

martin mojžiš tri hlavy draka



veda z časopisu .týždeň

veda z časopisu .týždeň

martin mojžiš tri hlavy draka

© Martin Mojžiš, Vydavateľstvo W PRESS, 2014
Grafický dizajn © Grafit3, 2014
Ilustrácia na obálke © Peter Klúčik

ISBN 978-80-971196-4-5



Obsah

Namiesto úvodu _____ 11

Päťkrát o uhlíku

Tuha a diamant _____ 17

Najlepšia stavebnica _____ 21

Neočakávané hodinky _____ 24

Hviezdny prach _____ 28

Uhlie _____ 31

Päťkrát o vesmírnej temnote

Temný vesmír _____ 35

Temná hmota _____ 39

Čierne diery _____ 43

Čierne teleso _____ 47

Temná energia _____ 51

Päťkrát o fyzikálnych veličinách

Rýchlosť _____ 55

Hmotnosť _____ 59

Teplota _____ 63

Energia _____ 67

Entropia _____ 71

Päťkrát o zraku

Prečo nevidíme akordy? _____ 75

Sledujúce oko _____ 79

Magické oko _____ 83

Tvary a tváre _____ 88

Vidieť a vedieť _____ 92

Päťkrát o umelých jazykoch

Programovacie jazyky _____ 97

Posunková reč _____ 102

Reč vznešených elfov _____ 106

Jazyky planetoidu Thetis _____ 111

+ Fenomén Lukeš _____ 115

Slovenčina _____ 119

Pätkrát o zlate

Zlatá farba _____	123
Zlatá koruna _____	127
Zlatá horúčka _____	131
Zlatá vrstvička _____	135
Zlatý štandard _____	139

Pätkrát o pravdepodobnosti

Monty Hallova úloha _____	143
+ Návrat ku Kleofášovi _____	147
Zákon malých čísiel _____	151
Labuť a zvon _____	155
Náhoda a nevyhnutnosť _____	161
Kvantová mechanika _____	165

Pätkrát o škole

Čo všeličo by sa dalo _____	169
Mastný chlieb _____	173
Slaná voda _____	176
Plochá Zem _____	181
Skvelý nástroj _____	185

Pätkrát o chuti

Sladká _____	189
Slaná _____	193
Kyslá _____	197
Horká _____	201
Umami _____	205

Pätkrát o krajine

Harlen Bretz a stopy potopy _____	209
Albert Einstein a meandre riek _____	213
Victor Weisskopf a výška hôr _____	217
Galileo Galilei a mesačná krajina _____	221
Jakabovič, Tkáč a Tatry _____	226

Namiesto úvodu

Názov tejto knihy vymyslel Vlado Burjan. Predchádzajúce dve knihy sa volali *Jeden výdych koňa* a *Dva hrby ťavy*. Keď sme sa krátko po vydaní tej druhej náhodou stretli v Artfore, Vlado mi povedal, že už asi vie, ako sa bude volať tretia kniha. „No ako?“ spýtal som sa. A on, reku, že „Tri hlavy draka“. Uzanlivo som skonštatoval, že je to výborný tip, ale že sa predsa len zmýlil. Prezradil som mu, že kniha sa bude volať Tri pagaštany konské (mal som pocit, že táto variácia na *Tri gaštanové kone* od Margity Figuli je celkom vtipná a pritom v duchu názvov prvých dvoch kníh). Až o nejaký čas mi došlo, že ten, kto sa zmýlil, som bol ja.

Ak by sa kniha volala Tri pagaštany konské, základnou témou tohto úvodného textu by bola otázka: Čo majú gaštany spoločné s koňmi? Je to celkom zaujímavá otázka s celkom zaujímavou odpoveďou. Gaštany totiž majú určité farmakologické účinky, ktoré sa v minulosti využívali pri liečbe dýchavičnosti koní. Začiatok knihy by teda obsahoval na jednej strane stredoveké reálie koní a liečivých lektvarov, a na strane druhej prvky modernej farmakológie a fyziológie. Prepojenie dvoch značne odlišných svetov – stredovekého a moderného – by zrejme poskytovalo dostatočný materiál pre rôznorodé variácie na základnú tému tejto aj predchádzajúcich dvoch kníh. Tou témou je veda a jej schopnosť poskytovať pútavé, a pritom zrozumiteľné odpovede na mnohé celkom obyčajné, ale aj všelijaké zvláštne, či dokonca úplne neočakávané otázky. Lenže nakoniec to gaštany a kone s tými drakmi prehrali. Názov s drakmi sa totiž k predchádzajúcim dvom knihám hodí viac a navyše ponúka oveľa zaujímavejšiu otázku: Odkiaľ pochádzajú draci a prečo majú tri hlavy?

Na prvý pohľad by sa mohlo zdať, že takáto otázka je pre knihu o vede úplne nevhodná. Veď draci predsa neexistujú, takže akékoľvek zvláštnosti ich anatómie sú len prejavom našej fantázie. A čo už sa len dá vedecky skúmať na fantastických bytostiach? Všetličo.

Takže, čo nám môže veda prezradiť o pôvode a trojhlavosti drakov? Začnime s literárnou vedou, ktorá nám v prvom rade hovorí, že trojhlaví draci sú oveľa zriedkavejší, než si my v strednej Európe myslíme. Z dvoch základných typov drakov sú východní draci takmer všetci jednohlaví. A aj u západných drakov prevláda jednohlavosť, hoci tu sa vyskytujú – najmä v slovanskej literatúre – aj viac-hlavé mutácie.

To, že mnohí svetoví draci sa výrazne líšia od drakov z našich rozprávok, je pomerne dôležité. Pretože až keď si uvedomíme, že draci sa vyskytujú v mýtoch a legendách rôznych historicky a geograficky veľmi vzdialených kultúr, vyvstane zrazu pred nami úplne kľúčová otázka: Odkiaľ sa všetci tí draci vzali? Ako je možné, že zhruba rovnaká predstava vznikla vo fantáziách ľudí, ktorých od seba delili tisícky rokov a desiatky tisíc kilometrov?

Kým začneme uvažovať o tejto otázke, treba ju trochu upresniť. Konkrétne treba upresniť slovo „zhruba“ v slovnom spojení „zhruba rovnaká predstava“. Jednotliví draci sa totiž na seba podobajú často len veľmi vzdialene. Východní draci, ktorých typickým reprezentantom je drak čínsky, sú múdri a dobrí. Západní draci, ktorých typickým reprezentantom je drak zabitý svätým Jurajom, sú naskrz zlí. Východní draci majú podlhovasté telo pripomínajúce hada, západní majú telo jaštera. Jedni aj druhí vedia lietať, krídla však majú len tí západní. Východní lietajú bez krídiel.

Prečo sa napriek týmto zásadným rozdielom volajú rovnako? No, oni sa rovnako nevolajú – po čínsky sa drak nepovie drak, to len my to tak prekladáme. Ale prečo to tak prekladáme? Pretože napriek všetkým rozdielom majú tieto mýtické bytosti niekoľko spoločných znakov, a práve tie považujeme za určujúce. Všetci draci sú veľkí a mocní, majú telo a hlavu plazov (či už hadov alebo jašterov), vedia lietať a majú všelijaké nadprirodzené schopnosti.

Tak, a teraz, keď sme si vyjasnili, čo vlastne pod drakom rozumieme, môžeme sa vrátiť k otázke, kde sa vlastne tí draci nabrali. Jedna celkom prirodzená hypotéza hovorí, že idea draka vznikla pôvodne na jednom mieste a odtiaľ sa rozšírila do celého sveta. Za najpravdepodobnejší pôvod vzniku sa v rámci tejto hypotézy považuje Čína, odkiaľ sa draci mohli rozšíriť jednak cez Kóreu až do Japonska, a jednak cez Indiu, Perziu a Egypt až do Európy.

Čo na túto hypotézu hovorí veda? Porovnávací literatúra má príliš málo zdrojov na to, aby mohla vyniesť nejaký jasný verdikt. Draci sa totiž objavujú už v najstarších mýtoch odovzdávaných dlhé stáročia len ústnou tradíciou. Čiže ak aj k opísanému šíreniu idey draka naozaj došlo, v písomných prameňoch po tom nie sú žiadne zreteľné stopy. Takže sme odkázaní na archeológiu a vyobrazenia drakov na rôznych artefaktoch. Ani archeologické nálezy však neposkytujú dostatočné podporné argumenty pre hypotézu o jednej pravlasti drakov.

Napriek tomu majú vedci hrabúci sa v zemi k otázke pôvodu drakov čo povedať. Akurát, že nie archeológovia, ale paleontológovia. Od paleontológov vieme, ako vyzerali dinosaury, a každý, kto niekedy videl obrázky drakov aj obrázky dinosaurov, zrejme uzná, že sa na seba značne podobajú. Na obrázky dinosaurov sa pritom pozeráme ako na obrázky niečoho skutočného (hoci dávno vyhynutého), zatiaľ čo obrázky drakov považujeme za výplod fantázie. V skutočnosti sú výplodom fantázie jedny aj druhé, podstatný rozdiel však spočíva v tom, že v prípade dinosaurov je obrazotvornosť striktné viazaná výsledkami vedeckého výskumu.

Čo všetko vedia o vzhľade vyhynutých dinosaurov zistiť paleontológovia? Tak v prvom rade vedia zostaviť úplné sady kostí jednotlivých druhov, čo je oveľa viac roboty, než si bežný človek predstavuje (nálezy kompletných kostier sú totiž veľmi zriedkavé, a tak treba trpezlivo skladať jednotlivé kosti nájdené na mnohých rôznych miestach). Z týchto kostí potom vedia na základe anatómie súčasných zvierat zložiť celkovú kostru, respektíve jej najpravdepodobnejší variant. Potom – opäť na základe analógie s anatómiou dnešných zverov – hľadajú čo najprirodzenejšie upevnenie svalov na túto kostru. A nakoniec pridávajú zvonku viditeľné detaily ako pazúry, šupiny, ostne, blany, rohy a podobne.

A teraz si predstavme, že by po náleze lebečných kostí nejakého z veľkých dinosaurov nenasledovala celá tá zdĺhavá práca paleontológov, ale rovno by nastúpila fantázia rozprávača alebo maliara. Čo by sme tak asi dostali? Podľa jednej z najrozšírenejších hypotéz o pôvode drakov by sme dostali – drakov.

Nie je to neprirodzená hypotéza. Dokonca je značne pravdepodobné, že na kosti dinosaurov narazili ľudia na rôznych miestach zemegule už v prehistorických dobách. A je skoro isté, že ak na takéto kosti narazili, muselo to v nich zanechať hlboký dojem. Nevšedný zážitok z nálezu potom zrejme zaujal veľmi čestné miesto v ústnej tradícii a časom aj v mytológii príslušnej kultúry. Ak je to tak, potom sú draci výsledkom dávnej intuitívnej rekonštrukcie podoby dinosaurov.

Takýto scenár poskytuje aj celkom prirodzené vysvetlenie trojhlavosti niektorých drakov. K tomu by stačil nález niektorého z takzvaných masových hrobov s pozostatkami viacerých dinosaurov (dnes poznáme viac takých nálezísk). Lebky niekoľkých dinosaurov nájdené na jednom mieste mohli ľahko viesť k predstave viac-hlavého tvora. Takto mohla vzniknúť napríklad deväťhlavá antická hydra alebo trojhlavý ruský Gorynič.

Antické texty nám však ponúkajú aj úplne iné, a pritom tiež celkom prirodzené vysvetlenie. Draci sa podľa tohto vysvetlenia nevyvinuli z dávno vyhynutých tvorov, ale skôr z tvorov, s ktorými sa stretávame ešte aj dnes. Asi najvýznamnejší je z tohto hľadiska citát z kapitoly o slonoch v diele *Naturalis historia* od Plínia staršieho

Najväčšie slony sa vyskytujú v Indii, kde žijú aj draci, ktorí sú s nimi v permanentnom konflikte. Draci sú takí veľkí, že sa ľahko okolo slona obtočia a spútajú ho. V tomto boji zahynú jeden aj druhý: porazený slon spadne mŕtvy na zem a svojou váhou zadlávi draka, ktorý je okolo neho ovinutý.

Plínius používa slová *elephantos* a *dracones*, takže tento citát vnímate naozaj ako opis súboja slona s drakom a nad takouto zdanlivo absurdnou báchorokou zrejme len mávneme rukou. Ak sa však na celú vec pozrieme očami jednak lingvistiky a jednak zoológie, zistíme, že je v nej oveľa viac cennej informácie, než to na prvý pohľad vyzerá.

Tak v prvom rade lingvistika. Tá nám hovorí, že latinské slovo *draco*, z ktorého zrejme pochádza anglické slovo *dragon* aj naše slovo *drak*, neznamenal draka, ale hada. Plínius teda nehovorí o veľkých drakoch, hovorí o veľkých hadoch. Nuž a zoológia k tomu dodáva len toľko, že Plíniiov opis sa veľmi dobre hodí na pytónov a spôsob ich lovu (aj keď časť o pravidelnom zadlávení pytónov slonmi je zjavne prehnaná).

Tým sa dostávame k druhej najrozšírenejšej hypotéze o pôvode drakov: vyvinuli sa z veľkých hadov postupným preháňaním a pridávaním bizarných detailov. Lingvistické stopy po takomto vývoji môžeme vidieť nielen v spomínanom latinskom *draco*, ale aj v slovanských označeniach drakov slovami pochádzajúcimi z pomenovaní hadov (zmej, zmij, žmij).

Ako sa mohli veľké hady vyvinúť na drakov? Ako im pribudli krídla, nadprirodzené schopnosti a ďalšie hlavy? Nuž, s tými krídlami sa to javí celkom jednoduché. V kresťansko-židovskej kultúre je had výrazne spojený so Satanom a krídla nie sú u tohto padlého anjela ničím neočakávaným (v Číne bola inšpiráciou k hadovi-drakovi lietajúcemu bez použitia krídiel pravdepodobne dúha vnímaná ako nebeský had).

Nadprirodzené schopnosti sú tiež celkom prirodzené. U Satana budú určite zlé a u čínskeho draka – božstva zviazaného s vodou a dažďom – asi skôr dobré. A viac hláv? Nuž, ľudia čas od času prichádzali do styku

s dvojhľavými tvormi (ako príklady z nedávnej minulosti uvedme dvojhľavé teliatko vystavené v Slovenskom národnom múzeu, dvojhľavú ovcu z expozície na Oravskom hrade alebo dvojhľavú užovku zo ZOO v Jalte). Takáto bizarnosť sa k drakom asi celkom hodila, ale či pochádzajú ich tri hlavy naozaj z tohto zdroja, na to nám veda uspokojivú odpoveď nedáva.

Teda, pravdu povediac, v problematike drakov veda celkove neponúka nijaké definitívne odpovede. A ani sa o to nesnaží, veď – priznajme si to – otázka pôvodu drakov a ich troch hláv nepatrí medzi najpálčivejšie otvorené vedecké problémy súčasnosti (v každom prípade asi nie je jednoduché získať na túto tému vedecký grant). Napriek tomu majú rôzne vedecké disciplíny čo povedať aj k tejto zdanlivo celkom nevedeckej téme. Literárna veda, dejiny umenia, archeológia, paleontológia, lingvistika či zoológia (ale aj antropológia či psychológia, o ktorých sme nehovorili) dokážu aj takúto tému nasvietiť z rôznych strán a vždy je to nejakým spôsobom poučné.

Vôbec pritom nevádi, že sme sa nakoniec uspokojivej odpovede na otázku „Prečo majú (niektorí) draci tri hlavy?“ nedočkali. Veda nie je zbierkou hotových odpovedí, veda je poctivým hľadaním odpovedí. A to hľadanie je niekedy ešte pútavejšie a vzrušujúcejšie ako tie odpovede.

A to je vlastne všetko, čo sme chceli týmto úvodným textom povedať. Veda dokáže byť zaujímavá, mnohé z nej dokáže pochopiť aj laik a toto pochopenie – aj keď často neúplné – má potenciál prinášať potešenie. O sprostredkovanie takéhoto potešenia sa snažíme už desať rokov v rubrike .veda časopisu .týždeň. Táto knižka prináša desiatku 5-článkových sérií z uvedenej rubriky (ide o tretiu desiatku takýchto päťíc, prvé dve vyšli v už spomínaných knihách *Jeden výdych koňa* a *Dva hrby ťavy*). Texty z tejto knižky vyšli v .týždni v rokoch 2008 až 2010, výnimku tvorí len séria Päťkrát o chuti a jeden článok v sérii Päťkrát o zraku, ktoré sú o čosi mladšie.

V predchádzajúcich dvoch knihách sa úvody končili poďakovaním, a nebude tomu inak ani tentoraz. Pri výrobe tejto knihy som zažil niečo, o čom som bol vždy presvedčený, že je možné, ale zároveň som vedel, že je to len zriedkavé a vzácne. Hovorím o skutočnej spolupráci všetkých zúčastnených, o vzájomnej úcte a inšpirácii, o ľudskom pokoji a tvorivom nepokoji, o skvelej atmosfére a zdieľanej radosťi z postupne vznikajúcej veci. Som za to veľmi vďačný.

Päťkrát o uhlíku

Tuha a diamant

K lúpežným prepadnutiam papierníctiev a krádežiam tuhy dochádza pomerne zriedkavo. Lúpežné prepadnutia klenotníctiev a krádeže diamantov sú oveľa častejšie. Zvláštne, veď predsa jedno aj druhé je uhlík.

Čistý alebo takmer čistý uhlík sa v prírode vyskytuje v dvoch formách, ktoré sú také odlišné, že už odlišnejšie hádam ani byť nemôžu. Diamant je jasný ako deň, tuha je čierna ako noc. Diamant je najtvrdší prírodný materiál, tuha jeden z najmäkších. Diamanty sa používajú na výrobu extrémne drsných brúsnych povrchov, tuha sa používa ako mazivo. Z hľadiska vedenia elektrického prúdu je tuha dobrý vodič, diamant je úplný nevodič. Z hľadiska vedenia tepla je tuha tiež dobrý vodič a diamant je najlepší vodič na svete. Naozaj, tepelná vodivosť diamantu niekoľkonásobne prevyšuje tepelnú vodivosť striebra, ktoré je držiteľom striebornej medaily v tejto kategórii. Tuha aj diamant sa pritom skladajú z celkom rovnakých atómov. Tak v čom je ten rozdiel? Rozdiel je v tom, ako sú tie atómy usporiadané.

Diamanty a gaštany

Atómy sa skladajú z jadra a elektrónov. Nie vždy sa však dá jasne povedať, ktorý elektrón patrí ku ktorému atómu. Často je to tak, že niektoré elektróny patria v niejakom zmysle súčasne viacerým atómom. A práve

takéto zdieľanie elektrónov tvorí podstatu chemickej väzby. Pod chemickou väzbou si väčšina z nás predstaví väzbu atómov v molekulách. Nie všetci si uvedomujeme, že takéto väzba drží na svojich miestach aj atómy v kryštalických mriežkach a tým určuje mnohé vlastnosti tuhých látok.

Atóm uhlíka má šesť elektrónov, z ktorých štyri majú schopnosť „byť zdieľané“ s iným atómom. Elektrónom s touto schopnosťou sa hovorí valenčné elektróny. Ich počet určuje chemický charakter jednotlivých atómov. O mnohých vlastnostiach látok však nerozhoduje len počet, ale aj priestorové rozloženie týchto elektrónov (poznámka pre znalcov: pod rozložením elektrónov myslíme, samozrejme, tvar ich vlnovej funkcie).

V kryštáloch diamantu sú štyri valenčné elektróny každého atómu uhlíka rozložené tak, že to pripomína akúsi trojnožku, ktorej štvrtá noha smeruje kolmo hore. Všetky štyri nohy sú pritom úplne rovnocenné – ak celú vec postavíme na ktorékoľvek tri nohy, vždy vyzerá rovnako.

Celý vtíp diamantu spočíva v tom, že takéto štvornohé trojnožky sa dajú spájať ako dieliky stavebnice. Výsledkom je symetrická štruktúra – takzvaná mriežka – v ktorej má každý atóm štyroch celkom rovnocenných susedov. Že sa to skutočne dá a ako výsledná mriežka vyzerá, to vôbec nie je na prvý pohľad zrejmé, ale dá sa to nahliadnuť pomocou matematiky alebo pomocou nejakých detských stavebníc (napríklad pomocou stavebnice z gaštanov a zápaličiek, ktorú si môže každý sám vyrobiť). A práve tejto štruktúre vďačí diamant za svoju tvrdosť.

Čo je vlastne tvrdosť? Ak vtlačáme nejaký materiál do iného, v jednom z nich často vznikne ryha. V ktorom? V tom, ktorého atómy sú ochotnejšie ustúpiť zo svojich pozícií. Všetkých nás učili, že múdrejší ustúpi, ale všetci vieme, že v skutočnosti väčšinou ustupuje slabší. Aj v kryštalických mriežkach je to tak. Najslabšie väzby sa narušia ako prvé a atómy sa začnú premiestňovať. Nuž ale v diamante niet najslabších väzieb – tam sú všetky rovnaké. To je jeden z dôvodov tvrdosti diamantu.

To, že všetky väzby sú rovnako silné, však ešte neznamená, že sú naozaj silné. Často to býva práve naopak. Napríklad keď sú všetci ľudia rovnako bohatí, tak to ešte vôbec neznamená, že sú bohatí. Na rozdiel od bohatstva však v prípade diamantu platí, že väzby medzi uhlíkmi sú nielen silné, ale dokonca mimoriadne silné.

Prečo je to tak? Aj toto je dôsledkom kryštalickej štruktúry diamantu, ale ako konkrétne tieto veci súvisia, do toho sa tu púšťať nebudeme. Musíme si nechať nejaké miesto aj pre tuhu.

Tuha a včelie plásty

Kryštalickú mriežku si možno predstavovať ako akúsi stavebnicu, ale v porovnaní s bežnými stavebnicami je tu jeden významný rozdiel. Vo väčšine stavebníc je tvar dielikov dopredu daný a tento tvar určuje možné tvary výslednej stavby. V prípade kryštalických mriežok je to tiež tak, ale zároveň je to aj naopak: niekedy určuje výsledná stavba tvar dielikov.

Kryštáliky tuhy sú tvorené takými istými atómami uhlíka ako diamant. Avšak tvar týchto atómov – čím myslíme priestorové rozloženie ich valenčných elektrónov – je iný. Tri valenčné elektróny vstupujú do hry ako rovnocenné, štvrtý sa od nich výrazne líši.

Najprv si povedzme o tých troch rovnocenných. Tie ležia v jednej rovine a ak použijeme našu analógiu s nohami, tak každé dve z týchto troch nôh zvierajú medzi sebou rovnaký uhol (120 °). Z takýchto dielikov sa dá v rovine poskladať pravidelná šesťuholníková štruktúra pripomínajúca včelí plást. A atómy uhlíka v tuhe naozaj vytvárajú takéto roviny so šesťuholníkovou štruktúrou.

A čo ten štvrtý valenčný elektrón? Je aj ten zdieľaný viacerými atómami a podiela sa tak na nejakých väzbách, alebo zostáva verný svojmu atómu? Nie, nezostáva verný, ale vstupuje len do relatívne slabých väzieb, vďaka ktorým držia pohromade jednotlivé roviny tvorené šesťuholníkovými štruktúrami. Nuž ale keďže sú väzby medzi jednotlivými rovinami také slabé, roviny sa od seba dajú ľahko oddeliť. Ak píšeme tuhou po papieri, dochádza presne k takémuto oddeleniu a z rovnakého dôvodu môže tuha slúžiť ako výborné tuhé mazivo.

To však ešte nie je o tom štvrtom valenčnom elektróne v tuhe všetko. On nielenže vstupuje len do slabých väzieb, on je v skutočnosti úplne promiskuitný. Tieto štvrté elektróny vlastne nepatria k nijakým konkrétnym atómom a sú v istom zmysle takmer voľné. Ak sa dostanú do elektrického poľa, začnú sa v ňom veľmi ochotne pohybovať a tým vedú elektrický prúd. Práve vďaka nim je tuha dobrým vodičom elektriny. V diamante, v ktorom všetky valenčné elektróny žijú v usporiadaných partnerstvách, nemá elektrinu kto viesť.

Štruktúra a vlastnosti

Takže takto je to s kryštalickou mriežkou a elektrónmi na jednej strane a s tvrdosťou či elektrickou vodivosťou na strane druhej. A ako je to s ostatnými vlastnosťami?