

Inovace studia molekulární a buněčné biologie reg. č. CZ.1.07/2.2.00/07.0354

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Předmět: LRR/CHPB1/Chemie pro biology 1

Investice do rozvoje vzdělávání



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Struktura hmoty - atomu

Mgr. Karel Doležal Dr.

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Cíl přednášky: seznámit posluchače se strukturou hmoty a stavbou atomu

Klíčová slova: struktura hmoty, atom, atomové
jádro, proto, neutron, nuklid, prvek,
radioaktivita, rozpadová řada

Investice do rozvoje vzdělávání



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Struktura hmoty-atomu

Vývoj názorů na stavbu atomu

Demokritos z Abdér (asi 460 - 370 př. Kr.) - zakladatel atomové teorie - myšlenka, že látky se skládají z nejmenších dále nedělitelných částíček - atomů (*atomos* = nedělitelný)

Leukippos – (první polovina 5. století př. Kr.) Demokritův učitel, původce atomismu

Aristoteles – řecký filosof (384 BC – 322 BC) filosof vrcholného období řecké filosofie, nejvýznamnější žák Platonův a vychovatel Alexandra Makedonského. Jeho rozsáhlé encyklopedické dílo položilo základy mnoha věd. Odvržení atomové teorie, prvky (voda, vzduch, oheň, země) se neskládají z atomů, jsou spojitě – v Evropě pak dlouhou dobu atomová teorie odvržena

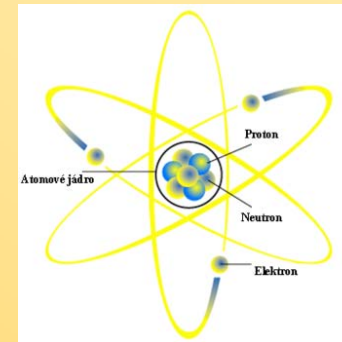
Indie – od 5. století BC se začíná objevovat pojem atom. Budhistická atomová teorie 4. století BC – kvalitativní, aristotelovský typ – každý prvek má svoje specifické atomy. Uvedli atomovou teorii v soulad s teologickými postuláty. Pozdější teorie – ještě propracovanější, až do subatomárních struktur, náboj, vzájemné interakce a reakce atd. Rozdíl od klasické atomární teorie – druhy atomů mají různé vlastnosti (chuť, barva).

Islámský alchimismus – symbióza řeckých a indických myšlenek - filosof al-Ghazali (1058-1111) – atomy jsou jediné existující stálé a hmotné. Většina arabských alchymistů ale následovala Aristotela.

- Znovu Anglie přelom 16. a 17. stol.
 filosof **Francis Bacon** (1561 – 1626) průkopník vědeckých metod, italský matematik a astronom **Galileo Galilei** (1564-1642 AD) (podobně jako Boile na základě experimentů a vědeckého přístupu kritika Aristotelovské fyziky, používá korpuskulární přístup), **Giordano Bruno**, italský kněz a astronom (upálen roku 1600)
- Anglický chemik a fyzik **John Dalton** (1766-1844) – 1801 navázal na Demokritovu atomovou teorii (a objevil zákon parciálních tlaků), zavedl 5 základních postulátů:
 - Prvky jsou složeny z atomů
 - Všechny atomy jednoho prvku jsou stejné, mají stejnou hmotnost
 - Atomy jednoho prvku se liší od atomů jiných prvků
 - Reakce jsou přeskupováním atomů, atomy nemůžeme vytvořit, ani zničit
 - Reakcemi vznikají sloučeniny (slučování prvků narůstá úměrně hmotnost výsledné sloučeniny) a poměr prvků v nich je **STÁLÝ**
 - Považován za zakladatele moderní atomistiky

Atomové jádro

- Experimenty z přelomu století (Cavendish Laboratory, Cambridge, 1897 J.J. Thomson – elektron, Rutherford – jádro, planetární model) nezvratně dokázaly že **atomy** chemických **prvků** jsou složeny z **kladně nabitých atomových jader** a z **obalů**, jejichž **náboj je záporný** a ve své absolutní hodnotě je vždy **stejně** velký jako náboj jádra. **Atomy navenek elektroneutrální.**



- **Atomové jádro** - vnitřní kladně nabitá část **atomu** a tvoří jeho hmotové i prostorové centrum. Atomové jádro představuje 99.9% hmotnosti atomu. Průměr jádra je přibližně 10-15 m - 10.000-krát méně než průměr atomu
- Jádro – kladně nabité protony a netrony (ty ještě stále složené částice – kvarky, antikvarky a gluony)

Rutherford (1911)rozptyl částic alfa při průchodu kovovými foliemi

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



- Xx - vlastní symbol prvku.
- A - *hmotové číslo* (též *nukleonové číslo*) udává počet nukleonů (protony a neutrony) v jádře tohoto atomu. $A=Z+N$
- Z - *atomové číslo* (též *protonové číslo*) udává počet protonů v jádře tohoto atomu (současně počet kladných nábojů jádra daného prvku); **Jednoznačně určuje prvek**
- (N – neutronové číslo, u značky prvku se neuvádí)
- n - *náboj iontu* udává výsledný náboj iontu vzniklého z atomu nebo skupiny atomů odevzdáním nebo přijetím elektronů, a to v násobcích elementárního náboje elektronu; je-li počet atomů různý od 1, pak se tento náboj vztahuje souhrnně k této množině atomů; znaménko plus nebo mínus se píše až za číselný údaj;
- p - *počet atomů* v molekule nebo radikálu nebo víceatomovém iontu resp. obecně ve skupině atomů.
- disulfidový anion se dvěma zápornými náboji, tvořený dvěma atomy síry s atomovým číslem 16 a hmotovým číslem 32 se zapíše následujícím způsobem:

Investice do rozvoje vzdělávání



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

- **Nuklid** je soubor zcela totožných atomů jednoho prvku, se stejným protonovým (počet protonů v jádře) i nukleonovým číslem (počet nukleonů v jádře).
- **Prvek** je soubor atomů se stejným Z (N , a tím i A , se mohou lišit)
- Dva a více nuklidů téhož prvku nazýváme **izotopy**
- Hmotnost atomu – klidová hmotnost daného atomu jako celku – v jednotkách SI, velmi malá čísla
- Proto zavedena atomová hmotnostní konstanta m_u , atomová hmotnostní jednotka, je 1/12 klidové hmotnosti atomu uhlíku ^{12}C (tedy s 6 protony a 6 neutrony v jádře). **Hodnota konstanty** vyjádřená v jednotkách **SI**: $m_u = (1,660\ 538\ 86 \pm 0,000\ 000\ 28) \times 10^{-27}$ kg
- Relativní atomová hmotnost je určena vztahem

$$A_r = m_a / m_u,$$
 kde m_a je klidová hmotnost atomu, m_u je atomová hmotnostní konstanta ($1,661 \cdot 10^{-27}$ kg). Číselně je relativní atomová hmotnost rovna molární hmotnosti vyjádřené v gramech. Zjištěné relativní atomové hmotnosti se používají k výpočtu hmotnosti atomu m_a pomocí vztahu

$$m_a = A_r \cdot M_u \cdot 10^{-3} \text{ (kg)}$$



Prvky – mononuklidické (fluor) a polynuklidické (isotopie)

Izotopy téhož prvku mají prakticky totožné chemické vlastnosti; hlavní rozdíl spočívá v tom, že těžší izotopy reagují poněkud pomaleji. Tento efekt je nejvýraznější u lehkého vodíku a deuteria, které je dvakrát těžší.

Experimentálně zjištěno – hmotnost každého stabilního atomu je menší než prostý součet hmotností elementárních částic

$$E_j = \Delta M \cdot c^2$$

E_j – vazebná energie jádra – uvolní se při vzniku daného jádra z elementárních částic

Investice do rozvoje vzdělávání



INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

- Sloučení elementárních částic na atomová jádra = uvolnění obrovské vazebné energie (Při vzniku 1 molu atomů helia (4g) z elementárních částic by se uvolnila energie ($2,71 \cdot 10^{12}$ J) schopna ohřát 6500t vody z bodu tání na bod varu.) Atomová jádra proto velmi stabilní
- Energetické změny doprovázející chem. reakce $10^5 - 10^6$ krát menší
 - Chemické procesy nikdy nezasahují do jádra (jaderná fyzika)
- Fyzikální vlastnosti izotopů jsou podobné, ale odlišují se. Kromě jejich hmotnosti a tedy hustoty jejich sloučenin bývá nejčastější odlišností mezi izotopy jejich stálost. Některé izotopy (vzdalující se od ideálního středního poměru počtu neutronů a protonů na kteroukoli stranu) nejsou stabilní a podléhají radioaktivnímu rozpadu.
- Stabilita jader závisí na vazebné energii, nejstabilnější prvky v oblasti $Z=14$ až 50 . Menší jádra – schopnost jaderných přeměn, syntetických jaderných procesů – termonukleární reakce.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

- Těžká jádra – štěpné procesy, samovolný radioaktivní rozpad. Prvky $Z > 83$ radioaktivní
- Stabilita závislá také a poměru N a Z 1:1 až 3:2 (větší jádra)

Radioaktivita

Radioaktivní rozpad atomových jader – projevem jejich nestability. Samovolná eliminace částic nebo jejich skupin z prostoru jádra ve formě záření

α – jádra helia ${}^4_2\text{He}$, velice stabilní. $Z > 83$ kladně nabitě, nejmenší pronikavost



β^- – jádra s nadbytkem neutronů

proton zůstává v jádře, elektron jádro opouští jako tzv. částice β^-

Obecný předpis: ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z+1}\text{Y} + e^- + \bar{\nu}_e$

Příklad: ${}^{234}_{91}\text{Pa} \rightarrow {}^{234}_{92}\text{U} + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}_e$

β^+ jádra s nadbytkem protonů

neutron zůstává v jádře, pozitron jádro opouští jako tzv. částice β^+

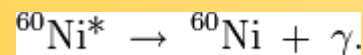
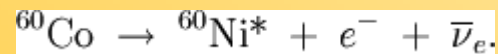
Obecný předpis: ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z-1}\text{Y} + e^+ + \nu_e$

Příklad: ${}^{30}_{15}\text{P} \rightarrow {}^{30}_{14}\text{Si} + {}^0_1e + \nu_e$

Oba druhy přeměn doprovázeny emisí neutrin a antineutrin

γ proud fotonů o vysoké energii (nad 10 keV). Nejlépe proniká do materiálů, ale je méně ionizující.

Často vzniká spolu s alfa nebo beta zářením – nové jádro po vyzáření částic může být v excitovaném stavu, do základního může přejít vyzářením fotonu – částice gama



Investice do rozvoje vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Rozpadové řady

- **Rozpadová řada** (též **přeměnová řada** nebo **radioaktivní řada**) popisuje postupný radioaktivní rozpad nestabilních jader těžkých prvků. Rozpad v těchto řadách probíhá vždy vyzařováním částic alfa (jader helia) nebo beta (elektronů). S výjimkou neptuniové řady začínají všechny relativně stabilním, v přírodě se běžně vyskytujícím izotopem, s poločasem rozpadu nad půl miliardy let. Na konci každé rozpadové řady je stabilní izotop.
- Známý jsou čtyři základní rozpadové řady:
- **Uran-radiová**, začínající uranem ^{238}U
- **Thoriová**, začínající thoriem ^{232}Th
- **Aktiniová**, začínající uranem ^{235}U
- **Neptuniová**, začínající plutoniem ^{241}Pu
- Počet rozpadových řad vyplývá z toho, že vyzařováním alfa se počet nukleonů mění právě o čtyři, zářením beta se nemění.

Investice do rozvoje vzdělávání



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Kinetika radioaktivního rozpadu

- Pravděpodobnost P rozpadu radioaktivního nuklidu v časovém intervalu $\Delta\tau$ $P = k \cdot \Delta\tau$ k – rozpadová konstanta (stejná a charakteristická pro všechny atomy daného nuklidu)
- $\tau_{1/2}$ poločas rozpadu doba potřebná k $B = 1/2 \cdot B_0$ (B_0 výchozí množství přítomného radioaktivního nuklidu) $\tau_{1/2} = 0,692/k$
- $\tau_{1/2}$ nezávislý na B_0 , nedá se ovlivnit ^{212}Po $\tau_{1/2} = 3 \cdot 10^{-7}$ s ^{232}Th $\tau_{1/2} = 1,4 \cdot 10^{10}$ roků
- Radioaktivní nuklidy vyskytující se v přírodě – buď poločas rozpadu srovnatelný se stářím Země (za $10 \times \tau_{1/2}$ se koncentrace nuklidu sníží na $1/1000$) nebo se průběžně vytvářejí přirozeným jaderným procesem
- Nuklidy se $Z > 83$ velmi krátký poločas, jen ^{232}Th , ^{235}U a ^{238}U přečkaly geologická období.

Investice do rozvoje vzdělávání



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.