

.veda z časopisu .týždeň



Peter Szolcsányi

SÚKROMNÝ ŽIVOT MOLEKÚL



Peter Szolcsányi

SÚKROMNÝ ŽIVOT MOLEKÚL

.veda z časopisu

.týždeň

© Vydavateľstvo W PRESS a.s., 2016

Obálka Natália Ložeková

Grafický dizajn Daša Kosztanková, DUPLA creative

ISBN 978-80-89879-01-4

Mojim najbližším



POĎAKOVANIE

To najdôležitejšie v živote sú ľudia a vzťahy. Mal som to šťastie stretnúť v správnom čase správnych ľudí, bez ktorých by táto knižka neuzrela svetlo sveta. A veľmi rád by som sa im poďakoval.

V prvom rade Martinovi Mojžišovi, ktorý mi pred iks rokmi umožnil publikovať v časopise .týždeň moje prvé (a neskôr aj tie ostatné) popularizačné články. V tom čase som mal totiž nutkavú potrebu podeliť sa s čitateľmi o fascinujúce príbehy a pohľad na okolitý svet prostredníctvom molekúl a ich vzájomných reakcií. Napĺňalo ma to tichým vzrušením a hlučnou radosťou zároveň :-). Martin ochotne čítal moje texty, pričom jeho komentáre boli vždy užitočné a naše spoločné diskusie boli pre mňa vskutku zážitkom.

Veľká vďaka patrí Federike Homolkovej a Štefanovi Hríbovi za ich veľkorysý súhlas s vydaním mojich článkov v knižnej forme. Veľmi si to vážim, splnili ste mi jeden malý a dôležitý sen!

Je mi ctou a potešením, že knižku ilustrovala Natália Ložeková, ktorej výtvornú tvorbu dlhodobo obdivujem s úžasom neumelca. Snúbi sa v nej nevyhnutný talent s nesmiernou pracovitosťou, pričom jej zmysel pre dokonalosť je až nákazlivo inšpiratívny.

Som vďačný Martinovi za perfektné editovanie knižky, ako aj produkčnému tímu Ľudmily Jozefákovcej, Tatiane Dunajovej za jazykové korektúry, Jane Mesiarikovej a Daši Kosztankovej za grafiku a dizajn.

Nuž, a nakoniec by som sa veľmi rád poďakoval mojej Danke za jej neúnavné čítanie a korigovanie textov, múdre rady a dôležitú podporu. Bez Teba by to vôbec nebolo ono.



PREDSLOV

Celý (ne)konečný vesmír – vrátane toho miniatúrneho kúska, ktorý aktuálne dočasne obývame – pozostáva z atómov a molekúl, ktorých vzájomné interakcie determinujú jeho charakter. Ich poznávanie je intelektuálnym a emocionálnym dobrodružstvom a ich poznanie je absolútne nevyhnutné pre hlbšie pochopenie sveta v nás a okolo nás. Nuž, a chémia má z tohto pohľadu až závideniahodne šťastnú a luxusnú pozíciu. Prirodzene totiž spája niekoľko kľúčových prírodných vied: jednak je celá postavená na (kvantovej) fyzike s jej sofistikovanou matematikou, a zároveň je esenciálnym fundamentom biológie, ktorá predstavuje doslova genetický základ medicíny. Takéto široké premostenie viacerých úrovní poznávania je nielen samo osebe fascinujúce, ale zároveň dáva chémii unikátnu príležitosť komplexne popisovať a zrozumiteľne vysvetľovať rôzne deje v ne/živých systémoch. Nehovoriac už o jej principiálnej schopnosti generovať úplne nové molekuly a materiály, ktorých chemické zloženie je limitované prakticky len našou fantáziou.

Chémia ma fascinovala už od detstva a stala sa nielen mojou prácou, ale doslova celoživotnou vášňou a koníčkom. Zároveň som našiel záľubu aj v písaní o nej: o atómoch, molekulách a ich vzájomných reakciách, o ich neraz bizarnom pôvode alebo nečakaných vlastnostiach, o ich prospešnom využití, či naopak, nebezpečnom zneužití. Pričom to písanie bolo vždy sprevádzané radostným úžasom, ktorý ma naplňal pri ich poznávaní. A rád by som sa oň s vami, milí čitatelia, podelil v tejto knižke, ktorá pozostáva z popularizačných článkov publikovaných v časopise .týždeň počas rokov 2008 – 2015. Články sú voľne zoradené do niekoľkých kapitol na základe ich kontextuálnej príbuznosti. Keďže každý z nich je viac-menej samostatným textom, ich čítanie si nevyžaduje žiadne striktné poradie. Naopak, odporúčam listovať si v nej ľubovoľne a pohrúžiť sa do ktorejkoľvek témy podľa aktuálnej chuti alebo nálady.

Dúfam, že vám čítanie o chémii prinesie aspoň toľko radosti a uspokojenia, ako mne písanie o nej. A budem vám vďačný za všetky postrehy, názory a komentáre.



OBSAH

Kapitola 1. _____ 15

MOLEKULÁRNA PARFUMÉRIA – SVET BIZARNÝCH VŇÍ

Čaro vonnej sviečky _____	18
Bakteriálny parfum _____	23
Chutný smrad _____	26
Plávajúce zlato _____	30
Vôňa literatúry _____	33
Pach kozmu _____	36

Kapitola 2. _____ 41

MOLEKULÁRNA GASTRONÓMIA – VÁŠNIVÉ CHUTE

Hriešne dobrá _____	44
Sladšie ako cukor _____	49
Horká _____	52
Kyslá _____	56
うま味 _____	60
Vymrazte si superpivo _____	64

Kapitola 3. _____ 69

MOLEKULÁRNA BOTANIKA – ČO RASTLINY VEDIA

Čo rastliny vidia _____	72
Rastlinný čuch _____	76
Botanika dotyku _____	80
Kontroverzná fytoakustika _____	84
Rastlinná navigácia _____	88
Farby jesene _____	92
Muchotrávky a spol. _____	95
Slzy praveku _____	99

Kapitola 4. _____ 103

MOLEKULÁRNA ZOOLÓGIA – AKO TO TIE ZVERY ROBIA?

Prírodné inšpirácie _____	106
Radšej nedráždiť! _____	109

Ako nezamrznúť	112
Extrémny život	116
Svietiaca medúza	120
Farby kamufláže	124
Sieť	127
Superlepidlo	130

Kapitola 5. 135

MOLEKULÁRNA ANATÓMIA – BIOCHÉMIA À LA HOMO

Béčko	138
Céčko	142
Éčko	146
Hľa, ribozóm!	150
Fascinujúce receptory	154
Hlavne si to neškrab!	157
Chémia lásky	160
Izumo a Juno	163

Kapitola 6. 167

MOLEKULÁRNA TOXIKOLÓGIA – JED ČI LIEK?

Etanol	170
Nikotín	174
Chinín	178
Kapsaicín	181
Kurkumín	185

Kapitola 7. 189

MOLEKULÁRNE MATERIÁLY – INŠPIRATÍVNA CHÉMIA

Kovové antibiotikum	192
Vzácné talentovaný plyn	195
(Ne)obyčajná voda	198
Dokonale vypraté peniaze	202
Môžu byť cigarety aj užitočné?	205
Prečo hnojíme výbušninou?	208
Ohňostroj	211
Paládium	214
Kvázikryštály	217

Kapitola 1.

MOLEKULÁRNA PARFUMÉRIA

—

SVET BIZARNÝCH VŇÍ







● Čaro vonnej sviečky

Neodmysliteľným symbolom tunajších Vianoc je nepochybne zapálená sviečka. Bez jej hypnotizujúceho plameňa a typickej vône si koncoročné sviatky dokážeme asi len ťažko predstaviť. Pričom celá tá vosková mágia vzniká kombináciou iba niekoľkých fyzikálnych princípov a chemických reakcií.

A je úplne jedno, či sa bavíme o luxusnej parfumovanej sviečke so zlatým gravírovaním alebo o triviálnom voskovom šúľku z balíčka na prežitie – v oboch prípadoch ide v princípe o to isté: horľavý knôt obalený tuhým palivom. Sviečky existujú už asi 5 000 rokov a v priebehu času ich vynaliezaví ľudia postupne zhotovovali z rôznych, a to najmä živočíšnych surovín. Či už to bol obligátny včelí vosk, exotické jačie maslo, alebo dokonca aj sušené ryby. Jednoducho, čo príroda dala.

Kvalitné sviečky sa pred dvesto rokmi vyrábali napríklad zo spermacetu, voskovitej hmoty, získavanej z lebečnej dutiny vorvaňa tuponosého (*Physeter macrocephalus*). Keďže ide o jedného z najväčších cicavcov, asi neprekvapí, že z pätnástmetrového exemplára sa vydolovali aj tri tony (!) sviečkového paliva. Uloviť obrovské vodné zviera však dozaista nebola každodenná záležitosť, a aj preto sa drvivá väčšina vtedajších sviečok vyrábala z oveľa dostupnejšieho tuku hovädzieho dobytká, oviec alebo ošípaných.

A hoci bol masťný zoomateriál pomerne lacný, s jeho kvalitou to už bolo podstatne horšie. Lojové sviečky totiž pri horení produkovali ťažký a smradľavý dym, čím dokázali udusiť aj ten najmenší náznak romantiky hneď v zárodku. Oveľa prijateľnejšou alternatívou boli sviečky z včelieho vosku. Horeli plameňom prakticky bez dymu a ešte navyše aj krásne voňali. Boli však vzácné, a teda drahé, preto si ich mohli dovoliť iba zámožní občania a, samozrejme, bohatá cirkev. Ale čo majú spoločné včelie plásty, maslo z jaka, veľrybí tuk a bravčová slanina, ak je z toho všetkého možné vyrobiť funkčnú sviečku? Nuž, ide o univerzálne palivo, ktoré je známe pod spoločným názvom uhľovodíky.

.palivo

Úplnú revolúciu vo výrobe sviečok však spôsobil až objav parafínu v polovici 19. storočia. Od toho momentu bolo nielen možné produkovať sviečky masovo a lacnejšie, ale tie ešte navyše aj horeli vcelku slušne a esteticky. Parafín je ved-

ľahší produkt destilácie surovej ropy a drvivá väčšina sviečok sa dnes vyrába práve z neho.

Relatívne mäkký voskový materiál sa skladá zo zmesi nasýtených uhľovodíkov (alkánov), pozostávajúcich z 20 až 40 atómov uhlíka v rámci jedného reťazca. A práve tie prepožičiavajú parafínu unikátnu kombináciu požadovaných vlastností: zatiaľ čo za izbovej teploty je dostatočne tuhý, pôsobením horúceho plameňa sa pomaly topí, vďaka čomu môže sviečka horieť. Bod topenia parafínu je pritom úmerný počtu uhlíkov v reťazci. Čím je dlhší, tým väčšia je molárna hmotnosť príslušného uhľovodíka a s ňou súvisí vyššia teplota topenia vosku. Dôsledkom potom je, okrem iného, aj proporčne dlhší čas horenia sviečky. Parafín má však ešte jednu zaujímavú a celkom užitočnú vlastnosť – mimoriadne odpudzuje vodu. Nuž, a keďže tá má väčšiu hustotu ako vosk, zapálené čajové sviečky v nej dokážu nádherne plávať.

Celkový estetický dojem senzoricky umocní prídavok aromatickej zmesi do parafínového základu. Vôňu ihličia navodia terpenické pinény, vanilku mimikuje etylvanilín a levanduľu linalol, škoricu nápadne pripomína cinamaldehyd a jahodovú arómu presvedčivo navodí etylmetylfenylglycidát. Používané vonné molekuly – či už prírodného, alebo syntetického pôvodu – však musia mať, pochopiteľne, žiaduce fyzikálno-chemické vlastnosti. Čo znamená, že by sa mali primeranou rýchlosťou uvoľňovať z parafínu a zároveň nesmú interferovať s plynulým horením sviečky. Na dôvažok ich (potenciálne toxické) spaliny nesmú pri danom zložení a koncentrácii prekračovať hygienické normy stanovené pre uzavreté priestory.

.knôt

Ako je parafín telom, tak je knôt dušou každej sviečky. Najčastejšie sa skladá z pevne spletených vlákien prírodnej bavlny alebo syntetického nylonu. Všetky knôty sa však pred vložením do sviečok impregnujú – paradoxne – spomaľovacími horeniami. Ak by tomu tak nebolo, knôt by veľmi rýchlo zhorel a sviečka by vôbec nefungovala. Zatiaľ čo nasýtenie knôtu dusičnanom amónnym zabezpečí jeho akurátnu horľavosť, prídavok kyseliny boritej zaručí, že po sfúknutí plameňa sviečky už knôt nebude ďalej tlieť. Kľúčovou úlohou knôtu je však „nacucnúť“ teplom roztopený parafín a následne ho priviesť do plameňa, aby tam mohol horieť.

To však nie je celkom triviálna úloha, lebo pre správne fungovanie sviečky je nutné dosiahnuť ideálnu rovnováhu medzi množstvom roztopeného a zhore-

ného vosku. Ak by totiž knôt nasával príliš málo tekutého parafínu, jeho prebytok by sa zhromažďoval tesne pod plameňom, až by ho nakoniec zalial a uhasil. Naopak, ak by knôt dodával plameňu príliš veľa tekutého vosku, ten by nemal čas kompletne zhorieť a sviečka by začala dymiť.

Čo sa teda deje v optimálnom prípade? Nuž, zapálený knôt rýchlo zohreje studený povrch tuhého parafínu, ktorý sa začne topiť. Vznikne malilinké jazierko tekutého vosku, ktorý je kapilárnymi silami materiálu knôtu unášaný až na jeho horný koniec. Tu sa kvapalný parafín splyňuje a jeho pary následne začnú horieť. Vosk sa totiž nikdy nespája v tuhom alebo tekutom stave, ale výlučne len vo forme uhľovodíkových pár. Uvoľnené teplo následne roztápa čoraz viac vosku a sviečka horí až dovtedy, kým sa jej neminie všetko parafínové palivo.

.plameň I.

Ako každé horenie organického materiálu, aj spaľovanie parafínu je z chemického hľadiska *exotermickou* (teplo uvoľňujúcou) oxidáciou. Zjednodušene povedané, uhľovodíky reagujú so vzdušným kyslíkom za vzniku vody a oxidu uhličitého, pričom sa zároveň produkuje svetlo a teplo. (Pre pyromanov: vysokoteplotnou pyrolýzou alkánov dochádza k vzniku rôznych C, H, O-radikálov, ktoré sa vzájomne rekombinujú.)

Keď sa zblízka a poriadne zahľadíme do horiacej sviečky, všimneme si minimálne tri, bystrozrakejší aj štyri rôzne farby jej plameňa: oranžovú a červenuhnedú tesne nad knôtom (tmavá zóna), modrú po okrajoch (emisná zóna) a nakoniec typickú žltú farbu celej zvyšnej časti plameňa (svetlá zóna). Každá z nich, samozrejme, zodpovedá špecifickým chemickým dejom.

Na úplnom spodku plameňa dochádza vďaka dobrému nasávaniu vzduchu k úplnému spaľovaniu parafínu, čo sa prejaví modrým sfarbením podobne, ako je to pri plynových horákoch. (Pre fajšmekrov: modrú emisiu spôsobuje chemiluminiscencia excitovaných CH-radikálov.) Nečudo, že v tejto časti plameňa dosahuje teplota približne 1 400 °C.

Paradoxne, len o kúsok vyššie sa nachádza jeho najstudenšia časť. Plameň v tesnej blízkosti knôtu má totiž „len“ osemsto stupňov Celzia, a to z dôvodu značne obmedzeného prístupu kyslíka do tejto vnútornej oblasti. Spaľovanie vosku je tým pádom nekompletné a dochádza k vzniku a hromadeniu sadzí (mikročastíc uhlíka), čo sa prejaví viditeľne tmavšími odtieňmi červenej a žltej.

Nuž, a nakoniec najväčšiu, a nepochybne aj najkrajšiu časť plameňa sviečky tvorí intenzívne svietiaci vrchná žltá zóna. Jej teplota sa pohybuje medzi hod-

notami oboch nižšie položených oblastí a dosahuje približne 1 200 °C. Keďže aj do tejto časti plameňa má vzduch obmedzený prístup, parafín sa tu nespája kompletne, hoci predsa len v oveľa väčšej miere, ako v studenejšej tmavej zóne. V každom prípade, zďaleka nie všetky molekuly parafínu tu zhoria na vodu a oxid uhličitý, zvyšok sa premení na atómy a molekuly uhlíka. Dá sa o tom presvedčiť veľmi jednoduchým pokusom: stačí podržať čisté sklíčko nad plameňom voskovej sviečky a o pár sekúnd sa pokryje nepriehľadnou vrstvou čiernych sadzí.

Fajn, ale prečo potom vydáva zapálená sviečka to krásne žlté svetlo? Paradoxne, práve vďaka nespáleným čiastočkám čierneho uhlíka, ktorý má tú unikátnu vlastnosť, že pri teplotách nad tisíc stupňov začína jasne žiariť. V tomto prípade už nejde o chemickú reakciu, ale o fyzikálny proces a zároveň dokonalú optickú ilúziu. Prehriate mikročastice sadzí totiž premieňajú svoju „nadbytočnú“ tepelnú energiu na viditeľné svetlo, ktorého červená a žltá spektrálna zložka sú oveľa intenzívnejšie ako modrá farba. Summa summarum tak horúci plameň sviečky nakoniec vnímame zrakom ako žltý.

.plameň II.

Uvedené skutočnosti však platia len za predpokladu, že na horiacu sviečku zároveň pôsobí gravitačná sila. Za týchto okolností je plameň vždy kónický – naspodku rozšírený a smerom nahor sa zoštiehľuje – z dôvodu prúdenia (*konvekcie*) v smere opačnom, než naň pôsobí zemská príťažlivosť. Vznikajúci horúci plyn je totiž ľahší ako okolitý studenší vzduch, ktorý je teda nasávaný zdola a z bokov plameňa. Prirodzene, aj vzduch navôkol sa teplom sviečky zohrieva a spolu so splodinami horenia následne putuje smerom nahor. Výsledkom je potom krásne žltý a vysoký plameň.

Bude však to isté platiť aj v bežnom stave? Americká NASA sa pred časom rozhodla nájsť odpoveď. Astronauti na kozmických staniciach ISS a MIR uskutočnili sériu experimentov s horiacimi sviečkami v uzavretom kontajneri. Samozrejme, primárne im išlo o vytvorenie vianočnej atmosféry vo vesmíre, skôr o získavanie dôležitých informácií o spaľovaní rôznych materiálov, potenciálnom vzniku sadzí, ale najmä o možnostiach uhasenia prípadného ohňa v ich prechodných domovoch. A zistili veľmi zaujímavé veci.

Úplne prvou a najbizarnejšou bola farba a tvar kozmického plameňa. Žiadna sviečka totiž nehořela štíhlym žltým plameňom, ale zásadne iba guľatým a navyše modrým! Pričom vyprodukované svetlo bolo také slabé, že astronauti mali problém rozpoznať, či sviečka vôbec horí. Čo sa to stalo?

Keďže kyslíka tam bolo dost' (aj kozmonauti musia dýchať), príčinou môže byť absencia konvekčného prúdenia v prostredí bez gravitácie. V bežnom stave totiž neexistuje „ľahší“ a „ťažší“ plyn, pretože všetko „váži“ rovnako. Spaliny teda nestúpajú nahor, ale zostávajú v bezprostrednej blízkosti plameňa a jeho výsledný tvar je preto guľatý. Dôsledkom toho je však relatívny nedostatok kyslíka potrebného na spaľovanie vosku. Oba faktory tak spôsobia výrazne nižšiu teplotu horenia, vďaka čomu je nielen obmedzená tvorba väčších častíc, ale tie navyše ani nemôžu svietiť nažltlo. Nuž, Vianoce v kozme asi nikdy nebudú také romantické ako na Zemi.