem stojí ten slon, jenž nese na zádech Zemi. »Na dalším slonovi,« odvětil mistr. »A na čem stojí další slon?« ptal se mladý štoura dál. »Na dalším slonovi,« rozzlobil se Mistr, »až dolů jsou samí slonové!«*

*Sáhnout na dogma mohlo mít následky neusměvavé. Jeden z postižených byl filosof Anaxagoras. Jakmile užaslým Athéňanům sdělil, že Slunce je žhoucí kámen velký nejméně jako poloostrov Peloponés, byl obviněn z rouhačství. Před smrtí ho zachránil jeho přítel Periklés. Anaxagoras zaplatil mastnou pokutu a musel do vyhnanství. Nedal se. »Já Athény neztrácím,« vzkázal domů, »Athény ztrácejí mne.«*

*V 17. století se stal vesmír díky Isaacu Newtonovi nekonečným, prázdným a chladným místem, lhostejným vůči lidským radostem i trápení. Doba byla smířlivější. Lidé věřili, že Tvůrce vesmíru je ve svém díle všudypřítomný a dozírá na ně. Jiní došli k přesvědčení, že Tvůrce vesmír*

stvořil, pak ho natáhl jako hodiny a od té doby se o něj nestará. Malinká a tichounká menšina lidí si myslela, že je vesmír v čase a prostoru nekonečný a žádného Tvůrce nepotřebuje.

A co po víc než třech stoletích, v roce 2006? Posledních sto let zaznamenalo fantastický vývoj fyziky – teorii obecné relativity, kvantovou teorii a třeba teorii superstrun.

Přesto není úplná odpověď na dětskou otázku »Jak vznikl svět?« známa.

Existují tedy nějaké neúplné odpovědi?

Údálosti, při které se vylíhl náš vesmír, se říká Velký třesk. Na počátku byl vesmír malý, nesmírně hustý a horký. Jak se vesmír rozpínal, chladl. Praví teorie. Cena teorií však není v tom, co vysvětlují, ale v tom, co předpovídají a co se tedy dá ověřit. Z takto horkého vesmíru plného záření by mělo i po těch víc než 13 miliardách let, co vesmír trvá, trochu záření zbýt... proto se mluví o reliktním záření. Zbylo – což se podařilo dokázat a roku 1978 za to byla Nobelova cena. A roku 1990 dokázal Američan John Mather: reliktní záření má právě tu správnou teplotu, kterou vyžaduje teorie Velkého třesku.

Objevil se však problém. Původní měření ukázala, že reliktní záření je ve všech směrech měření stejnorodé. Takže by mělo být ozvěnou vzniku stejnorodého vesmíru, ve kterém by nebyly hvězdy ani galaxie. Vesmír, do kterého se po více než 13 miliardách let díváme, však není stejnorodý ani trochu. Fantastický počet galaxií v něm tvoří celé stěny a vlákna.

Roku 1992 dokázal George Smoot, další Američan, studiem obrovského množství snímků speciální družice, že tohle stejnorodé vypadající záření není úplně stejnorodé. Právě tahle nestejnorodost byla zárodkem budoucího nestejnorodého vesmíru.

## Závěrečné slovo

*Píše se, že se z kosmologie stala exaktní věda až v tomto okamžiku. Mather a Smoot společně dostali roku 2006 Nobelovu cenu za fyziku.*

*To byly dva další kroky k odpovědi. Dětská otázka zůstává... a jsou na ni i jiné odpovědi.*

Vsadím se, že vás tahle otázka, jestliže jste měli štěstí a narodili jste se zvědaví, v nějaké podobě napadla aspoň jednou v životě. Nejspíš když jste byli malí, tak na konci mateřské školy. Zeptali jste se maminky nebo táty. Možná, že něco zabručeli a mávli rukou, nebo vás odkázali na obrázkovou knížku, případně na souseda. S paní učitelkou to mohlo být podobné.

Ale mohlo se stát, že rodiče, paní učitelka, soused nebo kdokoli jiný rukou nemávlí. A jestliže jste se dokonce ptali dál, dřív nebo později jste narazili na člověka, jenž se touhle otázkou zabýval celý život – a třeba to bylo i jeho povolání.

Mohl to být matematik, fyzik, astronom, filosof, stejně jako vzdělaný kněz, vědí o tom i někteří lékaři nebo historici, mohl to být i člověk vyznávající nauky, jimž se říká tajné, neboli esoterik.

Nadto jste zjistili, že tihle lidé nejsou ani první a zřejmě ani poslední, že patří do dlouhého řetězu lidí, kteří ve všech dobách a místech, co je lidský svět světem, zdvihali hlavu v bezmračné a bezměsíčné noci k nebi a ptali se od chvíle, v níž se naši předci naučili ptát:

»Co to je? Kde se tam vzalo? Kam to směřuje? Odkud to přišlo? Co to říká? Jaký to má smysl? Mluví to o mně? Co se v tom skrývá? Říká to vůbec něco?«

Přecházejí nejzvědavější děti od pohádek k příběhům a od příběhů k popisu skutečnosti?

Nevím o dramatictější kapitole lidského myšlení a cí-  
tění, než je kosmologie. Lidé o ní nejčastěji vědí málo  
nebo nic, přesto je v nějaké kosmologii skrytá každá  
kultura podobně, jako se v nějakých souřadnicích skrý-  
vá oblak pohyblivých bodů.

Kosmologie je mladé slovo. Až v roce 1730 je užil  
Christian Wolff v knize, která měla popsat svět: *Cosmo-  
logia generalis*. Byl vzdělaný, takže skoro jistě znal Ho-  
vory k sobě Marca Aurelia:

»Je-li cizinec ve vesmíru ten, kdo nechápe, co v něm  
jest, pak neméně je cizincem i ten, kdo nechápe, co se  
v něm děje.«

napsal Marcus Aurelius Antoninus, římský císař,  
a o kousek dál pokračoval:

»Kdo neví, co je vesmír, ten neví, kde jest. A kdo neví,  
k čemu je tady, pak neví, ani co je vesmír, ani kdo je sám.  
A kdo některou z těchto věcí nedomyslel, nemůže ani  
říci, k čemu je sám přírodou určen...«

Co všechno si lidé vyprávějí o tom, jak vznikl  
svět?<sup>[P1,P2]</sup>

»Vesmír je kosmické vejce, které se rozpíná z bodu  
největší hustoty jménem *bindu*, tam byl soustředěný celý,  
a když nastane po době rozpínání čas, zase se smršťuje.  
Vesmír je živý a kruh zrození, smrti a znovuzrození nemá  
počátek ani konec,« zpívá nejstarší posvátná hinduistická  
Véda zapsaná mezi 15.–12. stoletím před našim letopoč-  
tem. Při zpívání se nesmí vynechat jediná slabika a po-  
plést jediný přízvuk, jinak je obětina neúčinná.

»Vesmír je tvořen nekonečným počtem atomů, které  
jsou v nekonečné prázdnotě,« pravili řečtí atomisté, »ve  
vesmíru se neděje náhodně nic, vše se udává z rozumu  
a nutnosti. Bohové vesmíru nevládnou.«

»Je středem světa Země?«

»Je vesmír v čase a prostoru nekonečný, nebo je tomu naopak?« přemítali antičtí, křesťanští, islámští i hinduisťtí a buddhističtí učenci, »je středem světa Slunce?«

## Aztékové

V důsledcích nejkrvavější kosmologie spjatá s kultem Slunce je známa ze Střední Ameriky. Nejvýznamnějším božstvem Aztéků byl bůh Slunce války Huitzilopochtli, jehož jméno znamená Kouzelník kolibřík, Modrý nebešťan a Kouzelník, který zvrací světlo. Aztéky přiměl k putování na jih, praví aztécká teologie. V místě, kde našli pod bílou vrbou bílou žábu a ve vodě bílou rybu, přičemž poblíž seděl na kaktusu orel a zápasil s hadem, založili město Tenochtitlan. Kouzelník, jenž zvrací světlo, se narodil na Hadí hoře, vypráví aztécká teologie dál, musel zabít svou sestru, bohyni měsíce, a vyhnat dvakrát čtyři sta nepřátelských bratrů jižních a severních hvězd.

Aztékové věřili v nebe a peklo, nebes měli třináct, peklo devatero. Věřili, že Slunce noc co noc zápolí s temnotami. Bohů měli téměř tisícovku. V chrámech, které jim stavěli, měli nádrže určené ceremoniální očištění, obydlí, kde žili kněží, a místa, kde schraňovali lidské lebky.

Aztékové věřili v posmrtný život. Na rozdíl od křesťanů byli přesvědčeni, že posmrtná odměna nezáleží tolik na tom, jak žili, ale na tom, jak zemřeli. Obětovali živé lidi, nejen zajatce. Vyřezávali jim pazourkovým nožem srdce z těla, které pak svrhli z chrámových schodů. Ihned po smrti, pravila jejich víra, se lidé odebírají k bohu Slunci – to samé čekalo válečníky padlé v boji a ženy, které zemřely při porodu. Počet obětovaných byl obrovský, některé prameny mluví o tisících lidech, kteří končili na oltářích rok za rokem. Píše se, že mnozí obětovaní

byli před smrtí šťastni, očekával je přece Bůh. Obětování neunikli ani zajatí Španělé. Krvavé oběti udržovaly při životě Slunce, které bylo sluncem pátým, čtyři předešlá v bojích s temnotami zanikla... Co však nutilo aztécké kněze oblékat se do stažené lidské kůže, probodávat si penis, propojit se šňůrkou s dalšími knězi a tančit, než zemřeli vykrvácením?

A přesto neznámý aztécký básník<sup>[P3]</sup> říká:

Duše mi trne když říkám  
ó přátelé  
s sebou jsem vláčel své srdce po zemi  
plahočit jsem je nechal naším životem:  
místem slasti pohodlí štěstí  
po boku ostatních  
nejsm ještě zavát do Kraje Tajemství

dobře to ví mé srdce  
po pravdě říkám to přátelé  
každý kdo se modlí k bohu  
to srdce vydá a hubí  
cožpak už nikdy víc nebudem na zemi?  
nemůže se narodit dvakrát?  
opravdu žije se tam v Krajině Tajemství  
uvnitř nebe?  
Jen tady jsme šťastni

### **Dlouhá kosmologická cesta**

Půjdete-li kosmologickou cestou, potkáte geniální lidi:

Bráhmandu, Anaxogoru, Epikura, Aristotela, Aristarcha, Seleuka ze Seleucie, Ptolemaia, Jana Filopontského, Alkinda, Algazela, Abu Mashara Al'Balkího, Ibn al

Shatíra, Aliho Kuscu, Koperníka, Tychona de Brahe, Newtona, Descartese, Kanta, Lamberta, de Sittera, Mac-Millana, Friedmana, Lemaitrea, Diraca, Eddingtona, Milnea a McCreu, Robertsona, Walkera, Bondího, Freda Hoylea (jenž vymyslel pojem Velký třesk coby posměšný vtíp, původně totiž vyzníval méně vznešeně; dal by se lépe překládat slovem Velká trha, šupa, šlupka nebo rána) a také Golda, Alfvéna, Kleina, Gutha, Lindea, Steinhardta, Turoka, Wheelera (jenž rovněž coby vtíp vymyslel pojem černá díra).

Řekl bych, že přesnější znalost základních kosmologických představ unikala většině lidí ve všech dobách a místech hlavně proto, že jim byla lhostejná. Pokud jí cípeček uchopili, bylo to skoro vždy v nějakém druhu kostela.

A přesto byly všechny kultury nějakým způsobem kosmologicky ukotvené. Samozřejmě, že jedním z klíčových ukotvovatelů byla politická moc, která se buď za božstvo prohlásila sama, nebo prohlašuje, že tuto moc od božstva dostala, a to přímo do vlastních ruček, případně že jejich národ a s ním ti, kdo jsou na národní špičce, jsou národem vyvoleným.

Kritizovat lidskou politickou moc byla a je svízelné, ale kritizovat nebo dokonce sáhnout na moc pocházející od božstev či boha – dámy a pánové, s tím špatně dopadl ne jeden velký a mocný panovník.

Pojem Canossa, což byl hrad, u jehož brány, jak praví kroniky, klečel císař ve sněhu celé tři dny, aby mu papež odpustil, straší v dějinách dodnes.

Takže hůře než Anaxagoras dopadl Giordano Bruno, ve jménu očisty duše mučen, roku 1600 upálen, i Galileo Galilei, odsouzený inkvizicí přestože odvolal. Posledních deset let života prožil Galileo v domácím vězení, mělo však být »fešácké« a papež se po necelých 400

letech jménem své organizace omluvil; soudobý výklad praví, že šlo o nedorozumění. Papež, jenž byl v době, kdy ještě nebyl papežem, Galileovým přítelem, na sebe vztáhl Galileův spis dokazující, že Země středem světa být nemůže. Zastánce opačného názoru ve spisu nevystupuje moc bystře a Jeho Svatosti se to mělo dotknout. Když však po vědci »hmátla« inkvizice, měl mu údajně zachránit život. Na druhé straně je možné, že mu dal »parádně« za vyučenou, takže zabil dvě mouchy jednou ranou.

Mimochodem – četli jste dopisy, které Galileovi psala jeho dcera z kláštera?

Když se chudák René Descartes o Galileově osudu doslechl, raději vložil do svého nekonečného, čtyřrozměrného matematického vesmíru nehmotnou věc myslící, *res cogitans*, která měla mozků, věci rozlehlé, *res extensa*, a tím i tělu, říkat, co bude dělat, a to prostřednictvím šiřinky. Sám moudře utekl z Francie do Nizozemí, kde měl pro změnu potíže s protestanty. Nakonec se odebral do Švédska na základě pozvání excentrické královny Kristýny, která pro něj poslala válečnou loď, ale tam mu bylo tak smutno, zle a těžko, že brzy umřel. Jeden z důvodů, píše se, mohlo být brzké ranní vstávání. Královna ho žádala coby učitele matematiky ráno v šest, zlovolné jazyk říkají, že ještě dříve – a to ve švédské temné zimě. Jeho, velkého Cartesia, kterého laskaví jezuité nechávali, když byl žáčkem jejich koleje, coby churavé dítě v posteli do jedenácti!

Vynecháme-li mocenské otázky, objevily se koncem 17. století našeho věku s novým, newtonovským modelem vesmíru filosofické i psychologické problémy. Vesmír se stal nekonečným, tmavým, chladným, a hlavně ve vztahu k lidskému trápení i radosti lhostejným místem.

Ono místo mělo podle různých přesvědčení a v dobově politicky korektním jazyce obvykle mužského Tvůrce,



který dlel mimo toto místo, případně dlel v něm, buď se o ně trvale staral, nebo je sice stvořil a na začátku pustil jako hodiny a dále se o ně nestaral, velmi vzácně a šep-tem pak šlo o místo, které bylo v čase a prostoru věčně a žádného tvůrce nemělo.

Významní duchové si mohli hlavy ukroutit, aniž šlo rozhodnout, který z výkladů je pochopitelnější, a nedostat se přitom do neřešitelných rozporů končících v nějakém aktu víry.

Naštěstí to nedávno začalo vypadat, že kosmologie postupně dostává řádnou vědeckou výztuž a poměr spekulací k faktům a jejich souvislostem se rychle mění ve prospěch faktů. Jak si každý středoškolák může přecíst, vysvětluje standardní teorie velkého třesku jasně, co všechno se dělo v prvních třech minutách poté.

Otázka, co bylo předtím, podle ní nemá smysl, neboť předtím nebyl čas, takže nebylo ani předtím. Což snad jako první před 1600 lety geniálně naznačil svatý Augustin.

## O vztahu vědce a lidu nakonec

Vědci a všichni, kdo se rádi díváte do hvězd a přemítáte, jak je to s vesmírem, připomenu šestadvacet století starý příběh vyprávěný Diogenem Laertiem o muži, jenž byl zprvu politicky činný a pak se věnoval zkoumání přírody. Tento muž podle některých první určil velikost Slunce jako 720. díl kruhu slunečního. Geometrii se naučil u Egypťanů a první vepsal do půlkruhu pravoúhlý trojúhelník obětoval za to býka, byť to jiní přičítají Pythagorovi.

Byl i chytrý a praktický muž, neboť »chtěje ukázat, jak je snadné být bohatým, najal si lisovny oleje, protože předvídal, že bude hojná úroda oliv, a získal nesmírné

množství peněz. Určil prý též roční období a rozdělil rok na 365 dní. Na otázku, co je nesnadné, odpověděl: »Poznat sama sebe.«

Vypravuje se, že když ho vyvedla stařena z domu, aby pozoroval hvězdy, spadl do jámy. Na jeho pokřik prý mu řekla stařena: »To si myslíš, Thaléte, že poznáš, co je na nebi, když nejsi s to, abys viděl, co je před tvýma nohama?«

---

## Literatura

1. Greene B. Elegantní vesmír. Praha: Mladá fronta 1999.
2. Greene B. Struktura vesmíru. Praha, Paseka, 2004.
3. Grygar J. Vesmír jaký je. Praha: Mladá fronta 1997.
4. Guth AH, Kaiser DI. Inflationary cosmology: exploring the Universe from the smallest to the largest scales. Science 2005; 307: 884–890.
5. Hawking S. Černé díry a budoucnost vesmíru. Praha: Mladá fronta 1993.
6. Hawking S. Vesmír v kostce. Prah: Argo, 2002.

## Informace k jednotlivým tématům

### Velký třesk

[http://en.wikipedia.org/wiki/Big\\_Bang](http://en.wikipedia.org/wiki/Big_Bang)

### Udělení Nobelovy ceny za fyziku v roce 2006

[http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2006/](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2006/)

### Zpráva Astronomického ústavu Akademie věd ČR

<http://www.asu.cas.cz/cesky/new/nobelovka.html>

### Zpráva Štefánikovy hvězdárny

<http://www.observatory.cz/news/detail.php?page=1&id=174&pda=>

### Nobelovy ceny za fyziku 1901–2006

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Nobelova\\_cena\\_za\\_fyziku](http://cs.wikipedia.org/wiki/Nobelova_cena_za_fyziku)

### Udělení Nobelovy ceny za fyziku v roce 2006

[http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2006/](http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2006/)

### Zpráva Astronomického ústavu Akademie věd ČR

<http://www.asu.cas.cz/cesky/new/nobelovka.html>

### Zpráva Štefánikovy hvězdárny

<http://www.observatory.cz/news/detail.php?page=1&id=174&pda=>

**George F. Smoot**

<http://aether.lbl.gov/>

**John C. Mather**

[http://www.nasa.gov/vision/universe/starsgalaxies/nobel\\_prize\\_mather.html](http://www.nasa.gov/vision/universe/starsgalaxies/nobel_prize_mather.html)

## Poznámky

### Poznámka 1

Marcus Aurelius Antonius. Hovory k sobě. Kniha čtvrtá, 29, s. 55; Kniha osmá, 52, s. 114. Antická knihovna, sv. 1. Přeložil R. Kuthan. Praha: Svoboda 1975.

### Poznámka 2

<http://en.wikipedia.org/wiki/Cosmology>

### Poznámka 3

Tanec živlů. Poezie starých Aztéků. Přeložil Vladimír Mikeš. Praha: Československý spisovatel, Klub přátel poesie 1976.

---

## SUPERPOČÍTAČ V MILIONTINĚ LITRU VODY

---

### Úvod

*Na osobní počítače si většina z nás zvykla. Užíváme je denně. Dokážete si představit 1 miliontinu litru vody? To je kapička, kterou byste prostým okem nerozlišili, protože do jednoho mililitru se jich vejde tisíc. A přitom se v té neviditelné kapičce skrývá nepředstavitelně výkonný superpočítač.*

### Vlastní sdělení

*Hardwarem je v něm DNA (deoxyribonukleová kyselina). Enzymy, které ji mění, jsou softwarem. Onen superpočítač v jedné miliontině litru vody je tvořen 3 biliony jednotlivých počítačů, třemi biliony molekul DNA, které do něj bioinženýr vloží.*

*Tři biliony molekul DNA zvládnou 660 miliard operací za sekundu. Přesnost operací je 99,9 %. DNA je i zdrojem energie. Uvolní jen 5 miliardtin wattu. Uvědomujete si, jak hřeje váš notebook? Dvě kávové lžičky této tekutiny jsou 100 000krát výkonnější než největší superpočítač světa, který mají Japonci.*

*Tahle historie sahá do roku 1959. Richard Feynman, geniální americký fyzik, nositel Nobelovy ceny, člověk s mimořádným smyslem pro někdy drastický humor a nadto vědecký vizionář, tehdy pronesl přednášku nazvanou Na dně je přece spousta místa.*

Dnem měl na mysli rozměry pohybující se v miliardtinách metru neboli v nanometrech.

Feynman se hned na začátku se zeptal, zda by bylo možné napsat všech 24 svazků Britské encyklopedie na hlavičku špendlíku. Jeho přednáška se považuje za zrod nového vědeckého a technologického směru, jemuž se říká nanotechnologie. Tedy pochopení a využití událostí ve světě, jehož rozměry jsou miliardtiny metru. Nanotechnologie změní svět způsobem, který si dnes většina lidí představit nedokáže. Nové materiály, neviditelné roboty – a také počítače založené na vlastnostech DNA. Jistě jste slyšeli o problému obchodního cestujícího. Má navštívit sedm měst tak, aby jeho cesta byla nejúčelnější možnou, v žádném městě nesmí být dvakrát. Leonard Adleman z jihokaliifornské univerzity to dokázal s DNA počítačem už roku 1994. Což byl začátek.

Jaký je princip? DNA je molekula kódující a přenášející dědičnou informaci. V jádru každé tělesné buňky je svinuté její vlákno. Kdybyste je vytáhli, měřilo by skoro 2 metry. Tvoří je 3 miliardy »písmen«. Takže obrovské množství informace svinuté v kouličky, jejíž průměr je 20 miliontin metru.

Naše počítače pracují s nulami a jedničkami. DNA pracuje se čtyřmi »písmeny« – A, T, G, C. Písmena odpovídají molekulám adeninu, thyminu, guaninu a cytosinu. Jedno písmeno odpovídá 0,35 nanometru vlákna: a jsme u Feynmanova dna. Jedno písmeno jde chápat jako jeden bit informace. Jaké mají DNA počítače praktické užití? Zatím žádné. Rodí se. V budoucích letech bude možné vstříknout soubor těchto biopočítačů nejprve do pokusného zvířete, pak do člověka. Tam doslova očíhají místní geny a jejich činnost. Zjistí-li odchylky, například vývoj zhoubného nádoru, činnost popleteného genu zablokují.

## Závěrečné slovo

*Jaké je poselství? Informace je univerzální. Je lhostejné, zda ji zpracovává mikročip nebo molekula DNA. Na lidech záleží, co z toho bude. Což je věčné dilema.*

## Bez vizionářů by byl svět chudší

Nevezmu-li v úvahu filosofa, milence, teologa, mystika a spisovatele Ramóna Llulla (1232–1315) z ostrova Majorcy, jenž vytvořil mechanickou pomůcku, dokazující platnost křesťanské víry, tvořenou otočnými papírovými kruhy, na nichž byly náboženské pojmy, takže měl potíže s inkvizicí a papeži, jsou s počítači spjati nejméně dva vizionáři, jeden pozoruhodnější než druhý.

Charles Babbage (1791–1871) byl anglický matematik, filosof, vynálezce a inženýr. První podobu jeho počítače tvořilo 25 000 částí, stroj vážil 13 600 kg, jeho výška byla 2,4 m. Cílem byl stroj, jenž by bezchybně počítal matematické a astronomické tabulky. Jeho základní architektura je shodná s dnešními počítači. Babbage ho nedostavěl. Zdokonalený Babbagův počítač jménem Diference Engine No2. se podařilo dostavět podle původních plánů až v roce 1991 – a fungoval.

Následovala konstrukce dalších, složitějších strojů, jimž Babbage říkal Analytical Engine, což není jediný stroj, ale celá řada nedokončených projektů, na nichž Babbage pracoval až do své smrti.

Analytical Engine bylo možné programovat – užitím dřevěných štítků.

Čímž se dostávám k druhé postavě příběhu – Augustě Anně Kingové, hraběnce Lovelaceové (1815–1852).

Augusta Anna byla Augusta Ada Byronová, jediné legitimní dítě snad největšího bouřliváka první polovi-

ny 19. století, samotného Lorda Byrona (1788–1824), muže, o němž Lady Karolina Lambová napsala, že je »mad, bad a dangerous to know«.

Česky to tak krásně nezní: »Je šílený, špatný a známý s ním je nebezpečná.«

Jméno Ada dal své dceři Byron sám. Ale nestaral se o ni. Adě bylo 5 týdnů, když ji i s matkou opustil. Ada ho nepoznala, když zemřel, bylo jí devět let; matka ji proti otci doslova štvála – celý život.

V dětském věku Ada často a těžce stonala, tak těžce, že prožila na lůžku téměř rok a pak chodila o berlích, byť s odstupem téměř dvou století nevíme, co byly choroby a co doporučení lékařovo.

Něco zlého k něčemu dobrému: v Byronově rodu byla řada členů duševně nemocných, Byron sám svému okolí připadal, slušně řečeno, mimo normu už tím, že byl bisexuál podezřelý ze všech dalších možných hříchů včetně incestu. Nadto se kamarádil s italskými karbonáři, spiklenci bijícími se s Rakouskem za italskou svobodu, a ještě ke všemu se odebral do Řecka bojovat s Turky. Zemřel tam, hloupě, buď na malárii nebo na sepsi způsobenou nesterilním pouštěním žilou. Ale předtím dokázal přeplavat Hellespont. Řekové ho považují za národního hrdinu.

Matka byla přesvědčena, že dědičnému ovlivnění dcery z otcovské větve zamezí posílením jejího rozumu. Nebylo lepší posilování rozumu, soudila matka, než matematika. V sedmnácti letech bylo zřejmé, že Ada má matematický talent. Matematika ji zajímala i poté, co se provdala a stala matkou tří dětí, ve viktoriánské společnosti něco zcela neobvyklého. Matematikou se zabývala až do smrti. Zemřela ve svých 36 letech na zhoubný nádor dělohy poté, co jí lékař pustil žilou.



S Charlesem Babbageem se Ada seznámila 5. června 1833, bylo jí tedy necelých osmnáct let. Stýkali se a psali si. Babbage obdivoval její intelekt. Adu nazval »kouzelnice čísel«.

Byla to Ada, jeden z několika lidí, kteří plně pochopili Babbageova génia a vizi – Ada vymyslela programování Babbageových strojů, je pravděpodobné, že ji napadly i děrné štítky.

Ada byla větší vizionář než Charles Babbage. Ten se držel svých strojů. Adu patrně napadlo, že by »stroj mohl skládat jakkoli složité a dlouhé, propracované a vědecké hudební skladby«, což je sice věta z Babbageovy pozůstalosti, Babbage ji neuveřejnil, ale styl prozrazuje Adu, která kromě matematického talentu byla nadaná i literárně.

## O povaze informace

Než přejdu k dalšímu vyprávění o počítačích, řeknu něco o povaze informace. Vyprávět o ní budu proto, že počítače nejsou ničím jiným, než stroje, které mají usnadňovat práci s informací.

Představte si, že posloucháte sonátu, kterou pianista hraje živě, a to z listu.

Co se při tom děje?

Skladba byla zaznamenána na notový papír.

Když pro jednoduchost pomínu funkci několika druhů paměti a emotivitu, pak pianistův mozek notový záznam svým zrakovým systémem rozliší, zpracuje a převede do pohybů, které prostřednictvím kláves rozezvučí struny klavíru.

Kmitání strun vytvoří akustické vlnění ve vzduchu, které narazí na vaše ušní bubínky, jež se rovněž rozkmita-

jí, a to úměrně tomu, co na ně dopadlo. Vlnění bubínku se přenese na pákové zařízení tvořené středoušními kůstkami. Výsledkem jejich pohybu je vlnění tekutiny ve vašem levém i pravém vnitřním uchu společně s membránou, na níž jsou buňky sluchového čidla, vláskové buňky.

Vláskové buňky převedou mechanické kmity kapalniny vnitřního ucha do řeči nervových vzruchů. Nervové vzruchy, což jsou vlny poklesu napětí v obalech nervových vláken, se šíří mozkovým kmenem (tam se »přepojují« v mnoha skupinách nervových buněk) do závitů mozkové kůry, který leží na povrchu spánkových laloků, jmenuje se Heschlův a je tvořený primární sluchovou kůrou. Primární proto, že do ni akustické informace dospějí jako první. Vzápětí se rozšíří do sousedních a vzdálených oblastí mozkové kůry, která:

- vypočte, že jde o hudební, nikoli jiné zvuky;
- vypočte jejich výšku, barvu i rytmus (slovo »vypočte« je metafora jen do jisté míry; výpočetní neurověda, neboli computational neuroscience, předvádí nádherné modely počítajících neuronů);
- porovná to se záznamy ve zvukové paměti;
- popovídá si s citovým mozkiem, takže pocítíme libost, nelibost, nebo je nám to jedno;
- popovídá si s částí mozku odpovědnou za orientovanou pozornost, takže ji věnujeme poslouchaným zvukům, méně nebo vůbec ne čemukoli dalšímu;
- popovídá si s částí mozku odpovídající za sebe-uvědomování, tím pádem zjistíme, to jsem »já«, kdo poslouchá.

A když se všechno povede a jsme-li náhodou také muzikanti a zaznamenáme, co jsme slyšeli, na notový papír, pak se bez ohledu na média,

což byl notový papír, činnost mozku a pohyby rukou klavíristy, kmitání strun klavíru, kmitání zvukových vln,

činnost středního a vnitřního ucha, jakož i mozku posluchače

a bez ohledu na kódování, což byl písemný záznam, neuronální kód, mechanické, akustické a opět mechanické vlnění, znovu neuronální kód a znovu písemný kód,

objeví více nebo méně přesně to samé, co bylo na původním notovém záznamu.

V ideálním případě by byly původní a výsledný notový záznam totožné.

Podoba neboli forma hudby proputovala řadou médií a několika kódy, nicméně zůstala stejná.

To je *in-formace* a její tok.

Informace je tedy přenos neboli komunikace formy z jednoho prostředí do jiného prostředí.

A protože se forma týká nějakých vztahů – filosof Ludwig Wittgenstein poznamenal, že si nelze představit uvažování o jakémkoli objektu, aniž bychom uvážili možnosti jeho vztahů k jiným objektům –

platí, že informace je komunikace vztahů.

## Zmenšit, zrychlit!

Srdcem počítačů jsou mikročipy.

»Zmenšit, zrychlit!« jsou pravděpodobně jediná dvě slova, která bere každý architekt mikročipů vážně. Gordon Moore, jenž založil společnost Intel, v roce 1965 předpověděl, že se počet prvků vkládaných do mikročipu bude zdvojnásobovat každých 18 měsíců. Vyšlo mu to, mluví se o Mooreově zákonu. Počítače se proto staly zbožím, jehož hodnota trvale stoupá a cena ve vztahu k výkonu stejně trvale a nadto dramaticky klesá. Jenže to má fyzikální meze. Zmenšování a zrychlování na ně

dřív nebo později narazí, což bude mez vývoje klasických počítačů, která je za obzorem.

### **Jak ji překonat?**

Podívat se do živé přírody na DNA, deoxyribonukleovou kyselinu. Jestli je něco nabitého informací, pak je to DNA. Nadto s ní dokáže pracovat podstatně rychleji než nejvýkonnější lidské počítače. Svědkem je vaše vlastní existence, vznik vašich dětí, stejně jako pouhá obnova vaší kůže nebo výstelky trávicí trubice, existence a vývoj všech dalších podob života.

Biočipy, které tuhle schopnost dokážou využít, jsou v plenkách. Nicméně jejich tvůrci dobře vědí, že DNA dokáže ukládat mnohomiliardkrát víc informací než počítač, který máte na stole.

Připadá to někomu zvláštní? Jak jinak by živé systémy dokázaly všechno to, co vidíme denně a připadá nám samozřejmé?

Leonard Adleman, počítačový vědec, byl mezi prvními, koho napadlo, že by se DNA dala využít při řešení složitých matematických problémů. Ukázal to na známém matematickém problému obchodního cestujícího, jehož úkolem je najít nejkratší cestu mezi mnoha městy tak, že každé z nich projede jen jednou. Adleman řešil, jak nejkratším možným způsobem proputovat sedmi městy.

Člověk s tužkou a papírem by otázku vyřešil za chvíli, počítač dříve, než se nadechneme, zato DNA počítač – hanba povědět.

Adlemanovi trvalo odstranění chybných odpovědí několik dnů.

Druhý problém? U reakce pořád musel někdo být a hlídat ji.

A další krok?

První logický obvod založený na činnosti DNA se povedlo vytvořit tři roky po Adlemanově pokusu. DNA logické obvody pracují s genetickým kódem stejně, jako pracují běžné křemíkové mikročipy s elektrickými signály. Například spojí dva kousky DNA podobně, jako je možné spojit dvě součástky stavebnice Lego můstkem tvořeným třetí součástkou.

Co jsou zásadní výhody DNA počítačů?

DNA je na Zemi prakticky nevyčerpatelné množství – dokud bude existovat život. DNA je proto velmi levný zdroj, nadto v porovnání s materiály, z nichž se vyrábějí mikročipy, není toxická.

DNA počítače jsou mnohem menší než dnešní počítače. Objem DNA počítače, jehož výpočetní mohutnost překonává nejvýkonnější dnešní počítače, je pouhý kubický centimetr. V časové jednotce zvládne 10 trilionů kalkulací. Přidáte-li další DNA, zvládne jich víc.

Problém nastane ve chvíli, kdy začnete přemýšlet dál.

## Absolutní počítač

Dostanete se totiž do hlubin, které v současnosti, alespoň pro mne, nemají dno.

Například:

Jak známo, teorie klasické informace říká, že se stavy jednotlivých částí třeba zrněk soli v pytlíku, nervových buněk mozku, stejně jako stavy mikročipů počítače, neboli stavy každého fyzikálního systému, dají popsat jako ano/ne, lépe 0/1.

Změnám těchto stavů informatici říkají počítání, v jazyce anglickém computation.

Víte, proč jsem před chvílí vyprávěl o Mooreovu zákonu? A jeho mezích? Mooreův zákon je výraz geniality některých lidí, nikoli fyzikální zákon. Existuje nějaká mez, na které se Mooreův zákon zhroutí?

Nemyslím technologickou mez, ale konečnou, nepřekročitelnou fyzikální mez vystavenou přírodou?

Přesně tuhle otázku si před časem položil Seth Lloyd, fyzik Massachusettského technologického institutu.

Spočítal vlastnosti teoretického přístroje, jehož hmotnost je jeden kilogram a objem jeden litr, tedy přibližně stejně velkého a těžkého jako je notebook. Nazval jej konečný počítač – tím měl na mysli něco jako absolutní – a zkusil určit fyzikální meze jeho výpočetních schopností.

Praktickými technickými problémy se Lloyd nezabýval. Uvažoval přesně tak, jak to ryzí teoretici dělají.

K úvahám užil základní fyzikální veličiny:

- rychlost světla, považovanou za mezní rychlost ve vesmíru;
- Planckovu konstantu, která říká, jak malý může být nejmenší jev;
- dále gravitační konstantu vypovídající o přitažlivosti
- a Boltzmanovu konstantu, nutnou pro určení vztahu mezi kapacitou paměti, počtem operací za sekundu, teplotou a entropií.

Kdyby vám jeho mašinku náhodou přece jen někdo nabídl, nezapínejte ji doma. Je pravda, že by při Lloydově zadání za sekundu zpracovala  $5,4258 \times 10^{50}$  elementárních logických operací, a to přibližně na 1031 bitech, tedy nulách nebo jedničkách, takže by byla  $10\,000 \times$  trilion  $\times$  trilion  $\times$  trilionkrát rychlejší, než je nejnovější Pentium 4. Nevýhodou však je, že by pro zevního pozorovatele při tomto výkonu vypadala jak exploze termojaderné zbraně, případně maličký kousek Velkého třes-

ku, události, při které podle většiny kosmologů vznikl náš vesmír.

Až sem pracoval Lloyd s objemem jednoho litru.

Rychlost, s jakou si mohou vzájemně povídat jednotlivé prvky Lloydovy mašinky, je omezena rychlostí světla. Jak by se dala činnost konečného počítače zrychlit?

Prostě. Začnete ho zmenšovat. Takže ho spolu s Lloydem zmenšujete a zmenšujete – tím pádem i stlačujete – až se natolik přiblížíte nejmenším možným rozměrům v přírodě, že překročíte jistou hranici a z Lloydovy mašinky se stane malinká černá díra.

Počítat sice může, zda to bude něco platné, se neví. Je známo, že černé díry informaci hltají. Mluví se o tom, že černé díry mohou něco vyzářovat. Ale zda to bude mít hlavu a patu a nějaký vztah k tomu, co snědly, známo není. Stephen Hawking si myslel, že nikoli. Se svým vědeckým oponentem v tomto směru dokonce uzavřel sázku, zda změnil později názor, známo není.

Připadá vám Seth Lloyd velkorysý?

Byl to jen začátek.

Dal se totiž do další práce. Za konečný počítač začal chápat celý vesmír. Pokusil se spočítat, jaká je jeho výpočetní kapacita, a to od chvíle, kdy vznikl – tedy od Velkého třesku. Ukazuje se, že by počítač simulující v každé podrobnosti vesmír musel být budulínek obsahující  $10^{90}$  bitů.

Lloydův kosmický počítač – vesmír sám – by s tímto počtem bitů musel zvládnout  $10^{120}$  elementárních logických operací.

Co by vesmír vlastně počítal?

»Svůj vlastní dynamický vývoj,« odpovídá Lloyd, »konečným internetem je časoprostor.«

Vesmír coby superpočítač?

Má Lloyd pravdu?

Těžko říci. Kdyby ji měl, znamenala by převrat fyziky.

Vůdčí osobnosti oboru jsou skeptické. Například Lee Smolin, kosmolog, spoluvůrce hypotézy, podle níž jeden vesmír pučí z druhého podobně, jako to dělají nezmaří, má za to, že by se Lloyd mohl dopouštět omylu v kategorii – zaměňovat klasickou informaci našeho běžného světa za kvantovou informaci, jejíž pravidla chování jsou zcela odlišná.

Což je docela dobře možné.

### **Kvantová karta aneb další vyprávění o informaci**

John Archibald Wheeler (1911–2008), americký fyzik a genius, řekl:

»It from bit.«

Vesmír je z informace.

A dodal:

»Žádná teorie fyziky, která užívá jen fyziku, nedokáže fyziku vysvětlit. Mám za to, že na své pouti za pochopením vesmíru se současně snažíme pochopit člověka... Fyzikální svět je v jistém hlubokém smyslu spjat s lidskou bytostí.«<sup>[P1]</sup>

Co mohl mít na mysli?

Hrajete karty? Zkusili jste někdy postavit kartu na užší hranu?

Kdybyste měli dokonale rovný stůl, který se nezačhvěje, dokonale vyváženou kartu, do které nic nefoukne, otočí se karta s vaším stolem, domem i s vámi a společně se ze Zemí jednou za den a noc kolem zemské osy, jednou za rok se Zemí oběhne Slunce, s celou sluneční soustavou bude putovat v naší Galaxii, spolu s Galaxií se bude vzdalovat od jiných galaxií...