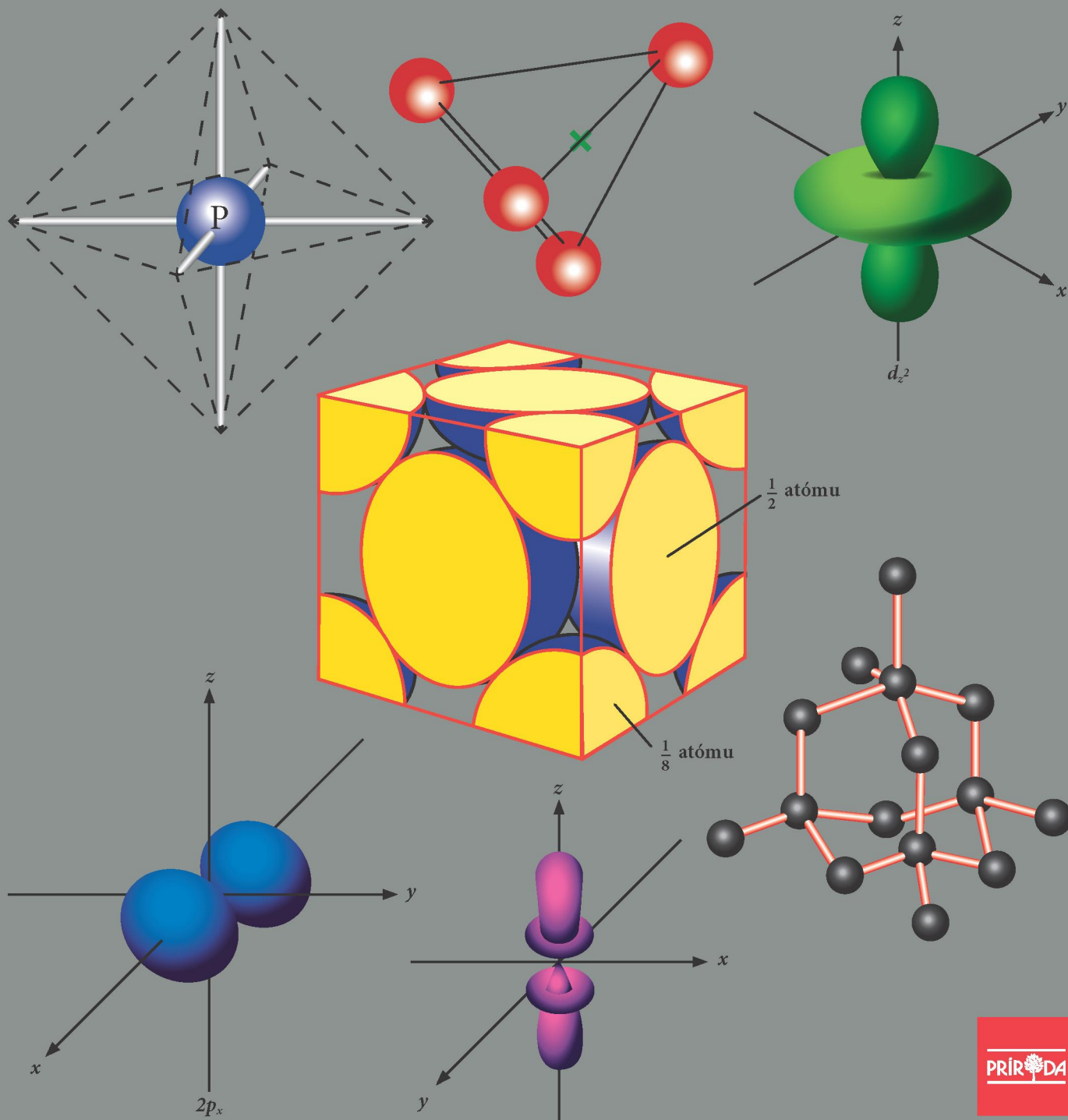


CHÉMIA

Ing. Jana Šírká



CHÉMIA

pre 1. ročník SPŠCH

Ing. Jana Široká

CHÉMIA

pre 1. ročník SPŠCH



Lektori:
Ing. Valéria Sigetová
Ing. Mária Siváková

Copyright text © 1997, 2019, 2022 by Jana Široká
Illustrations © 1997, 2019, 2022 by Jana Široká
Slovak edition © 2022 by IKAR, a.s.

„Ministerstvo školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky odporučilo
pod č. 2021/19650:4-A2201 didaktický prostriedok Chémia pre 1. ročník SPŠCH.
Odporúčacia doložka nadobúda účinnosť 15. decembra 2021
a má platnosť do 31. augusta 2026.“

ISBN 978-80-551-9738-8

NAMIESTO PREDHOVORU

Zachovala sa nám prastará legenda...

Jeden orientálny panovník – osvietený a múdry – chcel sa dozvedieť všetko o národoch obývajúcich Zem.

Pozval si radcov a oznámil im: „Prikazujem napísať pre mňa dejiny všetkých národov a porozprávať v nich, ako žili kedysi, ako žijú teraz, čím sa zaoberajú, aké vojny viedli a vedú. Aké remeslá a umenie prekvitajú v rôznych krajinách“. A dal im päťročnú lehotu.

Radcovia sa mlčky poklonili. Z celej ríše zhromaždili najmúdrejších mudrcov a oznámili im panovníkovo želanie.

Hovorí sa, že v tých časoch dosiahla neslýchaný rozkvet výroba pergamentu...

Uplynulo päť rokov a do paláca sa vrátili radcovia. „Tvoje želanie, vládca, je splnené! Pozri cez okno a uvidíš, čo si si želal...“

Ohrozený panovník si pretrel oči. Pred palácom stála zoradená karavána tiav. Bola taká dlhá, že jej koniec sa strácal kdesi za obzorom. Každá ťava niesla dva obrovské balíky. V každom balíku bolo starostlivo zabalených desať hrubých zväzkov v krásnych doskách. „Čo je to?“ – začudoval sa panovník.

„Toto sú dejiny celého sveta“ – odvetili radcovia. „Podľa tvojho príkazu, ich písali bez prestania celých päť rokov!“

„Vysmievate sa mi!“ – rozhneval sa panovník. „Ani do konca svojho života nestihnem prečítať čo len desatinu toho, čo napísali! Nie, nech mi napíšu krátke dejiny. Ale, aby sa v nich hovorilo o všetkých hlavných udalostiach!“ A dal im ročnú lehotu.

Uplynul určitý čas a pod múrmi paláca sa opäť zjavila karavána. Bolo v nej iba desať tiav, na každej ťave dva balíky a v každom balíku desať zvitkov.

Panovník sa rozhneval ešte väčšmi: „Nech mi napíšu iba to najhlavnejšie, čo sa udialo v dejinách všetkých národov za všetky časy. Koľko času na to potrebujú?“

Vtedy vystúpil najmúdrejší z radcov a riekol: „Zajtra, vládca dostaneš to, čo si želaš.“

„Zajtra?“ – začudoval sa panovník. „Dobre. No ak ma oklameš, nevyviazneš so zdravou kožou!“

Sotva vyšlo slnko na oblohu a kvety, čo sa na noc zatvorili k spánku, sa opäť rozvinuli v celej svojej kráse, už si panovník predvolal mudrca.

Mudrc vošiel a v ruke niesol truhličku zo santalového dreva. „Nájdeš v nej, vládca, to najdôležitejšie, čo bolo v dejinách všetkých národov za všetky časy“ – povedal mudrc a hlboko sa poklonil.

Panovník zdvihol veko truhličky. Na zamatovej poduške ležal maličký kúsok pergamentu. Bola na ňom veta: „Narodili sa, žili a zomreli.“

Nuž takáto stará legenda sa nám zachovala. Mimovoľne som si na ňu spomenula, keď som začala písať túto knihu. Viem, že treba písať iba o tom dôležitom. A čo je najdôležitejšie v chémii?

Chémia je veda o látkach a ich premenách

Ako si nespomenúť na onen kúsok pergamentu na dne santalovej truhličky?

Porozmýšľala som a rozhodla som sa. V chémii je všetko dôležité. Jeden dej viac, iný menej. A ešte komu ako. V tomto neexistuje uspokojivá zhoda názorov.

Sám pojem „civilizácia“ sa skladá z mnohých činiteľov. A z pomedzi nich jedným z najdôležitejších je chémia.

Chémia získava z nerastných, živočíšnych a rastlinných surovín látky, jednu zázračnejšiu ako druhú.

Chémia nielen kopíruje prírodu, napodobňuje ju, ale ju aj prekonáva. Vytvára tisíce látok, ktoré sama príroda nepozná, s veľmi užitočnými a dôležitými vlastnosťami pre život človeka.

Veď všetky prejavy života sprevádza ohromné množstvo chemických pochodov. Poznať podstatu života bez chémie, bez poznania jej zákonitostí nie je možné.

V evolúcii človeka chémia vyslovila svoje závažné slovo. Keby si niekto zmyslel opísať chémiu v celej jej mnohotvárnosti a veľkoleposti, ohrozilo by to všetky zásoby papiera. Našťastie na takúto myšlienku nikto neprišiel.

1 ATÓM

Všetky knihy zožltnú,
ale kniha prírody má
každý rok nové,
nádherné vydanie.
H. CH. ANDERSEN

1.1 Tri elementárne častice vybudujú viac ako tristo druhov atómov

Už niektorí starovekí filozofovia, napr. **LEUKIPOS** a **DEMOKRITOS** v **4. storočí pred n. l.** predpokladali, že hmota sa skladá z nedeliteľných častíc – atómov. Podľa ich teórie sa mali atómy odlišovať svojou geometrickou formou a rôznym usporiadaním vybudovať hmotu. Medzi nimi sa mal nachádzať absolútne prázdny priestor, vákuum. Experimentálne dôkazy tejto teórie však nie sú, a tak upadla do zabudnutia.

Až v **17. storočí** ju opäť využili niektorí prírodovedci ako **Robert BOYLE**, aby vysvetlili správanie sa hmoty. Tak v r. 1803 vytvára angličan **John DALTON** „atómovú teóriu“ a píše: „Chemické prvky sa skladajú z malých nedeliteľných častíc nazvaných atómy, ktoré si pri všetkých chemických premenách zachovávajú svoju individualitu. Všetky atómy toho istého prvku sú v každom ohľade identické, obzvlášť čo sa týka ich váhy.“

V nasledujúcich desaťročiach sa „atómová teória“ stala základom na vybudovanie moderných predstáv o zložení atómu.

Rozhodujúci experiment pre vývoj modelu atómu uskutočnil v r. **1909 až 1913** anglický fyzik **Ernest RUTHERFORD**. Pri štúdiu elektrických výbojov v zriadených plynch bola objavená prvá elementárna častica – elektrón, ktorý je základnou súčasťou každého atómu (r. 1897 **J. THOMSON**). Je záporne nabitá častica s hmotnosťou približne $1/1840$ hmotnosti atómu vodíka.

Iným, možno ešte významnejším objavom bol objav rádioaktivity. Francúzsky fyzik **Henri BECQUEREL** r. 1896 zistil, že zlúčeniny uránu spôsobujú černenie fotografického materiálu, ktorý je zabalený do čierneho papiera.

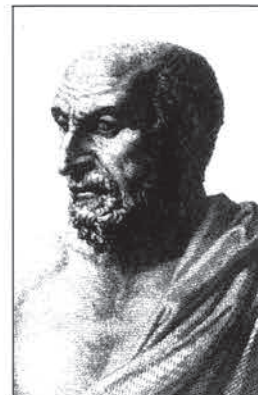
Potom manželia **Marie SKLODOWSKA** a **Piere CURIE** r. 1898 zistili, že atómové jadrá niektorých prvkov, napr. uránu sa samovoľne rozpadávajú, uvoľňujú žiarenie, pričom vznikajú jadrá iných prvkov. Jav nazvali rádioaktivita.

V r. **1920** anglický fyzik **E. RUTHERFORD** objavil prvú časticu jadra, spoločnú pre všetky atómy prvkov – protón p s kladným elektrickým nábojom. Atómy rozličných prvkov sa odlišujú počtom protónov, a tým aj veľkosťou náboja jadra.

Presnejší model atómu vypracoval Ruthefordov žiak **N. BOHR**. Podľa neho okolo kladne nabitého jadra obiehajú záporne nabité elektróny iba po určitých, energeticky odstupňovaných dráhach. Jadro aj elektróny si predstavoval ako malé guľôčky, medzi ktorými je prázdny priestor.

Ďalšie výskumy ukázali, že častice atómu nemožno považovať za hmotné guľôčky a elektróny neobiehajú okolo jadra po ustálených dráhach.

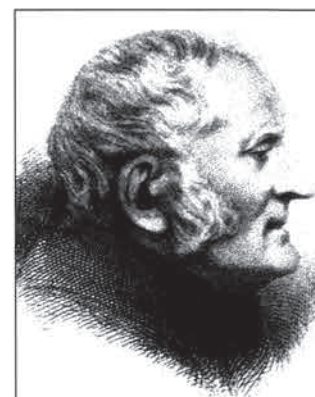
Bohrov model atómu znamenal zo začiatku veľký prínos, ale časom sa prekonával a nahradil novšími modelmi.



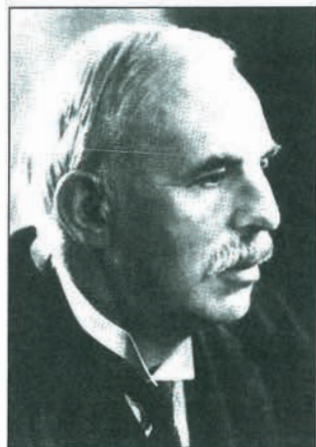
DEMOKRITOS



Robert BOYLE
(1627–1691)



John DALTON
(1766–1844)



Ernest RUTHERFORD
(1871–1937)

V r. 1932 James CHADWICK objavil ďalšiu časticu jadra – neutrón n , ktorý obsahujú všetky atómy prvkov. Neutrón sa veľkosťou aj hmotnosťou rovnal protónu, navonok bol však neutrálny.

Tieto nové nečakané objavy na začiatku 20. storočia boli prudkým podnetom na rozvoj bádania o zložení a stavbe atómov. Čoskoro sa zistilo, že atóm obsahuje malé, ale veľmi hmotné jadro, okolo ktorého v pomerne veľkej vzdialenosti obiehajú elektróny. Pretože tento model pripomínal slnečnú sústavu (Slnko – jadro, planéty – elektróny) bol nazvaný **planetárny model atómu**.

1.2 Elementárne častice atómu

Dnes teda vieme, že atóm sa skladá z dvoch rôznych oblastí. Z malého atómového jadra, v ktorom sa nachádzajú protóny a neutróny. Označujú sa spoločným názvom **nukleóny** (lat. nucleus = jadro).

Toto atómové jadro je obklopené elektrónovým obalom. Obidva nukleóny a elektrón sa nazývajú **elementárne častice**, vzhľadom na to, že na jednoduchšie stavebné častice nie sú doteraz rozložiteľné.

Tieto tri elementárne častice sú charakteristické svojou hmotnosťou a elektrickým nábojom.



Henri BECQUEREL
(1852–1908)

Častica	Neutrón	Protón	Elektrón
Značka	n	p	e
Náboj	žiadny náboj	kladný náboj alebo $1,6021 \times 10^{-19}$ Coulomb	záporný náboj alebo $-1,6021 \times 10^{-19}$ Coulomb
Hmotnosť kg	$1,6748 \times 10^{-27}$ kg	$1,6726 \times 10^{-27}$ kg	$9,11 \times 10^{-31}$ kg
			 bodové označenie  záporný náboj
rovnako veľké, ale opačného náboja			
približne rovnaká hmotnosť			



J. J. THOMPSON
(1856–1940)

Hmotnosti protónu a neutrónu sú takmer rovnaké.

Náboj protónu a elektrónu je presne rovnaký, ale opačne nabitý.

Tento náboj, najmenší v prírode, sa nazýva **elementárny náboj**.

1.3 Záhľadné atómové jadro

Hoci obidve základné súčasti atómu – atómové jadro a elektrónový obal – tvoria neoddeliteľný celok, opíšeme a vysvetlíme každú z nich osobitne, lebo ich funkcia a vlastnosti v atóme sú rozličné.

Hmotnosť atómu závisí od počtu nukleónov, ktoré atómové jadro tvoria. Čím viac nukleónov sa v atómovom jadre nachádza, tým väčšia je jeho hmotnosť. Elektrón má oveľa menšiu hmotnosť, ktorá predstavuje $1/1836$ hmotnosti protónu. Tým teda elektróny neprispievajú k hmotnosti atómu takmer vôbec. V atómovom jadre je teda sústredená všetka hmotnosť atómu.

Počet protónov v atómovom jadre udáva **protónové (atómové) číslo**, ktoré píšeme vľavo dole pri značke prvku. Napríklad ${}^7\text{N}$ označujeme atóm dusíka s protónovým číslom 7 (atóm dusíka má v jadre 7 protónov). V elektroneutrálnom atóme protónové číslo určuje počet a usporiadanie elektrónov v obale, a tým chemické vlastnosti prvku.

Protónové číslo zodpovedá poradovému číslu prvku v periodickej sústave prvkov.

Celkový počet protónov (Z) a neutrónov (N) sa nazýva **hmotnostné (nukleónové) číslo A**

$$A = Z + N$$

Rozdiel $A - Z$ zodpovedá počtu neutrónov.

Nukleónové (hmotnostné) číslo sa píše vľavo hore pri značke prvku. Napríklad ${}^{14}\text{N}$ znamená, že atóm dusíka má nukleónové číslo 14, t. j. súčet protónov a neutrónov v jadre atómu dusíka je 14.

Hmotnostné číslo **14** 7 protónov $\oplus$

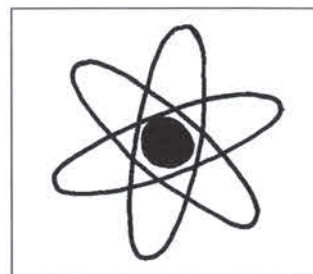
N

Protónové číslo **7** $14 - 7 = 7$ neutrónov $\ominus$

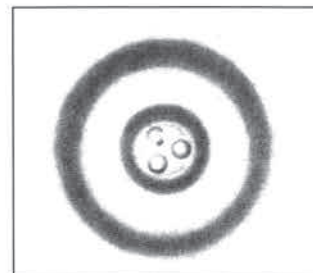
V elektricky neutrálnom atóme je počet elektrónov rovnaký ako počet protónov, a preto je udávaný protónovým číslom.



1803 – Daltonov kompaktný model atómu



1913 – Planetárny model atómu podľa Bohra a Rutherforda. Elektróny obiehajú okolo jadra ako planéty okolo Slnka



1932 – Jadro sa skladá z neutrónov a protónov

1.4 Atóm vodíka, izotopy, nuklidy

Jadro atómu vodíka obsahuje len jeden protón. Sú však známe atómy vodíka, ktoré obsahujú okrem uvedeného jedného protónu aj jeden alebo dva neutróny.

${}^1_1\text{H}$ **Hydrogénium** – vodík obsahuje len jeden protón

${}^2_1\text{H} = {}^2_1\text{D}$ **Deutérium** – jadro atómu obsahuje jeden protón a jeden neutrón

${}^3_1\text{H} = {}^3_1\text{T}$ **Trícium** – jadro atómu obsahuje jeden protón a dva neutróny

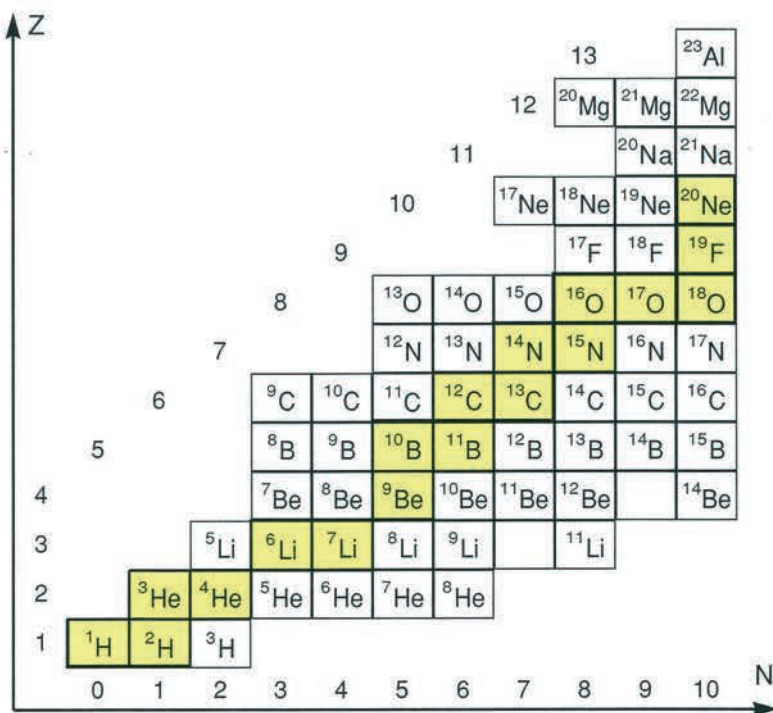
Väčšina prvkov má niekoľko druhov atómov, ktoré sa pri tom istom protónovom čísle odlišujú práve počtom neutrónov v jadre, a tým aj relatívnou atómovou hmotnosťou.

Relatívna atómová hmotnosť nie je skutočná hmotnosť atómu. Sú to pomerne čísla, ktoré sa vzťahujú na určitý zvolený základ. V súčasnosti je základom relatívnych atómových hmotností izotop uhlíka ${}^{12}\text{C}$, ktorého relatívna atómová hmotnosť má hodnotu presne 12. Tieto druhy atómov označujeme ako izotopy určitého prvku.

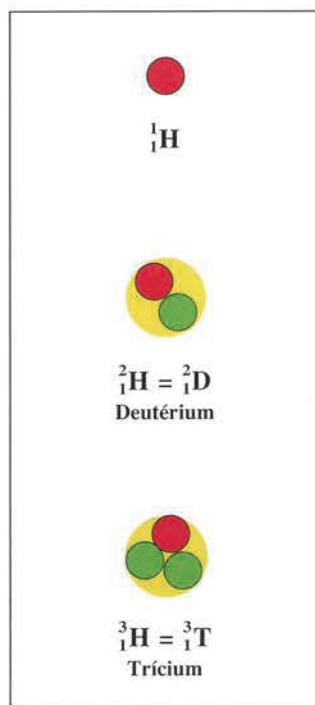
Prírodné železo je zmesou štyroch izotopov, ktoré zapíšeme takto:



Izotopy sú atómy prvkov, ktoré majú rovnaké protónové a rôzne nukleónové číslo.



Atóm je nepredstaviteľne malý. Priemer atómu v porovnaní k tenisovej lopte je ako priemer tenisovej lopty k priemeru Zeme.



Izotopy vodíka

Tabuľka izotopov

Chemické prvky na našej planéte sú teda vo väčšine prípadov zmesou niekoľkých izotopov. Látky zložené z atómov, ktoré majú všetky protónové a nukleónové číslo rovnaké, sa nazývajú **nuklidy**, napr. $^{12}_6\text{C}$ a $^{13}_6\text{C}$ sú dva rôzne nuklidy.

Nuklidy sú atómy prvkov, ktoré majú rovnaké protónové a rovnaké nukleónové číslo.

Niektoré prvky ako hliník $^{27}_{13}\text{Al}$, fosfor $^{31}_{15}\text{P}$ alebo sodík $^{23}_{11}\text{Na}$ sa skladajú len z jedného druhu atómov a označujú sa ako čisté prvky.

Preto možno z uvedeného definovať jednotku atómovej hmotnosti.

Jednotka atómovej hmotnosti 1 u je $\frac{1}{12}$ hmotnosti izotopu uhlíka C

$$1 \text{ u} = 1,66056 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

Hmotnosť protónu a neutrónu udávaná v jednotke atómovej hmotnosti je:

protón 1,0073 u

neutrón 1,0086 u

1.5 Rádioaktivita

Keďže so štruktúrou a so zmenami v jadre atómu úzko súvisí rozpad niektorých atómov sprevádzaný žiarením, musíme si tento jav vysvetliť.

V roku 1895 **W. C. RÖNTGEN** objavil X-lúče ako neviditeľné žiarenie, ktoré vzniká pri dopade katódových lúčov na wolfrám, prípadne iné kovy. Lúče X, čiže röntgenové lúče, nazývané podľa ich objaviteľa, sú chemicky účinné. Prechádzajú látkami, spôsobujú sčernanie fotografickej platne a vyvolávajú svetielkovanie (fluorescenciu) niektorých zlúčenín, napr. sulfidu zinočnatého ZnS .

V tejto súvislosti v roku 1896 francúzsky fyzik **H. BECQUEREL** hľadal látky, ktoré by vysielali X-lúče samovoľne. Pri svojich pokusoch použil aj soli uránu. Zistil, že zlúčeniny uránu vysielajú dovtedy neznáme žiarenie, ktoré sa podobá X-lúčom. Toto žiarenie pôsobí na fotografickú platňu a zapríčini jej sčernanie, vzbudzuje fluorescenciu a silne ionizuje vzduch. Silu tohto žiarenia neovplyvňuje ani elektrické, ani magnetické pole. **H. BECQUEREL** nazval túto schopnosť **rádioaktivita** (rádium – *lat.* lúč, žiarenie, activus – *lat.* činný) a uvedené žiarenie rádioaktívne (jadrové).

Dôkladným výskumom zlúčenín uránu sa zaoberala aj **M. CURIE-SKLODOWSKA** a jej manžel **P. CURIE**. Zistili, že smolinec (ruda obsahujúca urán) žiari silnejšie ako samotný urán. To viedlo k predpokladu, že v smolinci sa nachádza neznáma zložka s väčšou rádioaktívnou schopnosťou. Podobnou analýzou objavili dva nové prvky a nazvali ich **rádium** a **polónium**. Získanie rádia a polónia bolo však veľmi namáhavé a zložité, keďže 5 ton smolinca obsahuje 1 g rádia a 25 ton smolinca obsahuje 1 mg polónia.

Rádioaktívny rozpad atómu (presnejšie jadra atómu) je vlastnosťou samotných atómov a nezávisí od toho, či sú atómy súčasťou prvku alebo zlúčeniny.

Rádioaktívny rozpad nastáva vtedy, keď je jadro nestabilné v dôsledku nevyváženého počtu protónov a neutrónov.



Wilhelm CONRAD RÖNTGEN
(1845–1923)

Zostavil aj röntgenovú trubicu s ohnutou katódou, ktorá sa používa dodnes. Za svoj objav dostal r. 1901 Nobelovu cenu.



Maria CURIE-SKLODOWSKA
(1867–1934)



Pierre CURIE
(1859–1906)



Enrico FERMI
(1901–1954)

Známy taliansky fyzik. V r. 1934 publikoval prácu „Teória β -rozpadu“. Po objavení umelej rádioaktivity použil neutróny na ostreľovanie jadier. Získal tak 60 umelých rádioaktívnych nuklidov. Pod jeho vedením r. 1942 zhotovili prvý atómový reaktor.

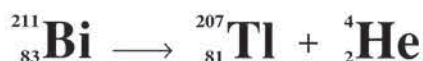
Dodnes bolo v prírode objavených asi 50 rádioaktívnych prvkov, ktoré majú spravidla väčšie protónové číslo ako 81. Napríklad nuklid urána $^{238}_{92}\text{U}$ obsahuje 92 protónov a 146 neutrónov.

Tieto prirodzene rádioaktívne nuklidy vysielaajú tri druhy žiarenia, ktoré sa označujú gréckymi písmenami α (alfa), β (beta), γ (gama).

Rádioaktívne žiarenie je druh korpuskulárneho žiarenia (korpuskulum = teliesko), pretože žiarivú energiu prenášajú častice s určitou, hoci nepatrnou hmotnosťou.

Žiarenie α – prúd jadier atómov helia ^4_2He , ktoré obsahujú dva protóny a dva neutróny ($Z = 2$, $A = 4$).

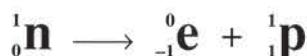
Preniká niekoľkokentimetrovou vrstvou vzduchu a cez veľmi tenké fólie. Pri žiarení α nastane pokles hmotnosti, napr.:



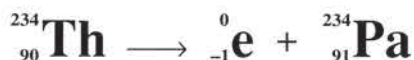
Z rádioaktívneho žiarenia je najmenej prenikavé.

Žiarenie β – asi 110-krát prenikavejšie ako žiarenie α . Je to prúd elektrónov, ktorý dosahuje až 99% rýchlosti svetla.

Vylúčením elektrónu z jadra atómu sa zväčší jeho protónové číslo o jednu jednotku. Vysvetľujeme to rozpadom neutrónu v okamihu rádioaktívnej premeny na protón a elektrón:



V jadre atómu teda pribudne jeden protón a ubudne jeden neutrón (nukleónové číslo sa pritom nezmení):



Žiarenie γ – najpenikavejšia časť jadrového žiarenia.

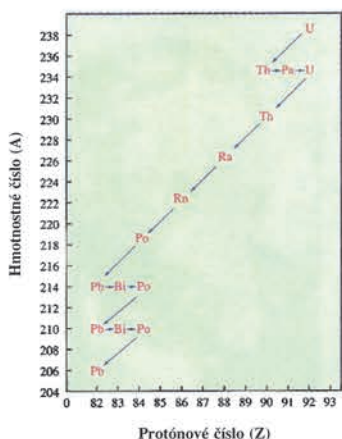
Je to elektromagnetické žiarenie, ktoré neovplyvňuje elektrické ani magnetické pole. Šíri sa rýchlosťou svetla. Nevzniká samotné, ale pri ušľachťovaní jadra atómu po žiarení α (alfa) alebo β (beta).

Ak je rádioaktívne žiarenie atómu prvku samovoľné, hovoríme o **prírodzenej rádioaktivite**. Ak je podobný rozpad jadra atómu prvku vyvolaný zámerné, napr. ostreľovaním jadra α - alebo β -žiarením nazývame tento druh žiarenia **umelou rádioaktivitou**.

V r. 1934 ju objavila dcéra manželov Curie Irena spolu so svojim manželom F. Joliotom Curie. Títo bádatelia dokázali, že ožarovaním stáleho hliníka časticami α vzniká nestály rádioaktívny fosfor:



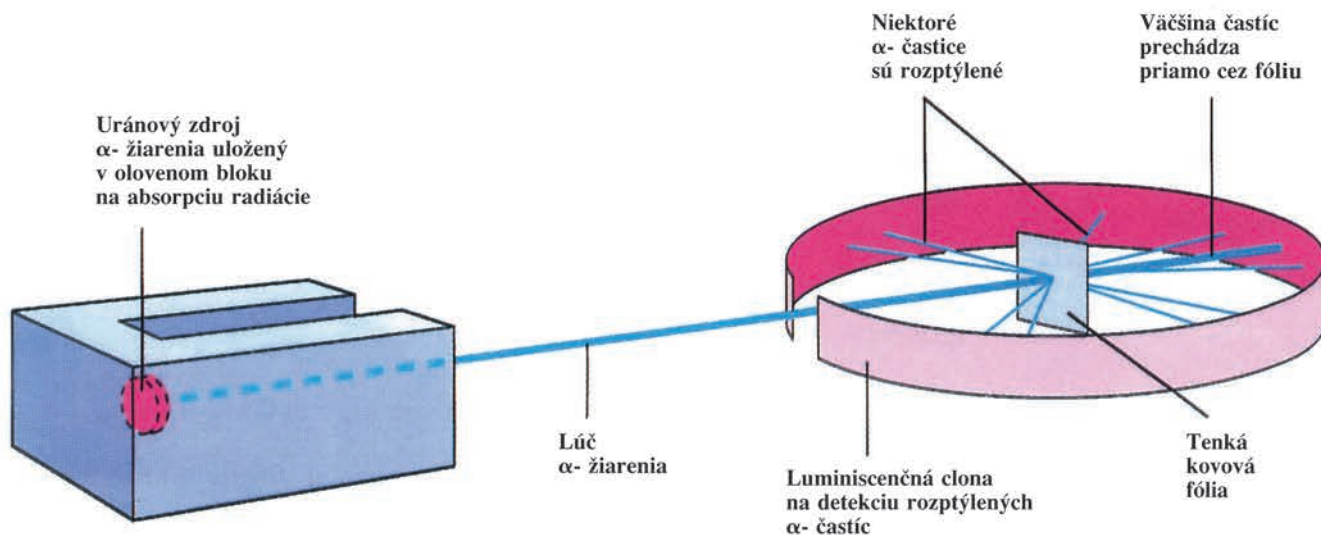
Rádioaktívne žiarenie možno využiť na premenu prvkov na iné. To znamená na vyvolanie jadrových reakcií alebo premien jadier atómov.



Rádioaktívny rozpad uránu ^{238}U

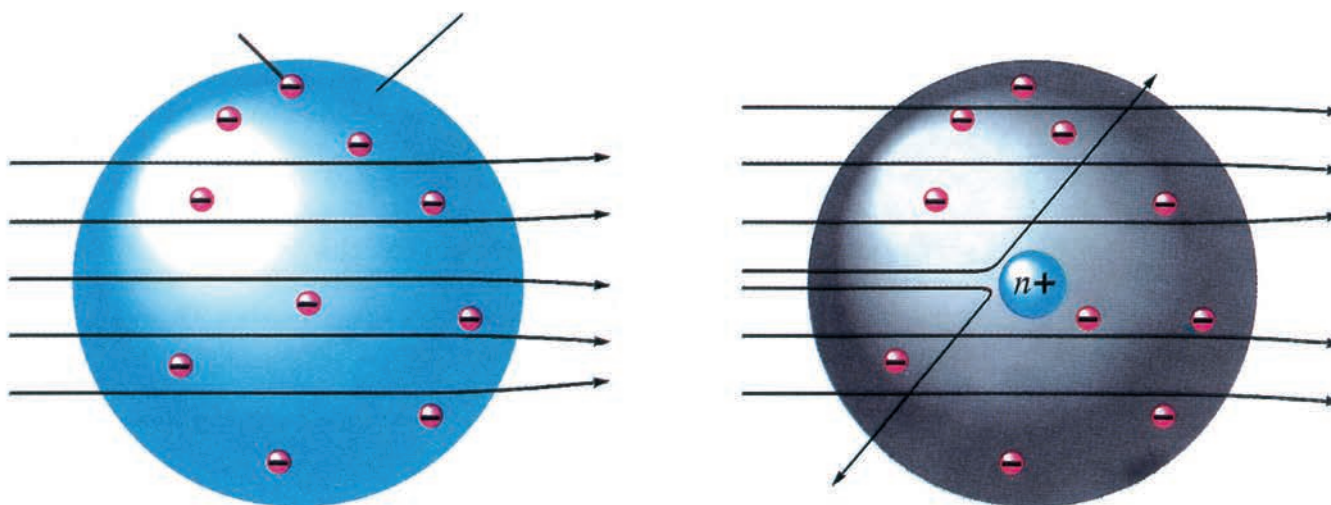
Prvý takýto úspešný pokus uskutočnil anglický fyzik **E. RUTHERFORD**, profesor v Cambridge a nositeľ Nobelovej ceny za chémiu za štúdium transmutácie (chemické reakcie) prvkov a chémie rádioaktívnych látok, keď v r. 1919 uskutočnil umelú jadrovú reakciu.

E. RUTHERFORD ako prvý so svojimi spolupracovníkmi zistil, že pri ožarovaní tenkej kovovej fólie takmer všetky častice α prechádzajú fóliou priamočiari, iba niektoré sa zo svojej dráhy odchyľujú, prípadne niektoré akoby sa odrážali od pevnej steny späť k rádioaktívnemu zdroju (obr. 1.1).



Obr. 1.1 Rutherfordov pokus

Z toho **E. RUTHERFORD** usúdil, že stred atómu tvorí kladne nabité jadro, okolo ktorého obiehajú záporne nabité elektróny. Častice α (alfa), nositeľa dvoch kladných nábojov, sa zo svojej priamočiarej dráhy odchyľujú pôsobením kladne nabitého jadra (obr. 1.2). Výpočty ukázali, že hoci **jadro atómu** má priemer iba asi 10^{-14} m, je v ňom sústredená vyše 99% hmotnosti atómu.



Obr. 1.2 Predpokladané a skutočné výsledky Rutherfordovho experimentu

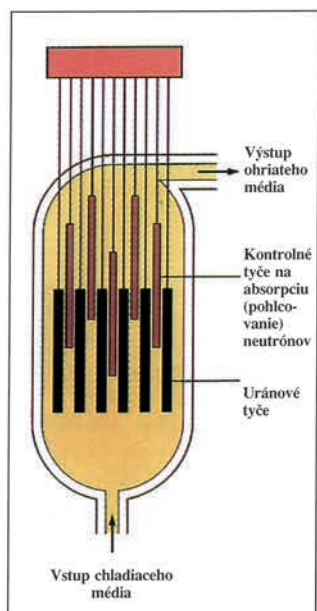


Schéma jadrového reaktora

Svoj predpoklad, že stred atómu tvorí kladne nabité jadro, **E. RUTHERFORD** potvrdil aj tým, keď zistil, že pri prechode častíc α cez čistý dusík vzniká kyslík a uvoľňujú sa protóny



Tým súčasne definitívne dokázal, že protón je súčasťou atómového jadra.

Jadrové reakcie tohto typu sa nazývajú **jednoduché**. Zvyčajne prebiehajú pri bombardovaní jadier atómov časticami s dostatočne veľkou kinetickou energiou.

V rovniciach, ktorými sa tieto reakcie zapisujú, sa súčet protónových čísiel na ľavej strane musí rovnať súčtu protónových čísiel na pravej strane. Táto rovnosť platí aj pre nukleónové čísla.

V jadrových reakciách sa označuje:

elektrón	${}_{-1}^0\text{e}$
protón	${}_{1}^1\text{p}$ alebo ${}_{1}^1\text{H}$
neutrón	${}_{0}^1\text{n}$
pozitrón	${}_{+1}^0\text{e}$

Popri jednoduchých jadrových reakciách existujú aj **štiepne** jadrové reakcie. Pri týchto jadrových reakciách sa jadro atómu zasiahnuté časticou mení na dve jadrá s porovnateľnou hmotnosťou. Súčasne sa uvoľňuje niekoľko neutrónov a veľké množstvo energie.

Štiepenie atómového jadra objavili r. 1939 pri nuklidoch ${}_{92}^{235}\text{U}$ nemeckí vedci **O. HAHN** a **F. STRASSMAN**.



Počet neutrónov, ktorý sa pri štiepnej reakcii uvoľňuje, nie je vždy rovnaký. Vzniknuté neutróny pri vhodných podmienkach môžu rozštiepiť ďalšie jadrá. To vedie k lavínovitému priebehu reťazovej reakcie a k jadrovému výbuchu.

Využitie jadrovej energie umožňujú **jadrové reaktory**.

Jadrový reaktor je zariadenie, v ktorom prebieha riadená jadrová reakcia. Tvorí ho **jadrové palivo** (${}^{238}\text{U}$, ${}^{235}\text{Pu}$, ${}^{233}\text{U}$), v ktorom sa uskutočňuje reťazová štiepna reakcia a **moderátor**. Moderátor (grafit, ťažká voda, oxid berýlia alebo obyčajná voda) slúži na spomaľovanie rýchlych neutrónov.

Jadrové palivo a moderátor tvoria vnútornú časť, aktívnu zónu.

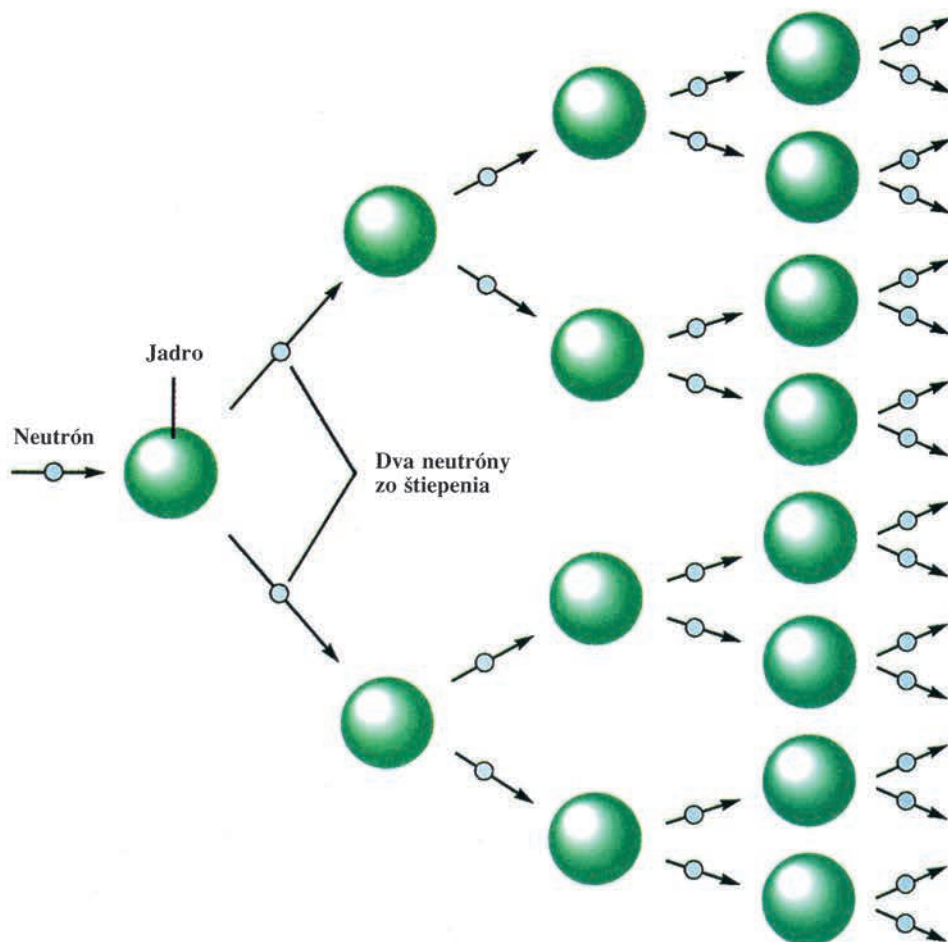
Ďalším prvkom je **reflektor**, ktorý vracia späť časť unikajúcich neutrónov do aktívnej zóny, **regulačný systém** (tyče z kadmia alebo bóru) na usmerňovanie rýchlosti reťazovej reakcie, chladiaci systém a ochranné tienenie. Ochranné tienenie (betónový alebo vodný plášť) slúži na ochranu obsluhujúceho personálu pred účinkami jadrového žiarenia.

Ešte väčšie množstvo energie poskytujú reakcie, v ktorých z dvoch ľahších jadier vzniká ťažšie jadro, napr.



Lise MEITNER
(1878–1968)

Rakúska fyzička. Označila rozpad atómu uránu ${}^{235}\text{U}$ uskutočneným O. HAHNOM a F. STRASSMANOM ako jadrové štiepenie.



Obr. 1.3 Schéma reťazovej reakcie

Tieto reakcie sa nazývajú termonukleárne. Na Zemi však našli doteraz len ničivé uplatnenie, ako vodíková, kobaltová a neutrónová bomba.

Pri vodíkovej bombe sa využíva uvoľnenie veľkého množstva energie termonukleárnej reakcie pri syntéze deutéria a trícia na hélium



Teplota potrebná na uskutočnenie termonukleárnej reakcie sa dosiahne výbuchom vlastnej atómovej bomby.

Kobaltová bomba – je vodíková bomba obklopená vrstvou kobaltu, z ktorého pri výbuchu vzniká rádioaktívny izotop ${}^{60}\text{Co}$, ktorý sa odparí, vietor ho rozptýli a zamorí veľké plochy.

Neutrónová bomba – je založená na princípe vodíkovej bomby, v ktorej proces syntézy sa udrží o niekoľko miliónov sekundy dlhšie, čím sa zvýši výťažok neutrónov.

Vhodné podmienky na uskutočnenie termonukleárných reakcií (vysoká teplota a tlak) existujú vnútri hviezd. Týmto spôsobom získavajú hviezdy energiu, ktorú vyžarujú. Príkladom jadrového reaktora je Slnko.



Výbuch vodíkovej bomby

Poznatky o rádioaktivite jednoznačne potvrdili zložitosť atómu a vyvrátili názor, že atóm je nedeliteľná častica.

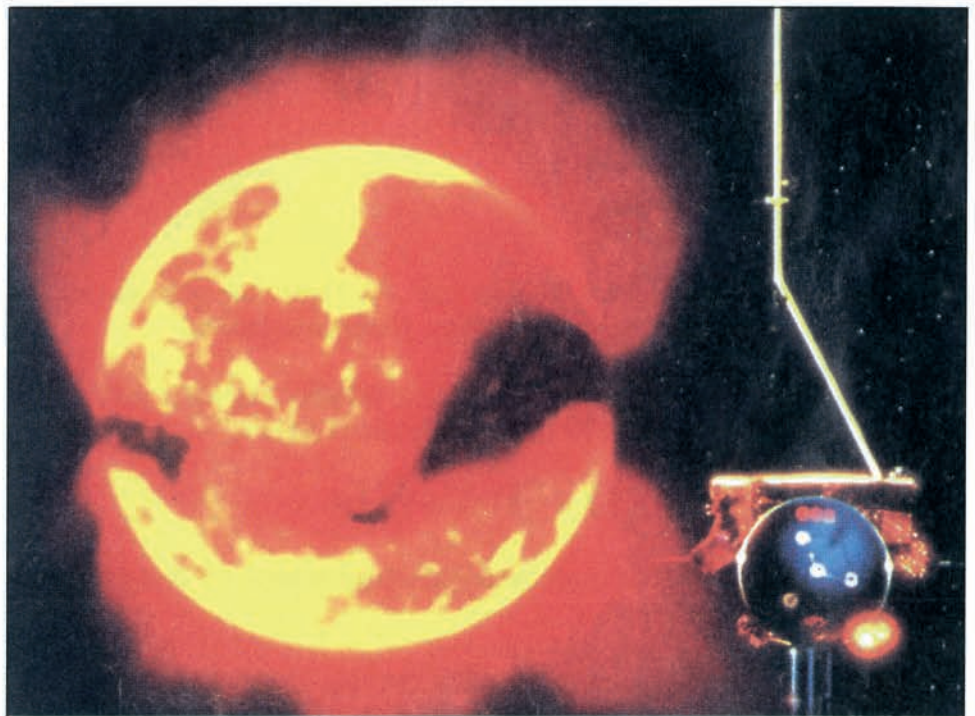
Veľkosť objavu rádioaktivity môžeme oceniť, ak uvažíme jeho služby ľudstvu. Dodnes sa umelo pripravilo 1 500 rádioaktívnych nuklidov. Používajú sa napríklad pri zisťovaní chýb v kovových materiáloch, v chémii pri skúmaní mechanizmov chemických reakcií, v poľnohospodárstve pri skúmaní vplyvu istých prvkov na biologické zmeny v rastlinách, v medicíne na liečenie rakoviny.

Pomocou umelej rádioaktivity boli pripravené aj prvky s protónovým číslom väčším ako 92 – **transurány**.

1.6 Slnko – jadrový reaktor

Obiehame okolo jadrového reaktora?

V r. 1994 preletela sonda, pomenovaná po slávnom antickom moreplavcovi a dobyvateľovi Tróje, **Ulysses** nad južným a o rok neskôr nad severným pólom. Palubné prístroje sondy merali magnetické polia v prúdoch častíc odletujúcich od Slnka, ktoré sa nazývajú **slnečný vietor**. Skúmala röntgenové žiarenie, žiarenie gama ako aj rádiové vlny po slnečných výbuchoch.



Vedecká sonda Ulysses
sníma údaje z povrchu Slnka

Podrobný rozbor a vyhodnotenie údajov získaných pomocou Ulyssesa dalo odpoveď na mnohé otázky a potvrdilo, že už tri a pol miliardy rokov žiari Slnko rovnako intenzívne ako dnes. Jadrový obsah umožní Slnku žiať ešte asi **desať miliárd rokov**.

Jadrový obsah Slnka vznikol z masy medzihviezdneho plynu a prachu, ktoré sa začali zhlukovať a priťahovať ďalšie takéto zmesi. Plynový-prachový obal sa pôsobením príťažlivosti prepadol a zrútil sám do seba. Súčasne sa v ňom formovali menšie oblaky, ktoré sa tiež prepadávali a rozohrievali na milióny stupňov

Celzia. Až sa v istom okamihu spustila **termojadrová reakcia**. Termojadrová reakcia, pri ktorej sa **vodík premieňa na hélium**. Od tejto chvíle žije Slnko a hviezdy z tejto syntézy. Slnko začína do okolitého priestoru vyvrhávať masy plynu, ktoré tvoria ľahký vodík a hélium. Tento prúd, **slnečný vietor** sa dodnes neprestajne rúti preč od Slnka.

Z tejto termonukleárnej reakcie vodíka vo svojom vnútri bude Slnko žiť najbližších niekoľko miliárd rokov. Energiu, ktorá sa pri tomto procese uvoľní, vyžiari. Dnes je už v centre Slnka časť vodíka premenená na hélium, niečo ako **nukleárnu palivinu**, popol.

Identifikačná karta Slnka

- **Priemer: 1,39 milióna kilometrov**
- **Hmota: $1,99 \cdot 10^{27} \text{ t} = 333\,000$ hmôt našej Zeme**
- **Chemické zloženie vonkajších vrstiev: 68,5 % vodíka, 29,4 % hélia, 2,1 % ťažkých prvkov**
- **Priemerná hustota: $1,4 \text{ g/cm}^3$**
- **Odhadovaný vek: 4,6 miliardy rokov**
- **Vzdialenosť od Zeme: 149,5 milióna kilometrov**
- **Povrchová teplota: 5 500 stupňov Celzia**
- **Teplota v centre: 16 miliónov stupňov Celzia**



Keď odvrhne Slnko posledný obal, scvrkne sa na bieleho trpaslíka.

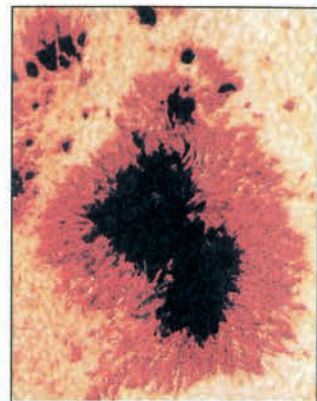
Slnko má zhruba 4,6 miliardy rokov, je vo veku človeka, ktorý prekročil tridsiatku. Až sa dožije v ľudských mierach šesťdesiatky, bude vodík v jeho centre spotrebovaný. Stred Slnka sa zmení na **héliovú guľu**. Vodík sa bude meniť na hélium už iba v obale. Slnko začne javiť známky vyčerpania. Jeho priemer sa zväčší. Hoci povrchová teplota klesne z terajších 5 500 na 4 000 stupňov Celzia, žiarenie Slnka bude tak intenzívne, že na Zemi sa bude roztápať olovo.

Najbližšie planéty Merkúr a Venuša rozpínajúce sa Slnko pohltí a nebezpečne sa priblíži k Zemi. Po vyčerpaní zásob vodíka v dôsledku klesajúcej príťažlivostnej sily Slnka trvale zosilnie slnečný vietor, v dôsledku čoho dôjde k výraznejšiemu ubúdaniu slnečnej hmoty. Menšia príťažlivosť Slnka spôsobí, že dráha Zeme sa od neho vzdiali. Žeravá slnečná guľa však naďalej bude pokrývať takmer polovicu zemského obzoru. Oceány sa už dávno vyparia a život na našej planéte vyhasne.

Táto vedecky podložená predstava je úplne odlišná od tej, čo si ľudia myslia o konci svojej existencie na Zemi. Predpokladali, že s chladením Slnka zanikne život pre nedostatok tepla, v ľade a mraze.

Slnko ešte stále žiari a vo svojom ďalšom vývoji bude žiariť v podobe červenej hviezdy až nastane deň, keď prebehne posledná termojadrová reakcia premeny vodíka na hélium a Slnko odvrhne do priestoru svoj posledný obal.

Zo Slnka potom zostane len vyhoreté jadro bez paliva na ďalšie termojadrové reakcie. V porovnaní s ľudským vekom vtedy dovŕši sedemdesiatku. Zmení sa na vesmírny objekt známy ako biely trpaslík. Objekt, ktorý je na konci svojej cesty a už len stále viac a viac chladne...

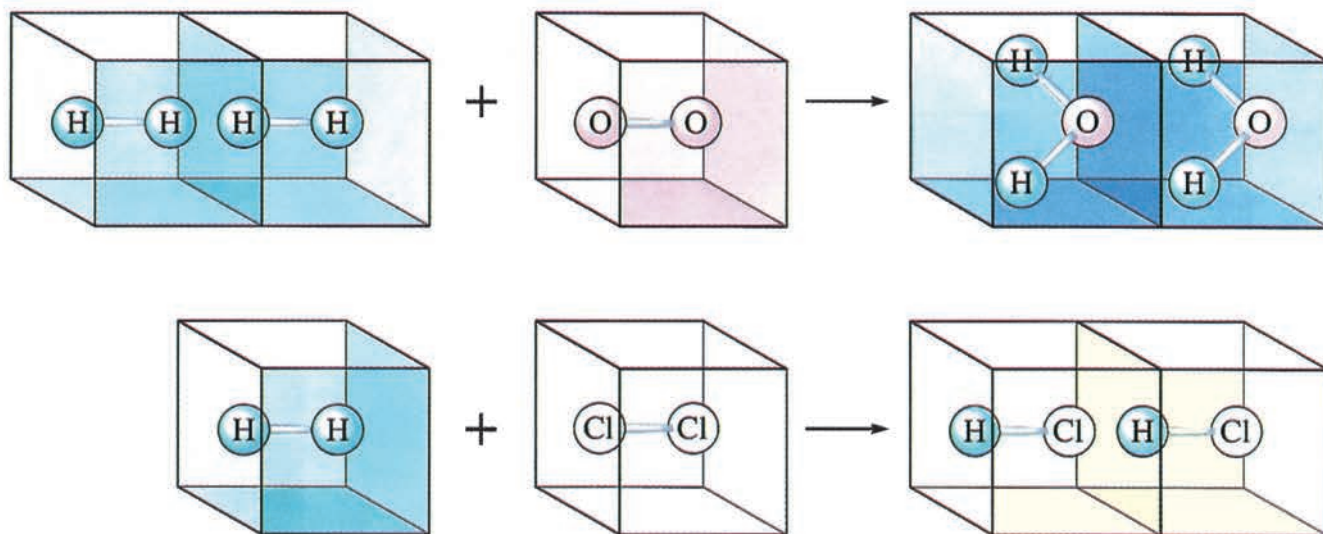


Magnetický rytmus slnečných škvrn sa zo zatiaľ neobjasnených príčin opakuje v perióde 22 rokov.

1.7 Možno atómy a molekuly počítať?

Mol, látkové množstvo

Na začiatku minulého storočia francúzsky chemik **GAY-LUSSAC** robil zaujímavé, ale veľmi nebezpečné pokusy, pri ktorých takmer oslepol. Skúmal, v akých pomeroch sa zlučujú dve plynné látky pri rovnakej teplote a tlaku a zistil (obr. 1.4):

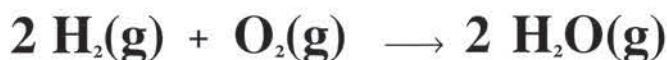


Obr. 1.4 Objemové pomery pri zlučovaní molekúl plynných látok (Gay-Lussacov zákon)

1. jeden objem vodíka s jedným objemom chlóru sa zlúči bez zvyšku na dva objemy chlorovodíka



2. dva objemy vodíka sa zlúčia s jedným objemom kyslíka bez zvyšku na dva objemy vodnej pary



Všimnite si tieto pomery:

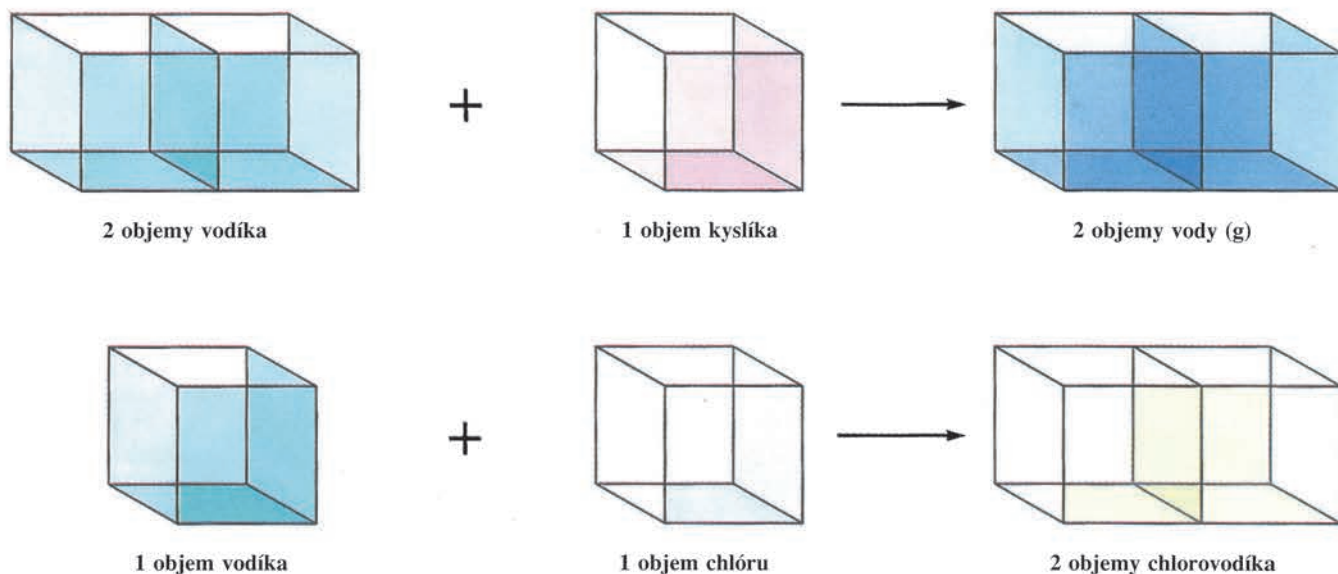
Jeden objem a jeden objem dva objemy, čiže v číselnom vyjadrení 1:1:2 v prvom prípade.

Dva objemy a jeden objem dva objemy, čiže číselne 2:1:2 v druhom prípade.

Ak sa tento pomer nezachoval, nadbytočné množstvo jednej alebo druhej látky zostalo nezlučené.

Z toho **GAY-LUSSAC** vyvodil zákon objemových zlučovacích pomerov (obr. 1.5):

Pri rovnakej teplote a tlaku objemy dvoch reagujúcich plynných látok aj vzniknutej plynnej zlúčeniny možno vyjadriť pomerom malých celých čísel.



Obr. 1.5 Gay-Lussacov zákon

Objemové pomery pri vzniku chlorovodíka sú 1:1:2, pri vzniku vodnej pary 2:1:2.

Taliansky fyzik **Amadeo AVOGADRO** z výsledkov týchto pokusov v r. 1811 vyvodil záver: Každá zmena látky vyplýva zo zmien jej najmenších častíc. Najmenšie častice vodíka, chlóru, kyslíka, chlorovodíka aj vodnej pary sú **molekuly**.

Rovnaké objemy plynov sa zlučujú bez zvyšku, lebo je v nich rovnaký počet molekúl. Z týchto poznatkov sformuloval Avogadro hypotézu, ktorej správnosť sa dokázala o 50 rokov neskôr. V súčasnosti sa táto hypotéza nazýva **Avogadrov zákon** a znie:

Rovnaké objemy plynov pri rovnakej teplote a rovnakom tlaku obsahujú rovnaký počet molekúl.

Zo začiatku sa zdalo beznádejné, určiť počet častíc v danom objeme plynu. Toto číslo by muselo byť obrovské.

Prvé odhady tohto čísla sa opierali o údaje o veľkostiach atómov, ktoré udával **G. LOSCHMIDT**. Od tohto obdobia sa však objavili mnohé a rôzne metódy na určovanie tohto čísla.

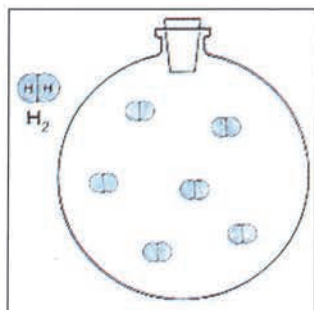
Dnes je toto číslo pomenované podľa A. Avogadra, pôvodne nazývané „Loschmidtovo číslo“ a udáva počet 1 molu presne určených častíc:

Avogadrovo číslo $N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
 N_A je počet častíc na 1 mol látky
1 mol = $6,023 \cdot 10^{23}$ častíc

Jeden mol je množstvo látky, ktoré obsahuje toľko častíc, koľko atómov 12 g izotopu ^{12}C .



Amadeo AVOGADRO
(1776–1856)



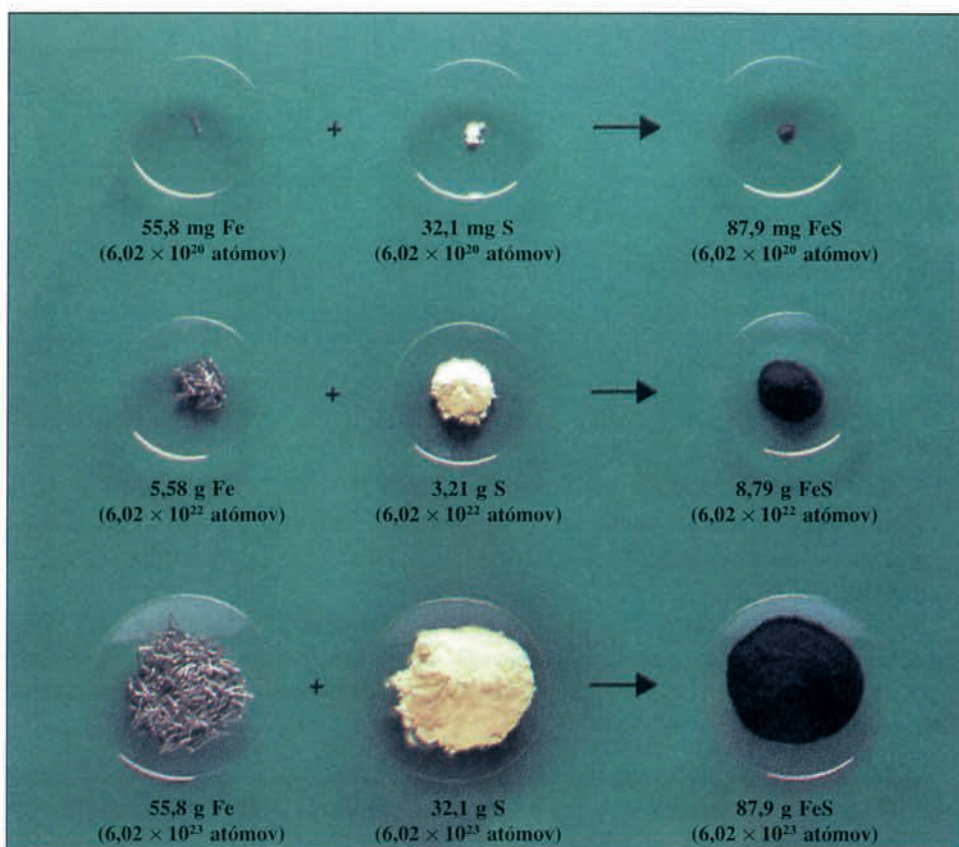
1 mol vodíka

Pretože v 12 g tohto izotopu sa nachádza $6,023 \cdot 10^{23}$ atómov C, jeden mol inej látky sa skladá tiež z $6,023 \cdot 10^{23}$ určených základných častíc. Jeden mol je základnou jednotkou veličiny „**látkové množstvo**“.

Látkové množstvo možno vyjadriť vzťahom:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

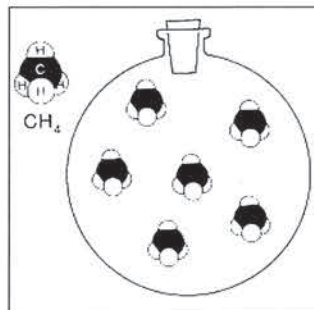
kde N je celkový počet častíc v uvažovanom súbore.



Látkové množstvo vybraných zlúčenín. Jeden mol týchto látok sa skladá z 602 209 430 000 000 000 000 častíc. Každá zaberá iný priestor.

Priame meranie látkového množstva nie je prakticky uskutočniteľné, podobne ako priame meranie počtu častíc.

K praktickému určovaniu látkového množstva n sa preto používa vzťah medzi látkovým množstvom, celkovou hmotnosťou systému m a mólovou hmotnosťou M danej látky.



1 mol metánu – plyn

$$M = \frac{m}{n}$$

Mólová hmotnosť M je hmotnosť takého homogénneho súboru častíc, ktorého látkové množstvo je jednotkové. Je to teda hmotnosť jednotkového látkového množstva (1 mol). Môžeme ju vypočítať ako súčin hmotnosti jednej častice a Avogadrovej konštanty.

$$M(^1\text{H}) = m(^1\text{H}) \cdot N_A = 1,67355 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

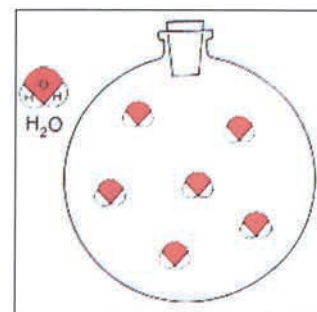
$$M(^1\text{H}) = 1,00782 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,00782 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(^{63}\text{Cu}) = 62,9280 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 62,9280 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$M(^{107}\text{Ag}) = 106,905 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1} = 106,905 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Jednotkou mólovej hmotnosti je $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$. Častejšie sa používa menšia jednotka $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Ak sa mólová hmotnosť prvku vyjadruje v $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, potom jej číselná hodnota sa rovná relatívnej atómovej hmotnosti tohto prvku alebo číselnej hodnote hmotnosti atómu tohto prvku vyjadrenej v atómových hmotnostných jednotkách.



1 mol vodnej pary

Prvok	Atómová hmotnosť (u)	Mólová hmotnosť		Látkové množstvo 1 mol atómu = $6,023 \cdot 10^{23}$ atómov
		$\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$	$\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$	
Uhlík	12,011	12,011	0,012011	1 mol C-atómov
Draslík	39,102	39,102	0,039102	1 mol K-atómov
Železo	55,845	55,845	0,055845	1 mol Fe-atómov

?

OTÁZKY A ÚLOHY

1. Akému látkovému množstvu zodpovedá:

- 8,268 g molekulového fluóru
- 1,244 g atómového vodíka
- 107,5 g vápenatých katiónov
- 26,75 g bieleho fosforu
- 3,334 g chloristanových aniónov

2. Koľko molekúl obsahuje:

- 5,30 g molekulového brómu
- 0,230 g oxidu uhličitého
- 35,70 g vody
- 225,0 g chloridu sodného

3. Akému látkovému množstvu zodpovedá:

- 40,53 g SO_2
- 24,55 g H_3PO_3
- 33,46 g $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- 148,2 g BaSO_4
- 200,0 g $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$

4. Aké látkové množstvo predstavuje:

- $3,20 \cdot 10^{24}$ atómov olova
- $1,78 \cdot 10^{21}$ draselných katiónov
- $9,13 \cdot 10^{23}$ molekúl amoniaku

5. Vypočítajte hmotnosť:

- jedného atómu zlata
- jednej molekuly vodíka
- jedného atómu hélia
- jednej molekuly jódu



6. Vypočítajte hmotnosť:

- a) $5,80 \cdot 10^{25}$ atómov železa
- b) $3,38 \cdot 10^{23}$ molekúl bromidu ciničitého
- c) $7,78 \cdot 10^{21}$ atómov síry
- d) $1,88 \cdot 10^{23}$ sulfidu fosforitého

1.8 Stavba elektrónového obalu



L. De BROGLIE

Vlastnosti atómového jadra sú veľmi zaujímavé, no chemici musia venovať pozornosť skôr elektrónovému obalu.

Práve v ňom prebiehajú procesy, ktoré sa navonok prejavujú ako chemické reakcie, kedy sa mení iba usporiadanie elektrónového obalu a atómové jadro zostáva nezmenené. Názory na usporiadanie elektrónového obalu sa postupným vývojom veľmi zmenili.

Mikrosvet, svet elementárnych častíc má svoje osobitosti a zákony. Jednou takouto osobitosťou je dvojaký (dualistický) charakter mikročastíc – **korpuskulárny a vlnový charakter**.

Korpuskulárny charakter znamená charakter častíc určitej hmotnosti (korp = telo, hmota).

Vlnový charakter opisuje vlnová mechanika, ktorej zakladateľom je **L. de BROGLIE r. 1924**.

Podľa jej predstáv je s pohybom každej hmotnej častice nerozlučne spojené vlnenie. Preto sa hmotná častica nepohybuje – ako by sa predpokladalo – určitou rýchlosťou po určitej dráhe, ale sa v istom okamihu vyskytuje s určitou pravdepodobnosťou v uvažovanom mieste. Čím menšia je častica, a čím rýchlejšie sa pohybuje, tým viac prevláda vlnový charakter.

Elektrónový obal je teda určitá časť priestoru okolo jadra.

Tvorí teda obal jadra, ktorý je asi 100 000 krát väčší ako jadro a nachádzajú sa v ňom záporne nabité elektróny.

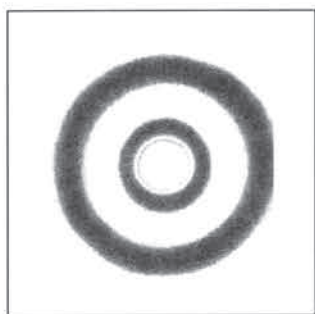
Elektrón je elementárna častica a má dualistický (dvojaký) charakter – korpuskulárny a vlnový.

Orbitál je oblasť najpravdepodobnejšieho výskytu elektrónu okolo jadra.

Slovo orbitál je latinského pôvodu (orbis = kruh).

V orbitáloch sa elektróny vyskytujú s **95 až 99 %** pravdepodobnosťou. Keby sme určili 100 polôh elektrónu, tak až v 99 prípadoch by sme ho našli v tej časti priestoru, ktorá zodpovedá príslušnému orbitálu.

Oblasť pravdepodobného výskytu elektrónov si môžeme predstaviť ako kmitajúci oblak rozprestretý okolo jadra, ktorý má rozdielnú hustotu v jednotlivých miestach a nie je ostro ohraničený.



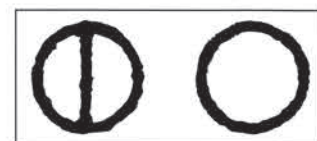
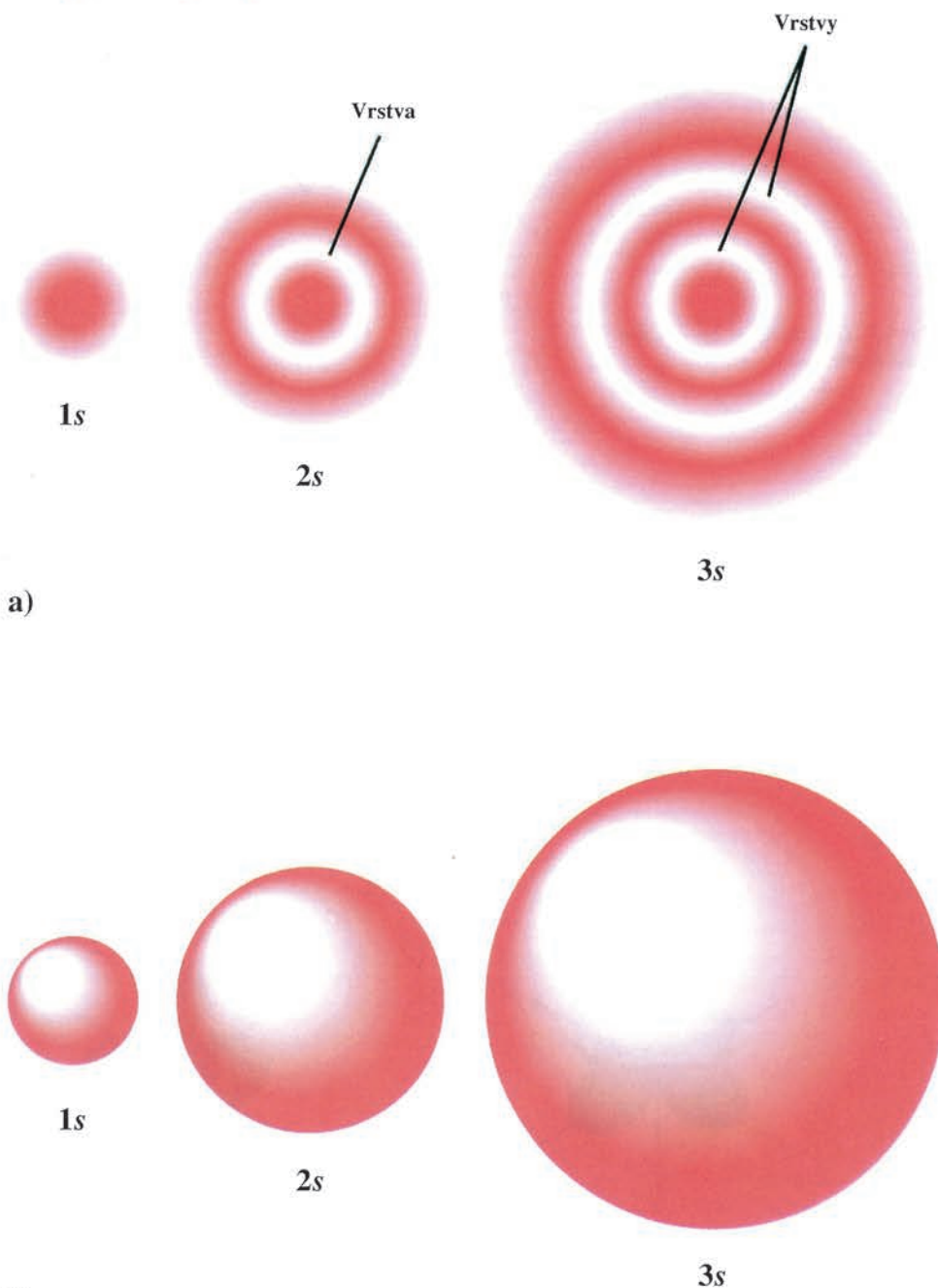
De Broglieho model atómu. Elektrón je nielen vlnenie, ale aj častica.

Najcharakteristickejším znakom orbitálov je ich tvar. Tvar (typ) orbitálov označujeme písmenami **s**, **p**, **d**, **f** a je vyjadrený trojrozmernými modelmi

S – je vždy sférický (guľovo) symetrický (obr. 1.6)

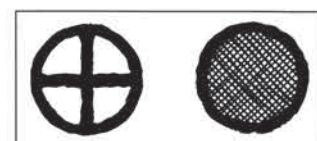
p – orbitál má činkovitý tvar a orientuje sa tromi rôznymi spôsobmi vždy v smere súradnicových osí ako p_x , p_y , p_z (obr. 1.7)

d – orbitál možno prirovnať k dvom skríženým činkám v štyroch rôznych priestorových polohách



dusík

kyslík



uhlík

síra



oxid
horečnatý

vápník



sôda

zinok

Značky prvkov podľa Daltona. Anglický prírodovedec zaviedol začiatkom 19. stor. systém označovania atómov prvkov, ktoré umožnilo popisovať aj zlúčeniny.

Obr. 1.6 Znáznornenie 1s, 2s, 3s orbitálov

a) cez vrstvy pre $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$, b) ako guľovo symetrický