

2. Stavba atomu

- Historie atomu

- V 5. st. PŘ. n. l. řečtí učenci Demokritos a Leukippos vyslovili názor, že látky jsou složeny z atomů (nepatrných částecek), které nelze chemickými postupy dělit
- V 19. st. Britský chemik John Dalton – atomová teorie
 - Prvky jsou složeny z malých částic (atomů)
 - Atomy stejného prvku mají stejné vlastnosti
 - Atomy různých prvků mají různé vlastnosti
 - Při chemických reakcích dochází je spojování, oddělování a přeskupování atomů, ale atomy při nich nevznikají, nemizí ani se nemění na atomy jiných prvků
 - Sloučením 2 a více prvků vznikají sloučeniny
 - V určité sloučenině připadá na jeden atom jednoho prvku vždy stejný počet atomů jiného prvku

- Atom

- Základní stavební částice všech látek
- Je elektroneutrální
- Poloměr atomu – 10^{-10} m
- Jádro
 - Je složeno z protonů a neutronů (nukleonů) a má kladný náboj
 - Klidová hmotnost protonu a neutronu je stejná a elektrony jsou 1 840x lehčí
 - Poloměr jádra – 10^{-14} m až 10^{-15} m
 - Mezi nukleony v jádru působí ohromné síly s krátkým dosahem
 - Stabilita jádra je stav, kdy přitažlivé síly převyšují odpudivé
 - Závisí na poměru protonů a neutronů
- Elektronový obal
 - Je složen z elektronů a má záporný náboj
 - Hmotnost obalu je menší než 1 % hmotnosti celého atomu
 - Hmotnost atomu je soustředěna v jádře
 - Valenční elektrony
 - Jsou elektrony jsou v nejvzdálenější vrstvě obalu
 - Mají nejvyšší energii
 - Podílí se na vzniku chemických vazeb
 - Udělují sloučeninám atomů jejich vlastnosti

- Náboje částic

- náboj elektronu – $-1,602 \cdot 10^{-19}$ C (coulomb)
- náboj protonu – $+1,602 \cdot 10^{-19}$ C
- Náboj elektronu – 0 C

- Protonové a nukleonové číslo

- Počet protonů (Z) – protonové číslo – zároveň počet elektronů
- Počet částic v jádře (A) – nukleonové číslo ($A=Z+N$) – A_ZX
- Počet neutronů (N) – neutronové číslo

- **Prvek** – chemicky čistá látka složená z atomů se stejným protonovým číslem

- **Nuklid** – látka složená z atomů se stejným nukleonovým číslem

- **Izotop** – různé nuklidy téhož prvku, např. soubor izotopů vodíku: 1_1H , 2_1H , 3_1H

- **Stavba elektronového obalu**

- Elektronová hustota je hodnota pravděpodobnosti výskytu elektronu v daném místě
- Oblast nejhustšího výskytu elektronů v elektronovém obalu se nazývají orbitály
- **Orbital**
 - je grafický vyjádřením vlnové funkce, kterou lze vypočítat pravděpodobnost výskytu elektronu v daném okamžiku v dané oblasti atomu; bývá 95-99 %
 - Kvantová čísla – se používají k popisu elektronového obalu a elektronů umístěných v orbitalech
 - Prostor kde se elektron stále pohybuje se značí tečkováním
 - **Hlavní kvantové číslo – značka: n – hodnota: 1-7** – určuje energii elektronu a určuje vzdálenost elektronu od jádra
 - Další označení vrstvy
 - **Vedlejší kvantové číslo – značka: l – hodnota: 0 až n-1** – určuje energii a tvar orbitalu
 - Typy orbitalů: l = 0 je orbital **s**; l = 1 je orbital **p**; l = 2 je orbital **d**; l = 3 je orbital **f**
 - **Magnetické kvantové číslo – značka: m – hodnota: -l, 0, +l** (*mínus el, přes nulu až k plus el*) – udává prostorovou orientaci orbitalu a počet daného orbitalu
 - **Spinové kvantové číslo – značka: s – hodnota: -½, +½** – určuje hybnost elektronu

n	l	m	Orbital
1	0	0	1s
2	0	0	2s
2	1	-1, 0, 1	2p
3	0	0	3s
3	1	-1, 0, 1	3p
3	2	-2, -1, 0, 1, 2	3d
4	0	0	4s
4	1	-1, 0, 1	4p
4	2	-2, -1, 0, 1, 2	4d
4	3	-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3	4f

- **Degenerované orbitály**
 - Jsou orbitály, jejichž hlavní a vedlejší číslo je stejné a liší se pouze v čísle magnetickém
 - Odpovídající počet rámečků pro jednotlivé orbitály se značí spojením rámečků v jeden celek

○ **Elektronová konfigurace**

- Ukazuje obsazení atomových orbitalů elektrony
- K jejímu znázornění se používá rámečkových diagramu a elektrony se značí šipkami
 - Opačný směr šipek značí, že elektrony mají opačný spin
- Nezkrácený zápis elektronové konfigurace – ${}_{20}\text{Ca}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
- Zkrácený zápis elektronové konfigurace – ${}_{20}\text{Ca}$: $[\text{Ar}]4s^2$

○ **Pauliho princip vylučnosti**

- V jednom orbitalu mohou být maximálně 2 elektrony, lišící se hodnotou spinového kvantového čísla
- V atomu nemohou existovat 2 elektrony, které by měli všechna 4 kvantová čísla stejná

○ **Hundovo pravidlo**

- V degenerovaných orbitalech vznikají elektronové páry, teprve po zaplnění každého orbitalu jedním elektronem
- Všechny nespárované elektrony mají stejný spin.

○ **Výstavbový princip**

- Orbitaly s nižší energií se zaplňují dříve než orbitaly s vyšší energií
- **Pravidlo $n + l$**
 - nejdříve se zaplňují orbitaly s menším součtem $n + l$, v případě rovnosti s menším n
 - Tomu odpovídá pořadí: 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, 5d, 6p

○ Uvedená pravidla platí pro elektronovou konfiguraci atomů v základním stavu, tzn. stavu s nejnižší energií

○ **Excitace**

- Je proces kdy dodáním energie přejde atom do excitovaného stavu a jeden nebo více valenčních elektronů přejde do vyšší energetické hladiny
- Atom v excitovaném stavu se značí hvězdičkou

○ **Ionizace**

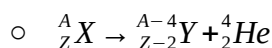
- Je proces, při kterém se dodáním dostatečně velké energie odtrhne jeden nebo postupně více elektronů od atomu a z atomu se stává kation
- Ionizační energie je energie nutná k odtržení elektronu od atomu v plynném stavu
- Elektrony se po odtržení můžou spojit s jinou elektroneutrální částicí a vytvořit tak anion
- Elektronová afinita je energie uvolněná při vzniku aniontu z atomu v plynném stavu

- **Modely atomu**

- Thomsonův (pudinkový) model (1904)
 - Elektrony jako rozinky v pudinku, kde atom je homogenní koule kladně nabitě hmoty, v níž jsou ponořeny právě elektrony
 - Elektron objeven v roce 1897
 - Počítá s tím, že α záření proniká bez odporu skrze atom a nemění svůj směr
- Rutherfordův (planetární) model (1911)
 - Kolem kladně nabitého jádra obíhají elektrony
 - Jádro je $10\,000\times$ - $100\,000\times$ menší než celý atom a veškerá hmotnost je soustředěna v jádře (hmotnost jádra je $2\,000$ - $5\,000\times$ vyšší než hmotnost obalu)
 - Nedostatek – z pohledu klasické fyziky nabitá částice pohybující se po kruhové dráze emituje energii
 - Emitováním energie by se snižoval poloměr dráhy a ta by se přiblížila spirále
 - Vlivem vyzařování energie by tak elektron záhy spadl na jádro a zanikl v něm
 - Nutnost kvantování
- Bohrovův model (1913)
 - První kvantový model
 - Elektrony se pohybují po kružnicích – hladinách, na nichž nevyzařují žádné elektromagnetické záření
 - Při přechodu z jedné hladiny na druhou elektron vyzařuje (pohltní) právě jeden foton
 - Jsou dovoleny takové dráhy, kde moment hybnosti L elektronu činí $n\hbar$, kde $n = 1, 2, 3, \dots$ a $\hbar$ je redukovaná Planckova konstanta
 - Model je nevhodný pro látky s více elektrony
- Sommerfeldův model
 - Elektrony se pohybují kolem jádra nejen po kruhových, ale i eliptických drahách
 - Každý elektron je charakterizován 4 kvantovými čísly
- Vlnově-mechanický model
 - Vychází z dualistického charakteru elektronu a Schrödingerovy rovnice

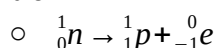
- Radioaktivita

- je schopnost některých jader atomu se přeměňovat na jiná jádra atomu a vyzařovat záření – tyto atomy jsou označeny jako nestabilní (radioaktivní)
- Stabilita atomů
 - Důležitým faktorem je poměr počtu neutronů N k počtu protonů Z
 - U prvků s protonovým číslem $Z \leq 20$, je stabilní podíl $N : Z$ roven 1
 - Se zvyšujícím protonovým číslem poměr $N : Z$ pro stabilní nuklidy postupně roste až do hodnoty 1,5
- Druhy radioaktivity
 - Přírodní – vyskytují se v přírodě a samovolně se rozpadají a přeměňují se
 - Umělá – je rozpad jader, předem připravených umělých prvků
- Jaderná záření
 - Záření α
 - Je tvořeno částicemi α , což jsou kladně nabitá jádra helia: ${}^4_2\text{He}$
 - Záření má velmi malý dosah a zachytí ho i papír nebo tenká hliníková fólie
 - Dosahuje 10 % rychlosti světla
 - Má největší ionizační účinky
 - Záření β
 - Záření β^-
 - je tvořeno proudem záporně nabitých elektronů ${}^0_{-1}e$
 - je pronikavější než záření α
 - dosahuje 99 % rychlosti světla
 - má menší ionizační účinky
 - Záření β^+
 - Je tvořeno proudem kladně nabitých pozitronů ${}^0_{+1}e$
 - Záření γ
 - Je elektromagnetické vlnění s velmi krátkou vlnovou délkou a vysokou energií
 - Energie je nepřímo úměrná vlnové délce
 - Vlastnostmi se podobá rentgenovému záření a často se používá k podobným účelům
 - Je nejpronikavější
- Radioaktivní rozpady
 - Rozpad α
 - Typický pro jádra těžkých prvků
 - Z jádra je vymrštěna částice ${}^4_2\text{He}$ a vzniká jádro prvku s A 4 jednotky nižším a Z o 2 jednotky nižší
 - Vzniklý nuklid je v periodické tabulce posunut oproti původnímu jádru o dvě místa vlevo



▪ Rozpad β^-

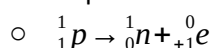
- Je typický pro jádra nuklidů, která vybočují z řeky stability
- V tomto případě se může některý z neutronů přeměnit na proton a elektron



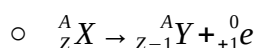
- Jádro vzniklé rozpadem β^- má o jeden proton více
 - Vzniklý nuklid je v periodické tabulce o jedno místo vpravo
 - ${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e$

▪ Rozpad β^+

- Některé uměle připravené nuklidy mají nadbytek protonů
- V tomto případě může dojít k přeměně některého protonu na neutron a pozitron

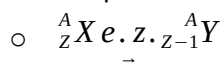


- Pozitron opouští jádro a velmi rychle zaniká rekombinací s elektronem za vzniků fotonů
- Při rozpadu β^+ vzniká nuklid, který je v periodické tabulce umístěn o jedno místo vlevo



▪ Elektronový záchyt

- Přebytek protonů může být odstraněn i tak, že proton, který je součástí jádra zachytí některý elektron z obalu a vzniká neutron
- Elektronovým záchytem vzniká nuklid, který je v periodické tabulce, vzhledem k původnímu prvku, posunut o jedno místo vlevo



○ **Poločas rozpadu - τ ½**

- Je doba, za kterou se rozpadne polovina přítomných jader radioaktivního nuklidu
- Je to charakteristická vlastnost každého prvku – nedá se změnit na základě vnějších vlivů (zvýšení teploty), závisí pouze na daném nuklidu, je pro něj konstantní veličinou
 - Přeměnová konstanta pro každý radioaktivní nuklid – $N = N_0 e^{-\lambda t}$

○ **Typy radioaktivních reakcí:**

▪ Jednoduchá jaderná reakce

- Interakce nějakého jádra s jiným jádrem nebo mikročásticí, kdy vzniká jedno nebo více jader a jedna nebo více mikročástic
 - První umělá reakce byla provedena v roce 1919, kdy ozářením atomu dusíku zářením α vznikl kyslík a proton

- Podobnými reakcemi byli připraveny všechny transurany

- Štěpná rozpadová reakce
 - Využívá se v jaderných reaktorech
 - Palivem nejčastěji bývá: ^{235}U , ^{239}Pu
 - Jádru je ostřelováno štěpným neutronem, následně se jádro rozpadne na zhruba dvě stejně velké části, které jsou stabilnější a zpravidla vznikají další 2 až 3 neutrony a uvolňuje se energie
 - Štěpný neutron
 - Je neutron, který se pohybuje dostatečně pomalu
 - Pokud by se pohyboval příliš rychle, dojde k jeho pohlcení jádrem a ke štěpení jádro nedojde
 - Regulační tyče
 - Nejčastěji vyrobeny z kadmia nebo karbidu bóru
 - Neustále regulují a odchyťávají přebytečné neutrony
 - Havarijní tyče
 - při problému by se měli spustit celé a měli by pochyťat všechny neutrony
 - Moderátor
 - Nejčastěji grafit, těžká voda
 - Nepohlcuje, pouze zpomaluje neutrony
- Termonukleární
 - Probíhá za vysokých teplot a tlaku
 - Spojování lehkých jader v jádra těžší
 - Reakce ve hvězdách nebo termonukleárních zbraních
- **Radioaktivní rozpadové řady**
 - Thoriová – přirozená – začíná ^{232}Th a končí ^{206}Pb
 - Uran-radiová – přirozená – začíná ^{238}U a končí ^{207}Pb
 - Uran-aktiniová – přirozená – začíná ^{235}U a končí ^{208}Pb
 - Neptuniová – umělá – začíná ^{237}Np a končí ^{209}Bi
- Využití radioaktivity:
 - Lékařství – léčba rakoviny štítné žlázy radioaktivním jódem
 - Archeologie – radiouhlíková metoda ^{14}C – poločas rozpadu 5 730 let
 - Jestliže organismus odumře, počet rozpadů ve stejném vzorku klesá
 - Strojírenství, zemědělství, kouřové detektory, jaderné zbraně, energie