

## „Rozbití“ atomu

To, co dnes běžně svede jaderná fyzika, byl relativně nedávno nedostižný sen mnoha alchymistů. Transmutace prvků. „Polechtání“ látek roztloukáním, mletím, žháním a dalším „patláním“ ovšem nemohlo „odloupnout“ ani nejsvrchnější slupku atomu, natož přemoci jaderné síly nukleonů. Alchymistům chybělo to podstatné. Znalosti. (Chceme-li změnit prvek, musíme dosáhnout změny v jeho jádru. Prvek se mění, přidáme-li nebo ubereme-li jádru proton.)

Otázka stavby a složení hmoty byla, je a bude jednou ze základních a nejdůležitějších otázek, které lidé kladou směrem k přírodě – spolu s otázkami o původu, velikosti a stavbě vesmíru, či otázkami vzniku života. V dávných dobách, kdy lidé neměli prostředky k nahlédnutí do mikroskopických rozměrů nitra hmoty, nebylo nikterak snadné činit jakákoli věrohodná tvrzení o neviditelné mikrostruktuře hmoty. Učenci se proto uchylovali k různým domněnkám a hypotézám, tvořených podle analogií s tím, co pouhým okem vidět bylo.

Antický filosof Démokritos (5. stol. př. n. l.) hloubal nad tím, je-li hmota neomezeně dělitelná na stále menší a menší částičky nebo zda při tomto dělení nakonec narazíme na nejmenší, již dále nedělitelné částičky. Nakonec došel k názoru, že každá látka musí být složena z nedělitelných částíček, které jsou nositeli vlastností této látky. Tyto nejmenší nedělitelné částičky nazval „atomos“ (nedělitelný). Tento filosofický pohled byl jen spekulativní hypotézou, neboť Démokritos o skutečných atomech nevěděl nic. Netušil ani, že narůstáním kvantit, či kombinací více kvantit může vznikat nová kvalita, to znamená, že látka nemusí mít žádného elementárního nositele svých vlastností. Tyto vlastnosti totiž vznikají až „sestrojením“ látky z částic, které samotné mají úplně jiné vlastnosti.

Vysvětlení všech důležitých zákonitostí podal v roce 1808 J. Dalton ve své atomové hypotéze, podle níž je každý prvek složen z velkého počtu navzájem identických atomů, nedělitelných částic, vyznačujících se určitou charakteristickou hmotností a dalšími vlastnostmi. Atomy téhož prvku jsou stejné, atomy různých prvků se liší. O tři roky později nazval A. Avogadr celek, vzniklý sloučením celistvého počtu atomů, molekulou. (Vznik chemických sloučenin, molekul, je založen na reakci vnějšího, valenčního, elektronového obalu prvků.)

Přestože během 19. století bylo stále zřejmější, že látky se skládají z atomů a molekul, o povaze a stavbě samotných atomů se do konce 19. století prakticky nic nevědělo. Prvním významným průnikem do struktury atomu byl objev elektronu, učiněný v r. 1895 J. J. Thomsonem, a zjištění, že všechny atomy obsahují elektrony. Další experimenty na počátku dvacátého století ukázaly, že atom není nedělitelnou elementární částičkou, nýbrž má svoji složitou elektricko-mechanickou strukturu. Ukázalo se, že z hlediska stavby hmoty nejsou atomy těmi posledními, nejmenšími a nejzákladnějšími částicemi látky, ale jen jednou z důležitých hierarchických jednotek struktury látek.

První model atomu sestavil E. Rutherford. Tzv. „planetární“ model atomu korespondoval s Newtonovou klasickou mechanikou. (Atom se skládá z kladně nabitého jádra, kolem něhož obíhají záporně nabitě elektrony. Přitažlivá elektrická síla, působící podle Coulombova zákona mezi zápornými elektrony a kladným jádrem, je vyrovnávána odstředivou silou vznikající při kruhovém oběhu elektronů.) Mezi planetární soustavou (Keplerovy zákony) a atomem jsou však i zásadní rozdíly (rozdíl ve vlastnostech a síle elektrických a gravitačních sil, obrovský rozdíl ve velikosti a hmotnosti), takže N. Bohr v duchu idejí právě vznikající kvantové mechaniky nedostatky napravil tzv. kvantovým modelem atomu (jedním z hlavních rozdílů mezi klasickým elektro-mechanickým a kvantovým chápáním atomů je mechanismus záření atomů – záření z atomů není vyzařováno plynule, ale po kvantech).

Rozlousknout stavbu atomu nebylo jednoduché už z toho důvodu, že atomy jsou opravdu mrňavé. Rozměr atomu je řádově přibližně  $10^{-8}$  cm, je tedy hluboko pod rozlišovací schopností optického mikroskopu. Je dokonce tak malý, že je mnohem menší než vlnová délka světla, takže atomy nejsou přímo pozorovatelné ani elektronovým mikroskopem. A atomové jádro je ještě 100 000krát menší. Jeho „průměr“ je přibližně  $10^{-13}$  cm. Přitom v jádře je soustředěna téměř veškerá hmotnost atomu (více než 99,9 %). Hustota, s jakou je hmota „namačkána“ v atomovém jádře, je tedy nepředstavitelně vysoká –  $10^{14}$  g/cm<sup>3</sup>. Pro představu, kdyby byl golfový míček naplněn jadernou hmotou, propadl by se do středu Země. Vážil by totiž miliardu tun (takovouto vysokou hustotou mají ve vesmíru pouze neutronové hvězdy). Už jenom z těchto faktů vyplývá, že v atomových jádrech musí působit veliké síly a tudíž i vysoké energie.

S objevem elektronů se nabízela představa, že jádra atomů jsou složena z kladně nabitých protonů. Podporu měla i v pozoruhodné pravidelnosti v hmotnostech atomů (hmotnosti všech atomů jsou téměř přesně celočíselnými násobky hmotnosti atomu vodíku). Model jádra složeného jen ze samotných protonů však narážel na problémy. Chybějící článek k objasnění stavby atomového jádra byl doplněn až objevem neutronu (částice zhruba stejně těžká jako proton, ale bez elektrického náboje) učiněný J. Chadwickem (1932). Složení jader z protonů a neutronů zároveň vysvětlilo existenci izotopů (izotopy jednoho prvku obsahují stejný počet protonů – proto mají stejné chemické vlastnosti, ale různý počet neutronů – takže se liší hmotností). Dále bylo zjištěno, že tyto dva druhy těžkých částic (nukleony), tj. protony a neutrony, jsou v jádře drženy novým typem sil – tzv. jadernými silami.

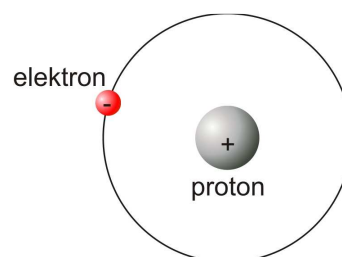
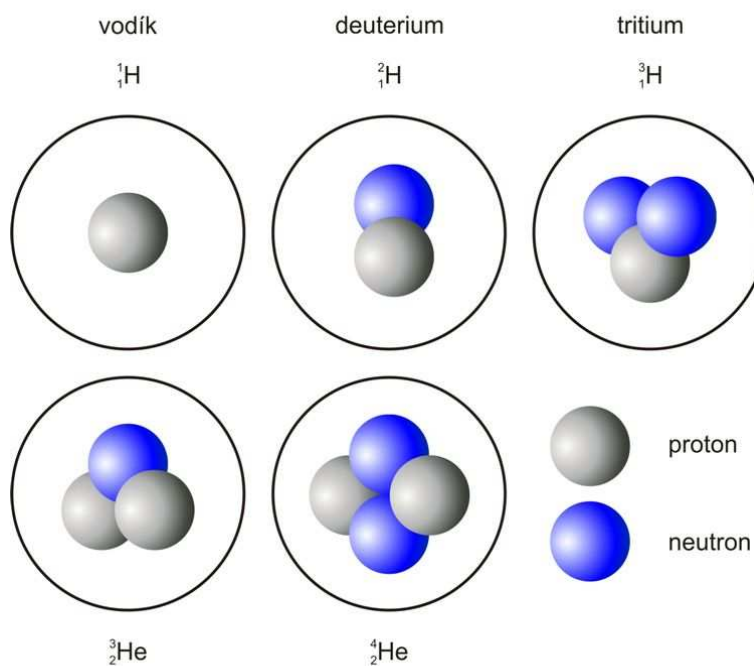


schéma nejjednoduššího atomu (vodíku) (kdyby bylo jádro vodíku ve skutečnosti velké tak, jako na obrázku, elektron by se pohyboval ve vzdálenosti zhruba 60 m)

izotopy vodíku a helia



“lehké” helium      “normální” helium  
 deuterium, těžký vodík, se označuje i písmenem D, tritium, radioaktivní vodík, písmenem T

Protože se budeme na následujících řádcích nadále pohybovat i v mikrosvětě, hodí se termíny shrnout. Atom se skládá z jádra a elektronového obalu. Téměř veškerá hmotnost atomu je soustředěna v malinkatém jádře, které se skládá ze dvou druhů částic, souhrnně nazývaných nukleony – kladně nabitých protonů  $p^+$  a neutrálních neutronů  $n^0$  bez elektrického náboje. Ani ty však nejsou nedělitelné, nýbrž se skládají z tzv. kvarků. Existují dva základní kvarky. Kvark typu **u** má kladný náboj, kvark typu **d** má náboj záporný. Neutrony mají jeden kvark **u** a dva kvarky **d**. Protony mají dva kvarky **u** a jeden kvark **d**. Myšlenka, že i mrňavoučké kvarky mají svou vnitřní strukturu, nedává dodnes spát mnoha fyzikům.

Počet všech protonů v jádře, zvaný protonové číslo **Z**, jednoznačně určuje zároveň i konfiguraci elektronů na jednotlivých slupkách atomového obalu (každé jádro si „přibere“ tolik elektronů, aby bylo elektricky neutrální) a tím tedy chemickou povahu atomu. Protonové číslo **Z** je zároveň pořadovým číslem v Mendělejevově periodické tabulce chemických prvků a píše se jako dolní index vlevo dole. Písmenem **N** se označuje neutronové číslo, udávající celkový počet neutronů v jádře. Součet všech protonů a neutronů (tj. nukleonů) určuje hmotnost atomového jádra, nazývá se hmotnostní číslo (relativní atomová hmotnost), značí se **A** a píše se jako horní index vlevo nahoru. Jádra značíme písmeny chemického označení podle Mendělejevovy tabulky prvků s připojenými indexy. Např. helium  ${}^4_2\text{He}$ , uhlík  ${}^{12}_6\text{C}$ , uran  ${}^{238}_{92}\text{U}$ ... Platí vztah  $\mathbf{A} = \mathbf{Z} + \mathbf{N}$ .

Soubor stejných atomů s jednoznačně určeným počtem protonů a neutronů se nazývá nuklid. Nestabilní nuklid, podléhající samovolné radioaktivní přeměně, je radionuklid. Nuklidy téhož prvku, jejichž atomy mají stejný počet protonů v jádře, ale různý počet neutronů, se nazývají izotopy – chemické vlastnosti příslušných atomů jsou stejné, liší se jen hmotností. Nestabilní izotop prvku, který podléhá samovolné radioaktivní přeměně, je radioizotop.