

## 2. ATOM

### HISTORIE NÁZORŮ NA STAVBU ATOMU

- Leukippos (490 – 420 př. n. l.)
- Demokritos (460 – 340 př. n. l.)
  - látka je tvořená atomy, které se dále nedělí (atomos = nedělitelný)
  - vlastnosti látek jsou určeny tvarem a velikostí atomu
- Dalton (1803)
  - první vědecká atomová teorie
    - každá hmota se skládá z malých částic (atomů), které nelze vytvořit, rozdělit ani zničit
    - je tolik druhů atomů, kolik je prvků, při čemž atomy téhož prvku mají stejné chemické vlastnosti, hmotnost a velikost; atomy různých prvků se vzájemně odlišují
    - spojováním atomů vznikají sloučeniny (Avogadro: 1811 – pojem molekula)
- Thomson (1897)
  - objev záporně nabitých částic uvolněných z atomů = elektrony

### MODELÝ ATOMŮ

#### Thomsonův (pudingový) model (1903)

- atom má tvar koule, tvořené kladným nábojem a v něm se pohybují záporné elektrony jako rozinky v pudinku

#### Rutherfordův (planetární) model (1911)

- atom se skládá z kladně nabitého jádra, kolem kterého obíhají elektrony jako planety kolem Slunce
- objev jádra: ostřelování zlaté fólie kladnými náboji
- objev protonu

#### Bohrův (kvantově mechanický) model (1913)

- elektrony se mohou pohybovat kolem jádra jen ve zcela přesně vymezených a pak nevyzařují žádnou energii, ale při přechodu na jinou dráhu se mění energie elektronu o určité kvantum (dávka) = jen pro vodík a helium

#### Vlnově mechanický model (1925)

- elektrony mají vlastnosti částic (kulička), elektromagnetického vlnění (jako světlo)
- elektrony se nepohybují po přesně vymezených drahách, ale v určitém prostoru, kde můžeme polohu elektronu určit jen s jistou pravděpodobností

#### Dualismus částic:

- elektron se chová jako hmotná částice, ale také jako vlnění

#### Schrödingerova rovnice

- $\psi$  – vlnová fce – neznámá v SR
- $|\psi|$  orbital – oblast nejpravděpodobnějšího výskytu elektronů v obalu

### POPIS ATOMU:

jádro<sup>+</sup> (proton p<sup>+</sup>, neutron n<sup>0</sup> – objeven 1935 Charwickem)

- protony + neutrony = nukleony

obal<sup>-</sup> (elektrony e<sup>-</sup>)

velikost atomu: 10<sup>-10</sup> m

částice	označení	hmotnost (kg)	elementární náboj (c)
elektron	e <sup>-</sup> ( <sup>0</sup> <sub>-1</sub> e)	9,110 · 10 <sup>-31</sup>	- 1,602 · 10 <sup>-19</sup>
proton	p <sup>+</sup> ( <sup>1</sup> <sub>1</sub> p)	1,673 · 10 <sup>-27</sup>	1,602 · 10 <sup>-19</sup>
neutron	n <sup>0</sup> ( <sup>1</sup> <sub>0</sub> n)	1,675 · 10 <sup>-27</sup>	0

- elektron je 1836x lehčí než proton

- jádro atomu zahrnuje téměř veškerou hmotnost, ale jen velmi malou část objemu atomu

### JÁDRO ATOMU

- složení jádra: nukleony
  - a) protony
  - b) neutrony

#### **Z: protonové číslo (atomové číslo)**

- udává počet protonů v jádře, elektronů v obalu a pořadové číslo prvků v PTP

- <sup>6</sup>C, <sup>17</sup>N, ...

#### **A: nukleonové číslo (hmotnostní číslo)**

- udává počet nukleonů (protony + neutrony)

- <sup>12</sup>C, <sup>32</sup>S, ...

- A = Z + N

#### **N: neutronové číslo**

- udává počet neutronů (N = A - Z)

prvek	Z	A	p <sup>+</sup>	n <sup>0</sup>	e <sup>-</sup>
He	2	4	2	2	2
F	9	19	9	10	9
Cu	29	63	29	34	29
U	92	238	92	146	92

- *chemický prvek*: látka složená z atomů se stejným protonovým číslem
- *nuklid*: látka složená z atomů se stejným protonovým i nukleonovým číslem
- *izotopy*: atomy téhož prvku, které mají stejné protonové číslo, ale jiné nukleonové číslo
  - mají stejné chemické vlastnosti, ale různé fyzikální (hmotnost)
- *izobary*: atomy, které mají stejné nukleonové číslo, ale různé protonové číslo ( A, K, Ca)
- většina chem. prvků v přírodě je směsí izotopů C (98,8%), C (1,1%), C (stop)

- počet protonů v jádře = počet elektronů v obalu → navenek neutrální

## RADIOAKTIVITA

- schopnost některých atomových jader samovolně se rozpadat a vysílat přitom záření

a) přirozená:

- vlastnost nestabilních nuklidů vyskytovat se v přírodě
- stabilní jádra pro protonové č.  $Z \leq 20 \rightarrow$  počet protonů a neutronů je 1:1
- $Z > 20 \rightarrow p : n = 1:1,5 (2:3) =$  řeka stability

b) umělá

- samovolný rozpad uměle připravených nuklidů, které se v přírodě nevyskytují, nýbrž se připravují v laboratoři ostřelováním stabilních jader neutrony, jádru He

- historie:

Henry Becquerel (1896)

- uran a jeho soli vysílají neviditelné záření

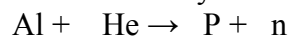
M. Curie Skłodowska + P. Curie (1894)

- izolovali ze smolince nový silně zářící prvek polonium a později ještě intenzivněji zářící Radium

- M. Curie - 2 Nobelovy ceny (1903, 1911)

F. Joliet Curie + I Jolio Curieová

- studium umělé radioaktivity



- Nobelova cena: 1930

- nestabilní a samovolná přeměna, kde vznikají jádra jiných prvků, a uvolňuje se neviditelné záření

- důležitým faktorem, který rozhoduje o tom, zda bude daný nuklid stabilní či nestabilní, je poměr počtu neutronů N k počtu protonů Z

- jaderné (radioaktivní) záření:

- záření  $\alpha$

- kladně nabitá jádra He složená ze 2 protonů a 2 neutronů

- malý dosah, zachytí ho i papír a hliníková folie

- záření  $\beta$

- dělí se na  $\beta^+$  a  $\beta^-$

-  $\beta^+$  - tvořeno kladně nabitými pozitrony  $+1e$

-  $\beta^-$  - tvořeno záporně nabitými elektrony  $-1e$

- větší pronikavost než  $\alpha$

- záření  $\gamma$

- elektromagnetické vlnění s velmi krátkou vlnovou délkou a vysokou energií

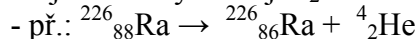
- podobné rentgenu, nejpronikavější

- rozpady:

- rozpad  $\alpha$

- typické pro jádra těžkých prvků

- z jádra se vymrštíuje  ${}^4_2\text{He} \rightarrow$  vzniká jádro s 2 protony a se 4 nukleony



- prvek se posune v PTP o dvě místa doleva

- rozpad  $\beta^-$

- typ. pro jádra nuklid, která vybočují z „řeky stability“ svým počtem neutronů  $\rightarrow$  změna neutronu na proton a elektron  $\rightarrow$  proton zůstává v jádře, elektron jádro opouští

- jádro vzniklé rozpadem má o 1 proton více

- př.:  $^{234}_{91}\text{Pa} \rightarrow ^{234}_{92}\text{U} + ^0_{-1}\text{e}$
- prvek se posune v PTP o jedno místo doprava
- rozpad  $\beta^+$ 
  - protony se mění na neutrony a pozitrony
  - př.:  $^{30}_{15}\text{P} \rightarrow ^{30}_{14}\text{Si} + ^0_{+1}\text{e}$
  - prvek se posune v PTP o jedno místo doleva
- rozpad  $\gamma$ 
  - nemění se počet částic jádra, jen jeho energie
  - elektronový záchyt
  - přebytek protonů je odstraněn zachycením elektronu z obalu do jádra
  - $\text{p} + \text{e} \rightarrow \text{n}$
  - $\text{X} + \text{e} \rightarrow \text{Y}$
  - nuklid se posune v PTP o 1 místo doleva
- existuje asi 2000 radioaktivních nuklidů (20%  $\alpha$ , 80%  $\beta$ )
- *poločas rozpadu* – doba, za kterou se rozpadne polovina přítomných jader radioaktivního nuklidu;  $\tau_{1/2}$ 
  - jaderné reakce
    - transmutace
      - reakce, při kterých vznikají uměle radioaktivní jádra
      - $^{14}_7\text{N} + ^4_2\alpha \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{p}$
    - štěpení jader
      - řízená řetězová reakce
      - řídí se počet neutronů štěpících další jádra
      - $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{140}_{54}\text{Ba} + ^{92}_{36}\text{Kr} + 3\text{n}$
      - neřízená: výbuch atomové bomby
    - skládání jader
    - termonukleární reakce
      - jaderná syntéza
      - ze dvou lehčích jader vzniká 1 těžší + energie
      - na Slunci
      - $4 \text{H} \rightarrow \text{He} + 2 \text{e}$
- význam radioaktivity
  - jaderné elektrárny
  - lékařství (diagnóza, nádory)
  - radiouhlíková metoda
  - detekce vad výrobků
  - atomové bomby

## ELEKTRONOVÝ OBAL

- je tvořen elektrony  $\text{e}^-$
- jeho hmotnost je asi 1840x menší než hmotnost protonu
- stavba elektronového obalu podmiňuje chemické vlastnosti každého prvku
- spojují vlastnosti vlnění i hmotných částic
- prostor, kde se elektrony nejpravděpodobněji vyskytují, se nazývá **orbital**
- kvantová čísla
  - elektrony se v elektronovém obalu nacházejí v několika hladinách (vrstvách)
  - čím je elektron dále od jádra, tím má větší energii

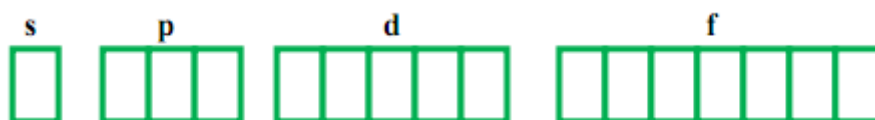
- k popisu hladiny, kde se elektron vyskytuje, slouží **hlavní kvantové číslo (n)**
- **hlavní kvantové číslo (n)**
  - $n = 1, 2, 3, \dots$  (někdy se nahrazuje  $1=K, 2=L, 3=M, \dots$ )
  - rozhoduje o energii elektronu a taky o jeho vzdálenosti od jádra
  - nabývá vždy kladných číselných hodnot
- typ orbitalu je určen **vedlejším kvantovým číslem**
  - společně s  $n$  určuje energii elektronu a rozhoduje o tvaru orbitalu
  - nabývá hodnot od 0 až po  $n-1$
  - př.:  $n = 3 \rightarrow l = 0, 1, 2$       0 – podslupka s, 1-p, 2-d
- **magnetické kvantové číslo**
  - $m_l$
  - udává orientaci orbitalu v prostoru
  - nabývá hodnot od -1 přes 0 po 1
  - př.:  $l = 2 \rightarrow m_l = -2, -1, 0, 1, 2$
  - počet hodnot magnetického čísla udává počet orbitalů
  - př.:  $l = 2 \rightarrow m_l = -2, -1, 0, 1, 2$       orbit. = 5
- **spinové kvantové číslo**
  - $m_s$
  - souvisí s rotací elektronů kolem vlastní osy
  - nabývá dvou hodnot  $\frac{1}{2}$  a  $-\frac{1}{2}$
  - 2 elektrony s opačným spinem v totéž orbitalu tvoří el.pár

**- tvary orbitalů:**

- orbital  $l = 0$  se označuje jako orbital **s**, který má tvar koule,  $m_l = 0$
- orbitály  $l = 1$  mají  $m_l = -1, 0, 1 \rightarrow$  orbitály **p** mají prostorovou orientaci  $\rightarrow$  degenerované
- $l = 2 \rightarrow m_l = -2, -1, 0, 1, 2 \rightarrow$  orbitály **d**;  $l = 3 \rightarrow m_l = -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3 \rightarrow$  orbitály **f**

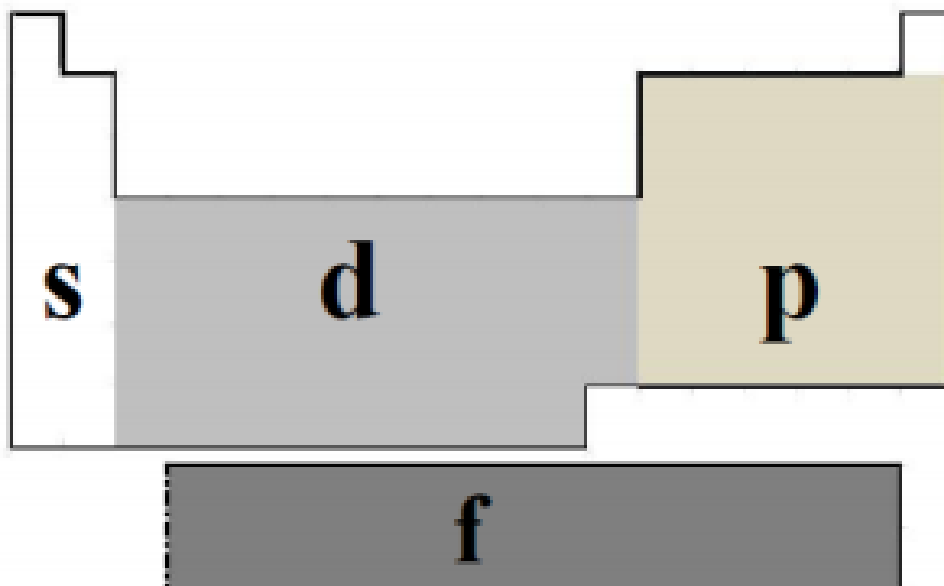
• zápis orbitalů a elektronů:

- pomocí hlavního a vedlejšího kvantového čísla  
 $1s^2$   
**1**...hlavní kvantové číslo  
**s**...vedlejší kvantové číslo  
<sup>2</sup>...počet elektronů
- pomocí rámečku
  - orbitály se zakreslují jako stejně velké rámečky, degenerované orbitály se spojují



## PRAVIDLA PRO ZAPLŇOVÁNÍ ORBITALŮ

- Pauliho princip vylučnosti
  - v atomu nemohou existovat dva elektrony, které by měly všechna kvantová čísla stejná
  - v každém orbitalu mohou být max. dva elektrony s opačným spinovým číslem
  - degenerované orbitaly: stejné hlavní i vedlejší kvantové číslo → mají stejnou energii (liší se m: prostorovou orientací)
- Hundovo pravidlo
  - v degenerovaných orbitalech vznikají elektronové páry teprve po naplnění každého orbitalu jedním elektronem. Všechny nespárované elektrony mají stejný spin.
- Výstavbový princip  
1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p  
př.:  ${}_{9}\text{F} : 1s^1 2s^2 2p^5 = \boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow\downarrow} \boxed{\uparrow} \boxed{\uparrow}$ 
  - počet orbitalů v každé vrstvě obalu je  $n^2$
  - maximální počet elektronů ve vrstvě je  $2n^2$
  - orbitaly s energií nižší se zaplňují elektrony dříve než orbitaly s energií vyšší



d.... přechodné prvky  
s,p .... Nepřechodné prvky  
f... vnitřně přechodné prvky

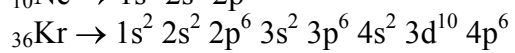
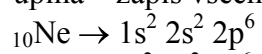
## VALENČNÍ ELEKTRONY

- leží na poslední vrstvě
- podílí se na vzniku chemických vazeb
- určují chemické vlastnosti

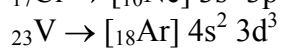
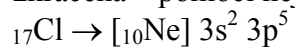
- mají nejvyšší energii

### **ELEKTRONOVÁ KONFIGURACE**

a) úplná – zápis všech elektronů



b) zkrácená – pomocí nejbližšího vzácného plynu s nižším protonovým číslem



### **ELEKTRONOVÝ OKTET**

- poslední vrstva elektronového obalu

- maximálně 8 elektronů

-  $ns^2-np^6$