



Výfučení: Atomy

Lidé celá staletí přemýšleli, z čeho se skládají látky okolo nás. První úvahy se objevují již v 5. století př. n. l., kdy se řecký filosof Démokritos domníval, že veškerou hmotu tvoří *atomy*, které jsou již dále nedělitelné.

Slovo atom je původem z řeckého *atomos*, čili nedělitelný. Démokritos také tvrdil, že atomy jsou neměnné, tedy nedají se vytvářet ani zničit a díky jejich spojování se tvoří větší objekty.

Nemůžeme zcela říci, že by se Démokritos ve starověkém Řecku mýlil. Nicméně jeho teorie byla po dlouhou dobu zapomenuta. Až roku 1803 obnovil Démokritovy představy John Dalton, a tím se stal zakladatelem moderní atomistiky. Jeho teorie se skládá ze tří hlavních částí:

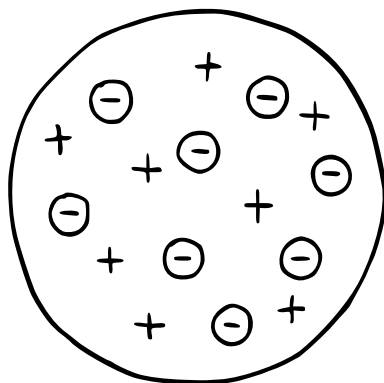
1. Existují nejmenší, dále nedělitelné části hmoty – atomy.
2. Atomy téhož prvku jsou stejné a liší se od atomů jiných prvků.
3. Při chemickém slučování dochází ke sdružování vždy celočíselného počtu atomů daných prvků.

První experimenty tuto teorii jen a jen potvrzovaly. Zprvu se zdálo, že svět našel základní teorii, která popisuje stavbu látek. Stačilo ale pár desítek let a z nedělitelného atomu se stal mýtus.

Thomsonův model

Již v roce 1897 anglický fyzik J. J. Thomson objevil novou částici, *elektron*. Objev spočíval v tom, že Thomson vykonal velké množství různých experimentů (ozařování kovů, střílení iontů do vzorků apod.), přičemž sledoval, jaké vlastnosti mají částice, které povrch takto namáhaných látek opouštějí. Pak si stačilo všimnout, že tyto vlastnosti jsou vždy stejné a první *elementární částice* byla na světě. Thomson též zjistil, že elektrický náboj elektronu byl docela malý, číselně $e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Protože si Thomson dobře uvědomoval, že látky jsou za normálních podmínek elektricky neutrální, vymyslel tzv. *pudinkový model*, který se zakládal na předpokladu, že elektrony se pohybují v kladně nabitě a zároveň homogenní hmotě (pudinku).



Pád pudinkového modelu

Ačkoliv tento model vysvětloval řadu věcí, dlouho slavným nezůstal. Roku 1911 byl model vyvrácen novozélandským jaderným fyzikem¹ Ernestem Rutherfordem. Jeho slavný experiment spočíval v doslovném ostřelování velmi tenké zlaté fólie částicemi α , neboli jádry helia. Tyto částice, složené ze dvou protonů a dvou neutronů (tudíž s nábojem $+2e$), se po průchodu zlatou fólií odchylovaly z původní trajektorie a dopadaly na speciální stínítko, na kterém se při jejich dopadu objevovaly slabé světelné záblesky.

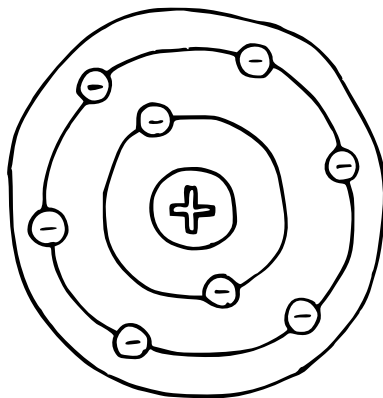
Rutherford pozoroval příliš velké odchylky alfa částic po průchodu fólií od jejich původních směrů. Toto pozorování bylo v přímém rozporu s teoretickou předpovědí, která vycházela z modelu atomu, jak ho popisoval Thomson. Proto Ernest prohlásil, že hmota atomů musí být koncentrována do mnohem menšího prostoru – do *atomových jader*.

Rutherfordův model

Rutherford nezůstal jen u experimentování a světu představil i svůj model, který se nazývá *planetární*. V něm je atom popsán jako částice s malým, těžkým a kladně nabitým jádrem, kolem kterého se po stabilních drahách pohybují elektrony. Jméno modelu souvisí s jeho podobností se situací, kdy planety obíhají kolem centrální a mnohem těžší hvězdy. Stabilita drah elektronů je dána rovnováhou elektrostatické síly F_e mezi jádrem a elektronem a odstředivé síly F_o

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Ze^2}{r^2} = \frac{m_e v^2}{r},$$

kde ϵ_0 je fyzikální konstanta,² Z počet protonů v jádře (neboli *atomové číslo*), m_e je v té době již známa hmotnost elektronu, v jeho rychlost a r poloměr jeho dráhy kolem jádra.



¹Zní to sice exoticky, ale většinu života prožil v Anglii :-).

²Je to tzv. *permeabilita vakua*, což je konstanta udávající elektrické a optické vlastnosti tohoto prostředí. Její hodnota je $\epsilon_0 \approx 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$.

Pád planetárního modelu

Ani Rutherfordův model se ve světě neudržel příliš dlouho. Z jednoduchého důvodu: kdyby planetární model fungoval, atomy by podle dosavadních znalostí vlastně nemohly existovat. Podle elektromagnetických rovnic, které publikoval James Clerk Maxwell v 2. polovině 19. století, by měl elektron pohybující se po kružnici neustále vyzařovat energii do okolí. Ztrátou energie se ale elektron přibližuje k jádru, důsledkem čehož do něho spadne. Po podrobnějších výpočtech se zjistilo, že čas takového pádu je pro atom vodíku velmi malý – řádově 10^{-11} s. Jelikož ale denně pozorujeme obrovské množství stabilních atomů vodíku, fyzici museli okamžitě prohlásit, že planetární model nemůže být správný.

Bohrův model

O dva roky později představil dánský fyzik Niels Bohr nový, vylepšený, model Rutherfordovy představy. Zakládal se na tezi, že elektrony obíhají okolo jádra pouze po dovolených drahách (orbitalech) a vyzařování energie je možné pouze za určitých podmínek. Za jejich splnění elektron pohltí (nebo vyzáří), pouze přesné množství energie, přičemž vystoupí (klesne), do vyšší (nižší), dráhy – odborně říkáme, že elektron *excituje* (deexcituje).

Podmínku, kterou musí elektron splňovat, aby mohl obíhat okolo jádra, je, že jeho *moment hybnosti*³ musí být celočíselný násobek tzv. redukované Planckovy konstanty \hbar

$$L = n\hbar, \quad n = \{1, 2, 3, \dots\}.$$

Pád Bohrova modelu

Asi vás nepotěšíme, ale i Bohrův model není vrchol moderní fyziky. I když tento model skvěle vysvětloval téměř všechny vlastnosti vodíku – elektrické či optické, jeho předpovědi pro další atomy značně pokulhávaly. Nicméně, Bohrův model byl základem pro další, *kvantový* popis atomů. Kvantová teorie dokáže popsat i těžší atomy, ale její popis je často pouze přibližný. Další vylepšení této teorie jsou již úlohou současné fyziky. Takže, pokračování příště ...

Pokud byste chtěli nahlédnout do poslední teorie trochu hlouběji, zkuste si vyhledat pojmy jako „vlnová funkce“ anebo „Schrödingerova rovnice“. Poněvadž se jedná o pokročilou vysokoškolskou fyziku, pro vaši vlastní bezpečnost vás dopředu před tímto krokem varujeme :-).

Korespondenční seminář Výfuk je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Katedrou didaktiky fyziky MFF UK, jejími zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.
Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

³Výfučení 4. série 3. ročníku: <http://vyfuk.mff.cuni.cz/ulohy/vyfucteni>