2. Stavba atomu

- **Historie atomu**
  - V 5. st. Př. n. l. řečtí učenci Demokritos a Leukippos vyslovili názor, že látky jsou složené z atomů (nepatrných částeček), 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 . 10^{-19} C (coulomb)
  - náboj protonu – +1,602 . 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) – ${}^{A}_{Z}X$
  - 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: ${}^{1}_{1}H$, ${}^{2}_{1}H$, ${}^{3}_{1}H$

- **Stavba elektronového obalu**
    - Elektronová hustota je hodnota pravděpodobnosti výskytu elektronu v daném místě
    - Oblast nejhustšího výskytu elektronů v elektronovém obalu se nazývají orbitaly
    - **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 orbitaly**
            - Jsou orbitaly, jejichž hlavní a vedlejší číslo je stejné a liší se pouze v čísle magnetickém
            - Odpovídající počet rámečků pro jednotlivé orbitaly 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 – $_{20}Ca$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
  - Zkrácený zápis elektronové konfigurace – $_{20}Ca$: $[_{18}Ar]4s^2$
- **Pauliho princip výlučnosti**
  - 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 dřív 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 nabité 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 000x-100 000x menší než celý atom a veškerá hmotnost je soustředěna v jádře (hmotnost jádra je 2 000-5 000x 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
  - Bohrův 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 vyzáří (pohltí) právě jeden foton
    - Jsou dovoleny takové dráhy, kde moment hybnosti L elektronu činí nħ, kde n = 1, 2, 3, … a ħ je redukovaná Planckova konstanta
    - Model je nevhodný pro látky s více elektrony
  - Smomderfeldův model
    - Elektrony se pohybují kolem jádra nejen po kruhových, ale i elepitických 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 označené 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
    - Přirozená – 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: ${}^{4}_{2}He$
      - 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 ${}^{4}_{2}He$ 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

- $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$

  - 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
      - $^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$
    - Jádro vzniklé rozpadem β^- má o jeden proton více
      - Vzniklý nuklid je v periodické tabulce o jedno místo vpravo
      - $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$
  - Rozpad β^+
    - Některé uměle připravené nuklidy mají nadbytek protonů
    - V tomto případě může dojít k přeměně některého protonu na neutron a pozitron
      - $^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e$
    - 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
      - $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e$
  - Elektronový záchyt
    - Přebytek protonů může být odstraněn i tak, že proton, který je součástí jádra zachytí některý elektron z obalu a vzniká neutron
      - $^{0}_{-1}e + {}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n$
    - Elektronovým záchytem vzniká nuklid, který je v periodické tabulce, vzhledem k původnímu prvku, posunut o jedno místo vlevo
      - $^{A}_{Z}X\ e.\ z._{\rightarrow}\ {}^{A}_{Z-1}Y$

- **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 – $\mathbf{N = N_0 e^{-\lambda t}}$
- **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
        - Jádro 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 odchytávají přebytečné neutrony
        - Havarijní tyče
            - při problému by se měli spustit celé a měli by pochytat 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