

Radiologická fyzika a radiobiologie

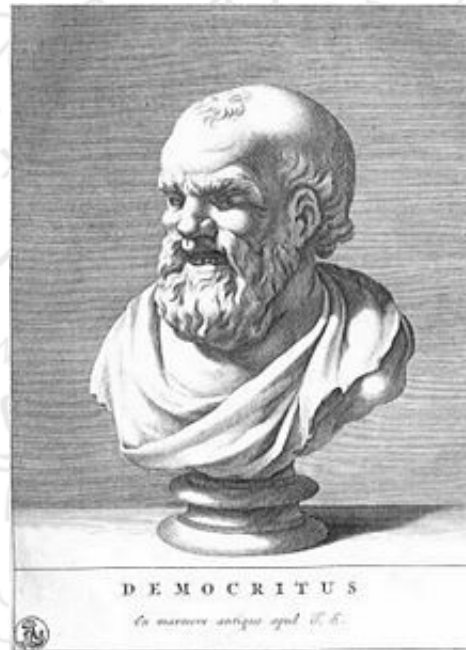
2. přednáška



Atom

- 5. století př.nl. Demokritos

- Filosofická teze o konečné dělitelnosti látek
- Nejmenší nedělitelnou částicí je atom



Atom

- První dekáda 19. stol. John Dalton

- Daltonova atomová teorie

- Látky se skládají z malých částic zvaných atomy. Atomy nelze vytvořit, zničit ani rozdělit.
- Atomy jednoho prvku jsou stejné (mají stejnou hmotnost i vlastnosti).
- Atomy různých prvků mají rozdílné vlastnosti a různou hmotnost.
- Atomy se slučují na molekuly v poměrech malých celých čísel.

Atom

- 1897 Joseph John Thomson

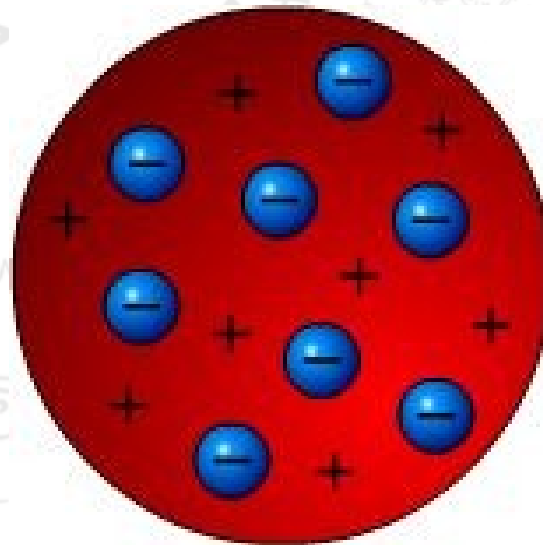
- Při studiu katodového záření objevuje elektron → atom přestává být považován za nejmenší částici hmoty



[Podrobněji](#)

Atom

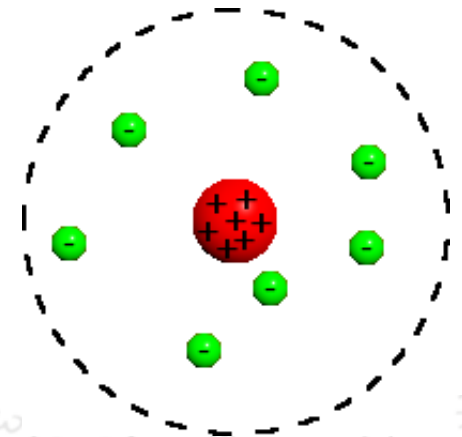
- Thomsonův model atomu „pudinkový“
- Elektronky jsou rovnoměrně rozložené v atomu společně s kladným nábojem, takže výsledný náboj je 0



Atom

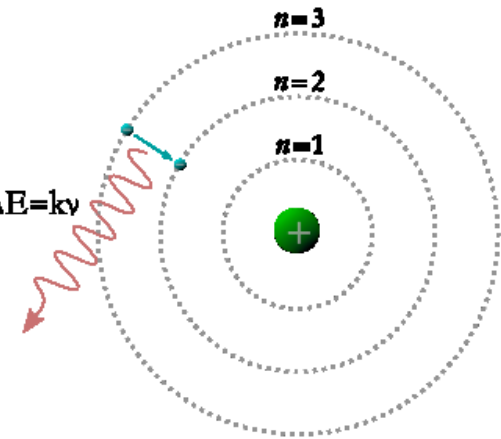
- Ernest Rutherford

- 1909 Experimentálně objevuje atomové jádro
- Ostřelování zlaté fólie alfa částicemi
- Navrhuje nový (planetární) model atomu
- Většina hmoty v malém jádře s kladným nábojem
- Podrobněji na cvičení
- $\cot \frac{\Theta}{2} = 4\pi\epsilon_0 \frac{mv_0^2}{Z_1 Z_2 e^2} b$



Atom

$\Delta E = kv$



- Niels Bohr

- 1913 Navrhuje nový model atomu
- Energie musí být kvantována a elektrony mohou obíhat jádro pouze v energeticky dovolených drahách
- K přechodu mezi hladinami musí elektron přijmout/vyzářit příslušné množství E
- Pomohl vysvětlit doposud neznámé chování některých atomových spekter

Atom

- Kvantově mechanický model

- Využívá poznatků kvantové mechaniky

- Schrödingerova vlnová rovnice

- Elektron se nepopisuje jako hmotný bod, ale pomocí vlnové funkce (pravděpodobnost výskytu) (podrobněji v dalších přednáškách)

- Heisenbergovy relace neurčitosti

- Podrobněji v dalších přednáškách

- Zavedení pojmu orbital

- Oblast s největší pravděpodobností výskytu elektronu v obalu

Elektronový obal

- Kvantově mechanický model

- Kvantová čísla

- Hlavní

- Vedlejší

- Magnetické

- Spinové

Elektronový obal

- Kvantově mechanický model
 - Hlavní kvantové číslo elektronu
 - Popisuje energii elektronu v obalu
 - Dá se srovnat se vzdáleností elektronu od jádra
 - $n = 1, 2, 3, \dots$
 - pro chemiky $n = K, L, M, \dots$

Elektronový obal

- Kvantově mechanický model
 - Vedlejší kvantové číslo elektronu
 - Popisuje velikost momentu hybnosti [Podrobněji](#)
 - Dá se srovnat s tvarem orbitalu
 - $l=0,1,2\dots n-1$
 - Pro chemiky $l=s,p,d,\dots$

Elektronový obal

- Kvantově mechanický model
 - Magnetické kvantové číslo elektronu
 - Popisuje složku momentu hybnosti
 - Dá se srovnat s prostorovou orientací orbitalu v magnetickém poli
 - $m = -l, -l+1 \dots 0 \dots l-1, l$ ($-l \leq m \leq l$)

Elektronový obal

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi}{dx^2} + V \psi = E \psi$$

$$U_{ef} = U_m$$

$$\vec{B} = \mu_0 \frac{NI \sqrt{2}}{r}$$

$$k = \rho \frac{2}{2m} m_0 = \frac{M_0}{N_0}$$

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

$$\sqrt{2eU}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}} \psi(x)$$

$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{J} d\vec{S}$$

$$C(s)$$

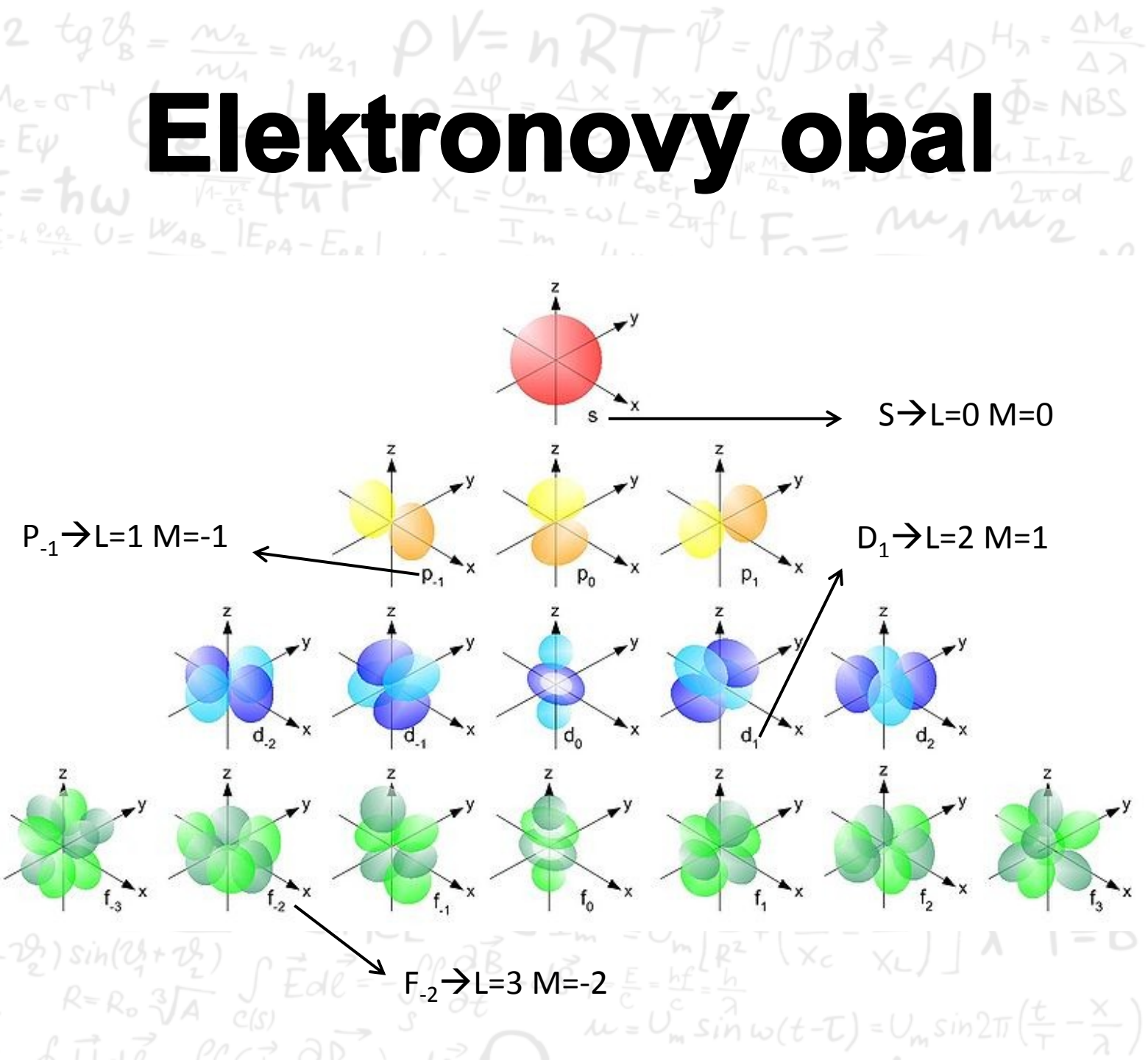
$$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kTN}{M_m}}$$

$$\lambda = \frac{h \nu_2}{T} F_h$$

$$\left(\frac{E_t}{E_0} \right)_{\parallel} = \frac{2 \cos \vartheta_1 \cos \vartheta_2}{\cos(\vartheta_1 + \vartheta_2)}$$

$$E_y = E_0 \sin(kx - \omega t)$$

$$S = \frac{1}{A} \frac{dW}{dt}$$



Elektronový obal

- Kvantově mechanický model
 - Spinové kvantové číslo elektronu
 - Popisuje projekci spinu do osy
 - Spin je vnitřní moment hybnosti a nabývá hodnot 0, 1/2, 1, 3/2 ...
 - Elektronové mají hodnotu spinu $s = 1/2$

Elektronový obal

- Wolfgang Pauli

- 1925 Formuluje vylučovací princip. Bylo mu 25 let.

- Žádné 2 nerozlišitelné fermiony nemohou být současně ve stejném kvantovém stavu (nemohou mít shodná všechna kvantová čísla)

- Fermiony jsou částice, které se řídí Pauliho vylučovacím principem

- Mají poločíselný spin (proton, elektron, neutron..)

- Bosony se jím neřídí

- Mají celočíselný spin (foton, boson W, α částice...)

Elektronový obal

- Výstavbový princip

- Orbitaly s nižší energií se zaplňují dřív než orbitaly s vyšší energií
- Orbitaly s nižším součtem $n+l$ se zaplňují dřív
- Pokud je součet shodný, přednost má ten s nižším n
- 1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f...

Jádro

- Složeno z nukleonů

- Protonové (Z) a nukleonové (A) číslo - Jednoznačná identifikace A_ZX
- V přírodě $A \in (1,238)$ $Z \in (1,92)$
- Izotopy – mají stejné Z, ale různé A

Jádro

- **Hmotnosti**

- **Atomová hmotnostní jednotka**

- 1/12 klidové hmotnosti $^{12}_6\text{C}$

- 1 u = 1 Da (Dalton) = $1,6605 \cdot 10^{-27}$ kg = m_u

- **Klidová hmotnost**

- Hmotnost jádra naměřená v klidu

- **Relativní atomová hmotnost**

- $A_r = \frac{m_a}{m_u}$

- m_a – hmotnost atomu

- V periodické tabulce

Jádro

- Hmotnosti

- Molární hmotnost

- SI jednotka kg/mol, ale lépe se pamatuje g/mol
- Číselně je totiž totožná s relativní atomovou hmotností
- Například $A_r(^1\text{H}) = 1,00797$
- $M_m(^1\text{H}) = 1,00797 \text{ g/mol}$

Jádro

- Hmotnosti

- Částicová jednotka eV/c^2

- Využívá se v jaderné fyzice pro popis klidových hmotností částic

- Odvozena z Einsteinova vztahu $m = \frac{E}{c^2}$

- Např. hmotnost $p^+ = 938 \text{ MeV}/c^2$

- Hmotnost $e^- = 511 \text{ keV}/c^2$

Jádro

- **Látkové množství – n**

- SI jednotka mol

- 1 mol látky obsahuje stejný počet částic jako 12 g uhlíku ^{12}C . Toto množství je rovno Avogadrově konstantě (N_A)

- $N_A = 6,022\,141 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- $n = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M_m}$

Jádro

- **Hmotnostní úbytek**

- **Očekávaná hmotnost jádra (součet hmotností nukleonů)**

- $m_{nukl} = Zm_p + (A - Z)m_n$

- **Naměřená hmotnost jádra je vždy menší**

- $m_{nukl} - m_{jadr} = \Delta m$

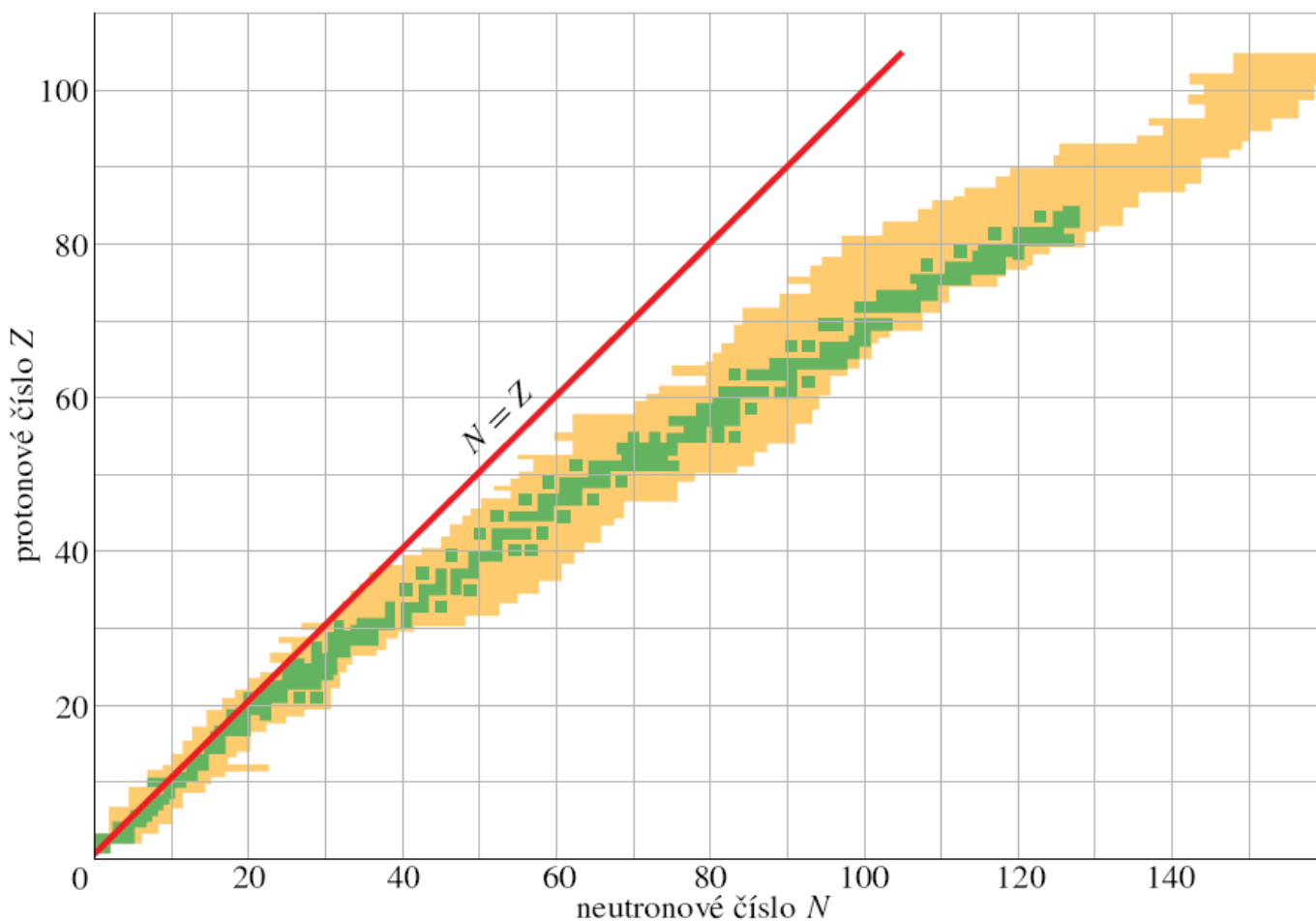
- **Hmotnostní schodek Δm je vždy kladný**

- **Platí $\Delta E = \Delta mc^2$**

- **Tato energie je vazebnou energií jádra**

Jádro

• Stabilita



$E_k = \frac{1}{2} m v^2$
 $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi}{dx^2} + V \psi = E \psi$
 $U_{ef} = U_m$
 $\vec{B} = \mu_0 \frac{NI \sqrt{2}}{2\pi r}$
 $k = \frac{p^2}{2m} m_0 = \frac{M_0}{N_0}$
 $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2eUm_e}}$
 $f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{e}} \psi(x) = \sqrt{2}$
 $\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{J} d\vec{s}$
 $C(s)$
 $v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kTN_0}{M_m}}$
 $\lambda = \frac{\ln 2}{T} F_h$
 $\left(\frac{E_t}{E_0}\right)_{\parallel} = \frac{2 \cos \vartheta_1 \cos \vartheta_2}{\cos(\vartheta_1 - \vartheta_2)}$
 $E_y = E_0 \sin(k_x - \omega t)$
 $S = \frac{1}{A} \frac{d\omega}{dt}$

$2 \operatorname{tg} \vartheta_B = \frac{m_2}{m_1} = m_{21}$
 $\rho V = nRT \quad \vec{\Psi} = \iint \vec{D} d\vec{S} = AD \quad H_\lambda = \frac{\Delta Me}{\Delta \lambda}$
 $\Phi_e = \frac{L}{4\pi r^2}$
 $X_L = \frac{U_m}{I_m} = \omega L = 2\pi f L$
 $F_m = \vec{B} I l = \frac{\mu I_1 I_2}{2\pi d} l$
 $F_g = \frac{m_1 m_2}{r^2}$
 $\Phi = NBS$
 $V = c/\lambda$
 $\mu = \sqrt{\frac{M_0}{R_0}}$
 $\mu = \frac{4\pi n_1 n_2}{(n_2 + n_1)^2}$
 $\mu = c \frac{r_2}{r_1}$

Prvky

- **Dmitrij I. Mendělejev**

- 1869 – Seřadil prvky podle hmotnosti
- Nové poznatky → úprava tabulky
- Prvky ve skupinách (sloupce) = stejný počet valenčních elektronů, podobné chemické vlastnosti
- Prvky v periodách (řádky) = stejné n
- Z levého dolního do pravého horního roste elektronegativita

[Podrobněji](#)

Prvky

- Rozdílnosti ve skupinách

- Pravidlo podobných vlastností ve skupinách neplatí vždy

- Ve skupinách mohou být i velmi významné fyzikální rozdíly. Jeden z nich ovlivňuje život na celé zemi

[Podrobněji](#)

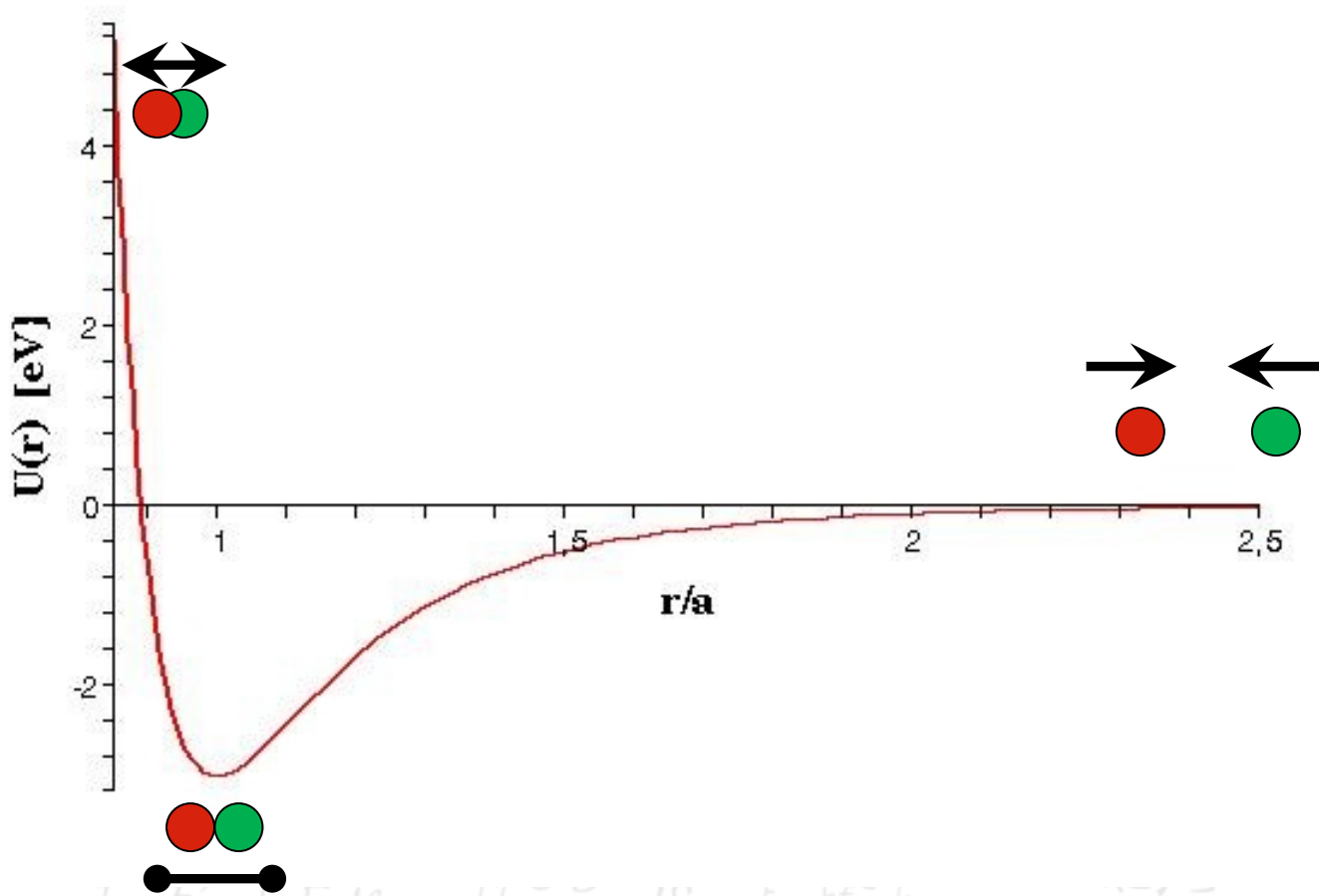
Prvky

• Prvky se mohou slučovat do molekul

- Důvodem je minimalizace potenciální energie mezi atomy
- Pokud jsou atomy moc blízko, převládá odpudivá síla nad přitažlivou
- Naopak, když jsou moc daleko, je přitažlivá síla příliš slabá

Prvky

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$
$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi}{dx^2} + V \psi = E \psi$$
$$U_{ef} = U_m$$
$$\vec{B} = \mu_0 \frac{NI \sqrt{2}}{2}$$
$$k = \frac{p^2}{2m} m_0 = \frac{M_p}{N_A}$$
$$\lambda = \frac{h}{p}$$
$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$
$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \int \vec{J} d\vec{s}$$
$$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kTN_A}{M_m}}$$
$$\lambda = \frac{h \ln 2}{T} F_h$$
$$\left(\frac{E_t}{E_0} \right)_{\parallel} = \frac{2 \cos \vartheta_1 \cos \vartheta_2}{\cos(\vartheta_1 - \vartheta_2)}$$
$$E_y = E_0 \sin(kx - \omega t)$$
$$S = \frac{1}{A} \frac{dW}{dt}$$



Pauza



$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$
$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2 \psi}{dx^2} + V \psi = E \psi$$
$$U_{ef} = \frac{U_m}{2}$$
$$\vec{B} = \mu_0 \frac{NI \sqrt{2}}{2r}$$
$$k = \frac{p^2}{2m} m_0 = \frac{M_m}{M_r \cdot 10^{-3}}$$
$$\lambda = \frac{h}{p}$$
$$v_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$
$$\oint \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \int_S \vec{J} d\vec{S}$$
$$v_k = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3kTN_A}{M_m}}$$
$$\lambda = \frac{h \nu_2}{T}$$
$$\left(\frac{E_t}{E_0} \right)_{\parallel} = \frac{2 \cos \vartheta_1 \cos \vartheta_2}{\cos(\vartheta_1 - \vartheta_2) \sin(\vartheta_1 + \vartheta_2)}$$
$$E_y = E_0 \sin(kx - \omega t)$$
$$S = \frac{1}{A} \frac{dW}{dt}$$

$$2 \tan \vartheta_B = \frac{m_2}{m_1} = m_{21}$$
$$pV = nRT$$
$$\vec{\Psi} = \iint \vec{D} d\vec{S} = AD$$
$$H_\lambda = \frac{\Delta Me}{\Delta \lambda}$$
$$V = c/\lambda$$
$$\Phi = NBS$$
$$\phi_e = \frac{L}{4\pi r^2}$$
$$X_L = \frac{U_m}{I_m} = \omega L = 2\pi f L$$
$$F_m = \vec{B} I l = \frac{\mu I_1 I_2}{2\pi d} l$$
$$U = \frac{W_{AB}}{q} = \frac{|E_{PA} - E_{PB}|}{q} = \frac{|\varphi_A - \varphi_B|}{q}$$
$$T = \frac{4n_1 n_2}{(n_2 + n_1)^2}$$
$$F_g = \frac{m_1 m_2}{r^2}$$
$$R_m = \frac{C}{T} k = \pm \sqrt{\frac{2m}{\hbar^2} (E - V_0)}$$
$$\omega = 2\pi f$$
$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \cdot \mu}}$$
$$F_x = \frac{1}{2} C_x p^2$$
$$\frac{m_1}{x} + \frac{m_2}{x'} = \frac{m_2 - m_1}{r}$$
$$\oint \vec{D} d\vec{S} = Q^*$$
$$R = \frac{U}{I} F_v = \int \frac{F_n}{R}$$
$$M = F d \cos \alpha$$
$$\lambda^* T = b$$
$$S I_m^2 = U_m^2 \left[\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L} \right)^2 \right]$$
$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$$
$$u = U_m \sin \omega(t - \tau) = U_m \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

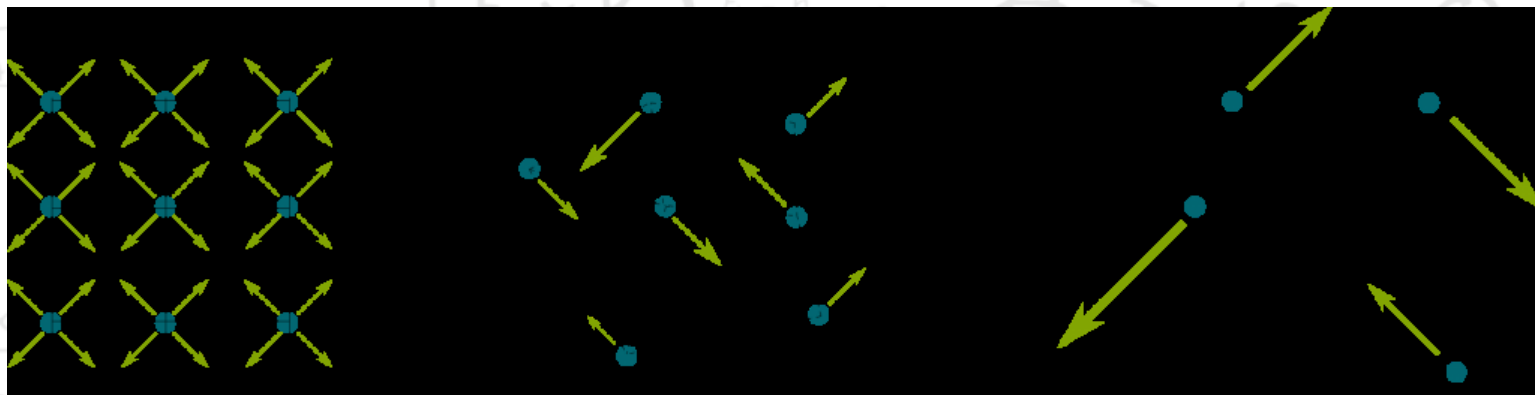
Látka

- Základní typy skupenství

- Pevné

- Kapalně

- Plynně



Plyn

- Kinetická energie částic (při biogenních teplotách) je mnohem větší než potenciální energie
- Ideální plyn
 - Dokonale stlačitelný
 - Bez vnitřního tření
 - Rozměr částic je zanedbatelný
 - Částice na sebe působí pouze srážkami, které jsou dokonale pružné (nemění se celková kinetická energie)
 - Pohyb je zcela neuspořádaný

Plyn

- **Rovnovážný stav systému**

- Za daných vnějších podmínek neprobíhá žádný samovolný děj spojený s výměnou látek nebo energie

- V ideálním plynu platí stavová rovnice

$$pV = nRT$$

Odvození na cvičení

- p – tlak, V – objem, n – látkové množství

- T – termodynamická teplota

- R – univerzální plynová konstanta

- $R = N_A k_B = 6,022 \cdot 10^{23} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} = 8,314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Plyn

- **Van der Waalsův plyn - přiblížení reality**

- Bere v potaz přitažlivé Van der Waalsovy síly mezi molekulami plynu (snížení tlaku popsané konstantou a)

- Bere v potaz objem molekul plynu (popsáno konstantou b)

$$\left(p - a \frac{n^2}{V^2}\right) \cdot (V - bn) = nRT$$

Plyn

- Základní termodynamické děje

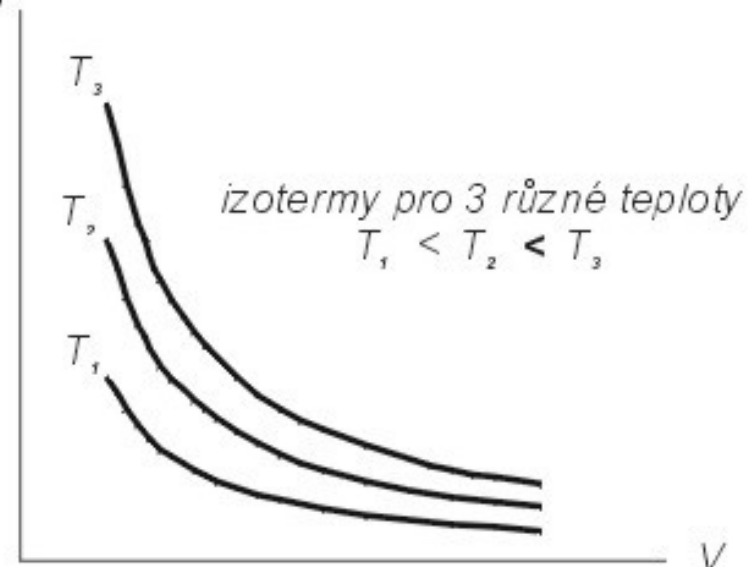
- Izotermický děj (Boyleův-Mariottův zk.)

- Teplota systému je konstantní ($\Delta T = 0$)

- Ze stavové rovnice vyplývá:

- $pV = \text{konst.}$

- Nedochází ke změně vnitřní energie ($\Delta U = 0$)



Plyn

- Základní termodynamické děje

- Izobarický děj (Gay-Lussacův zk.)

- Tlak systému je konstantní ($\Delta p = 0$)

- Ze stavové rovnice vyplývá:

- $V/T = \text{konst.}$



Plyn

- Základní termodynamické děje

- Izochorický děj (Charlesův zk.)

- Objem systému je konstantní ($\Delta V = 0$)

- Ze stavové rovnice vyplývá:

- $p/T = \text{konst.}$

- Systém nemůže

- vykonávat

- objemovou práci

- ($\Delta W = 0$)



Plyn

- **Základní termodynamické děje**

- **Adiabatický děj (Poissonův zk.)**

- Nedochází k tepelné výměně ($\Delta Q = 0$)

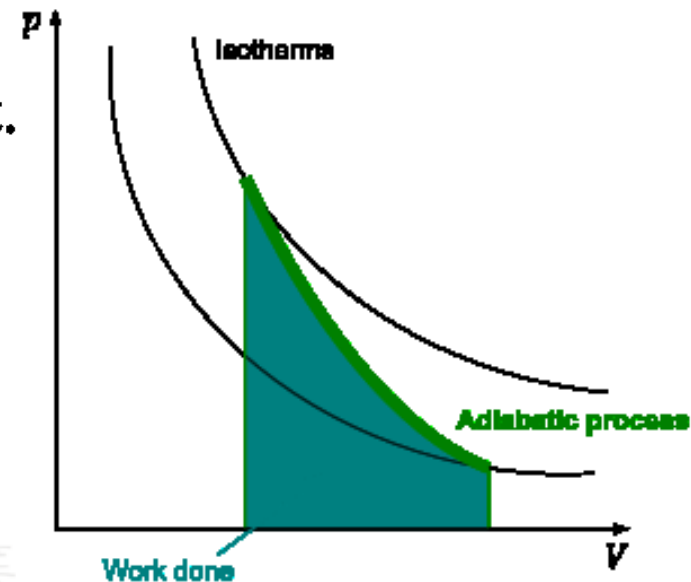
- Ze stavové rovnice vyplývá:

- $pV^\kappa = konst.$

- κ – Poissonova konst.

- $\kappa = \frac{c_p}{c_v}$

- c_i – tepelná kapacita při stálém p nebo V



Kapalina

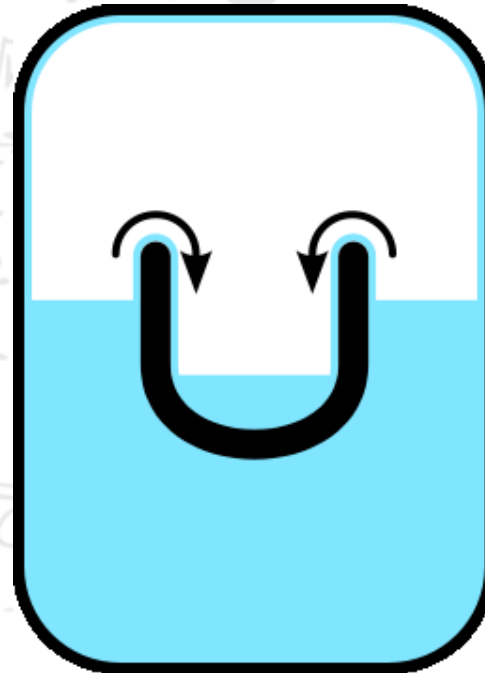
- Kinetická energie částic je o málo větší než energie potenciální
- Ideální kapalina
 - Je dokonale nestlačitelná
 - Bez vnitřního tření (nulová viskozita)
 - Bez vlastního tvaru
 - Má povrch, který se chová jako elastická fólie (povrchové napětí kapalin)

Kapalina

- Supratekutost

➤ ^4He při teplotě $T < 2,17 \text{ K}$ přechází do supratekutého stavu (vysvětlení příště)

<https://www.youtube.com/watch?v=9FudzqfpLLs>

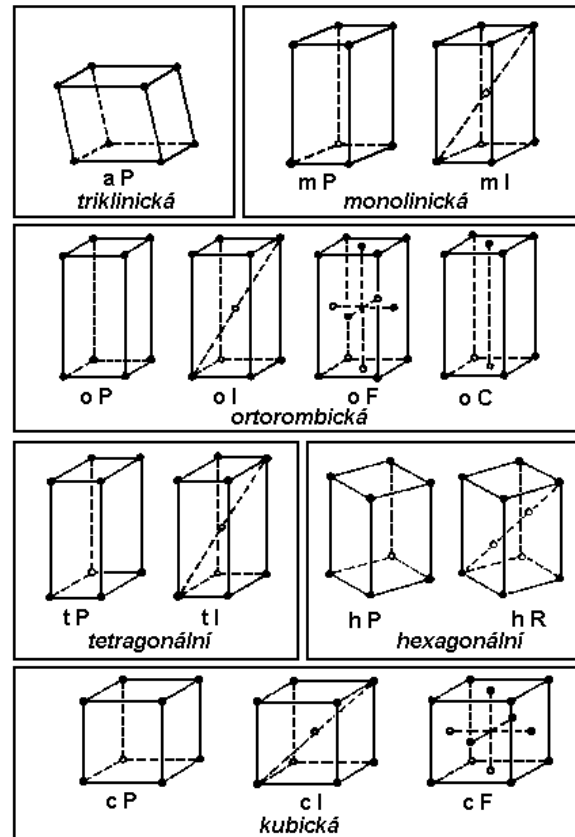


Pevná látka

- Kinetická energie částice je menší než potenciální energie
- Krystalické látky
 - Pravidelná struktura
 - Obecně anizotropní (různé fyzikální vlastnosti v různých směrech)
- Amorfnní látky
 - Nepravidelná struktura
 - Vlastnosti nezávislé na směru

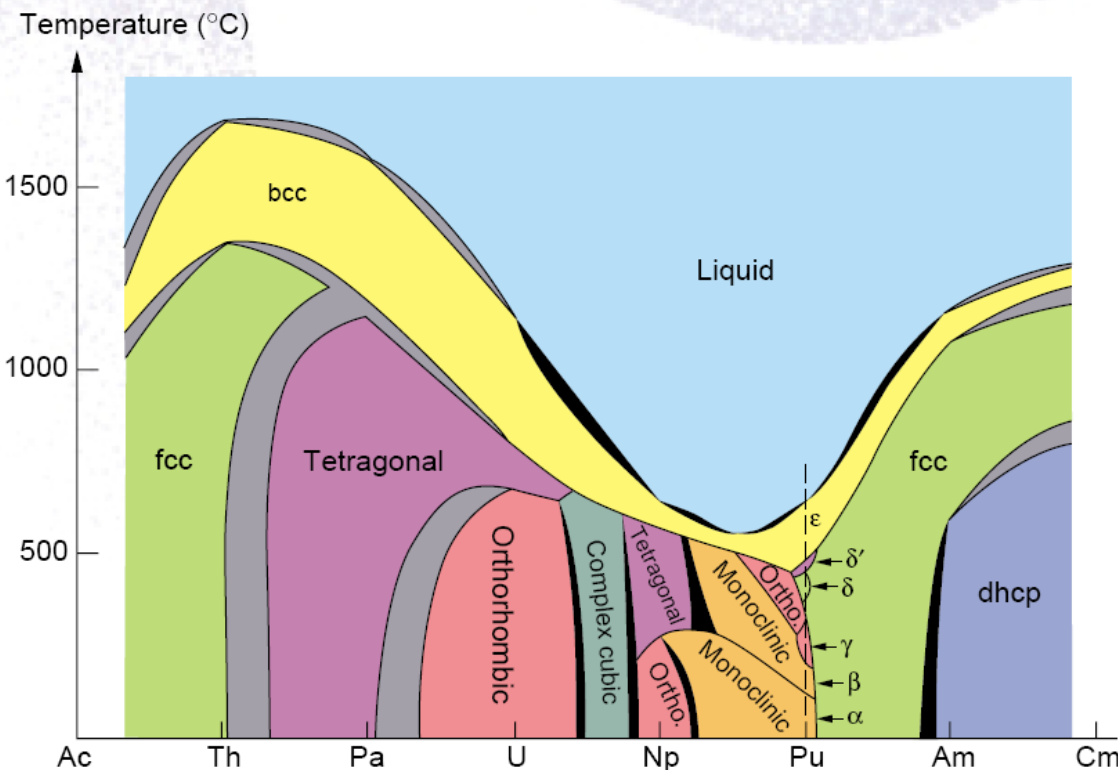
Pevná látka

- Krystalové soustavy
 - Existuje 230 prostorových grup



Pevná látka

- Krystalové soustavy
 - Při různé teplotě a tlaku může prvek tvořit různou mřížku



Pevná látka

- Amorfnní látky

- Lze si je představovat jako kapalinu s vysokou viskozitou (vnitřním třením)
- Nemají pevnou teplotu tání (při zahřívání měknou až se rozpustí)
- Vosk, asfalt, pryskyřice, polymery, sklo

Shrnutí

- Známe nejen historický vývoj zkoumání podstaty hmoty, ale
- Víme, jak se liší jednotlivé modely atomů, umíme důkladně popsat a chápeme Bohrův model a víme podstatné informace o kvantově mechanickém modelu
- Umíme vysvětlit stavbu elektronového obalu a popsat kvantová čísla

Shrnutí

- Perfektně se orientujeme v popisu jader, víme co je nukleonové či protonové číslo, umíme vysvětlit pojem stabilita jádra, hmotnostní úbytek (neboli schodek)
- Víme proč počet neutronů roste rychleji než protonů
- Víme, jak Mendělejev sestavil tabulku prvků

Shrnutí

- Umíme vysvětlit rozdíl mezi ideálním a reálným plynem či kapalinou
- Chápeme podstatu jednotlivých skupenství, perfektně se orientujeme v termodynamických dějích v ideálním plynu
- Jsme schopni popsat rozdíl mezi krystalickou a amorfní látkou a jaké fyzikální rozdíly z toho plynou

To je vše přátelé...



...pro dnešek...

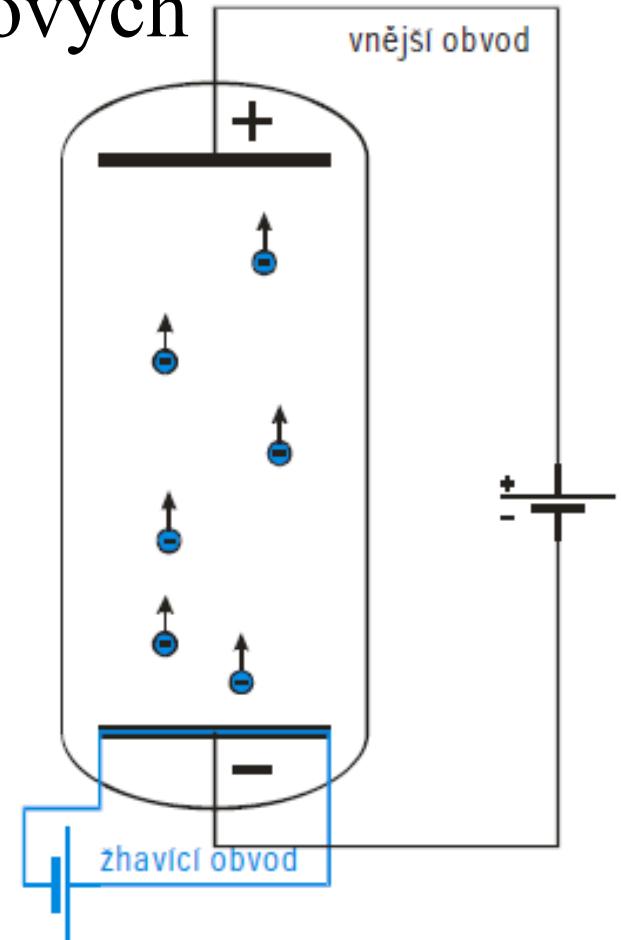
Děkuji za pozornost

**Konec
2. přednášky**

**Prezentace vznikla v rámci projektu
fondu rozvoje MU 1515/2014**

Dodatky 1

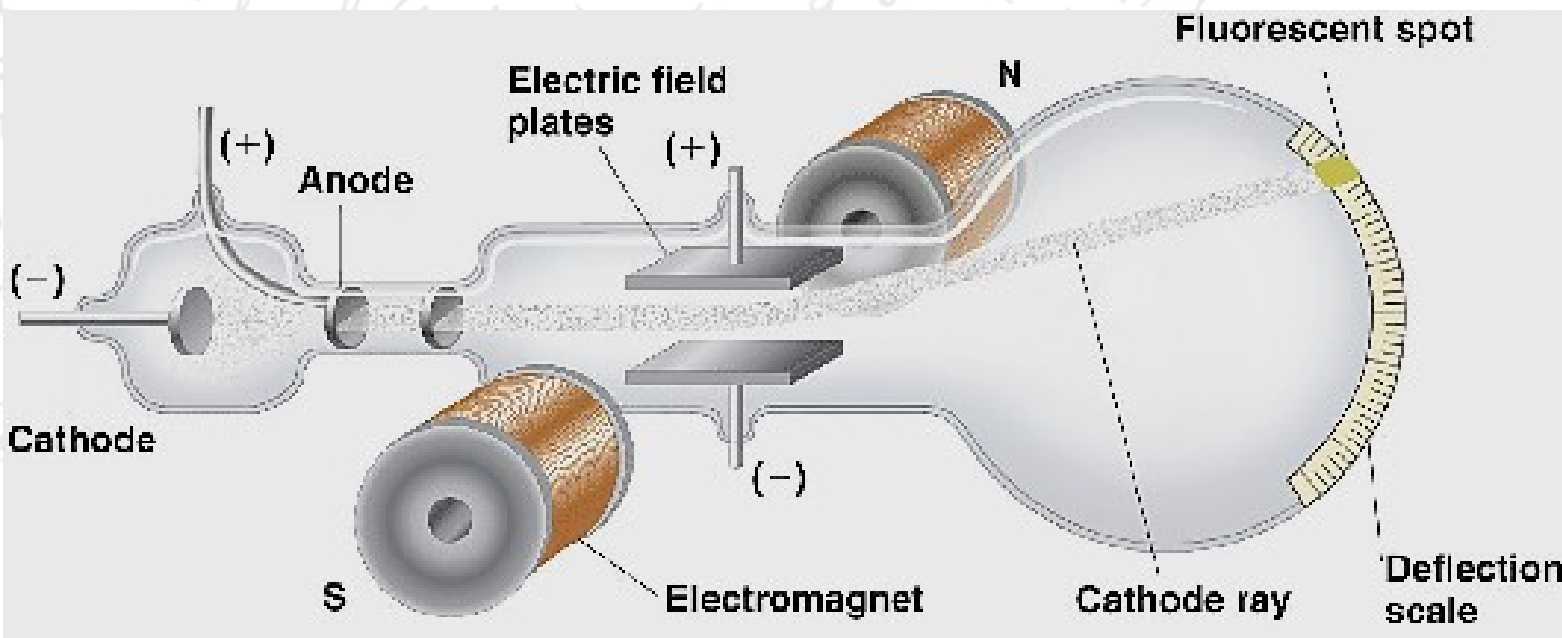
- 1869 objev katodového záření (Hittorf) v upravených Geisslerových trubicích
- Ohýbá se v mag. poli
- Má záporný el. náboj
- Co to je?



[zpět](#)

Dodatky 1

- 1897 Thomsonův experiment



Dodatky 1

- Záporně nabytá částice získá v elektrickém poli potenciální energii

$$E = Q U$$

- Ta se mění na kinetickou $E = \frac{1}{2} m v^2$

$$QU = \frac{1}{2} m v^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2QU}{m}}$$

Dodatky 1

- Víme, že se proud záření ohýbá po kružnici
- Dostředivá síla při pohybu po kružnici
- Záření je ohýbáno Lorentzovou silou

$$F = \frac{mv^2}{r}$$

$$F = QvB$$

$$mv^2 = QvBr$$

$$\frac{Q}{m} = \frac{v}{Br}$$

Dodatky 1

- Po dosazení za rychlost

$$\frac{Q}{m} = \frac{\sqrt{\frac{2UQ}{m}}}{Br} \quad / \quad \text{umocníme}$$

$$\frac{Q^2}{m^2} = \frac{2UQ}{mB^2r^2} \quad / \quad Q \quad m$$

$$\frac{Q}{m} = \frac{2U}{B^2r^2}$$

Dodatky 1

- Thomson vypočítal náboj katodového záření rovný kationtu vodíku
- Hmotnost částice katodového záření vypočítal přibližně 1000x menší než atomu vodíku
- Usuzoval, že se jedná o částici, která se nachází uvnitř atomu

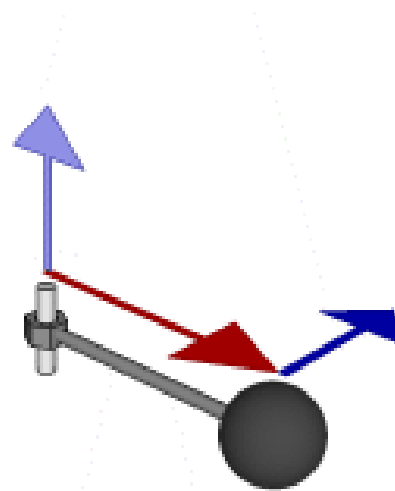
Konec 1. dodatku

[zpět](#)

Dodatky 2

- Moment hybnosti ($\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$)
- Popisuje rotační pohyb tělesa

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$$
$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$



Podrobněji na 7. přednášce (MRI)

Konec 2. dodatku

[zpět](#)

Dodatky 3

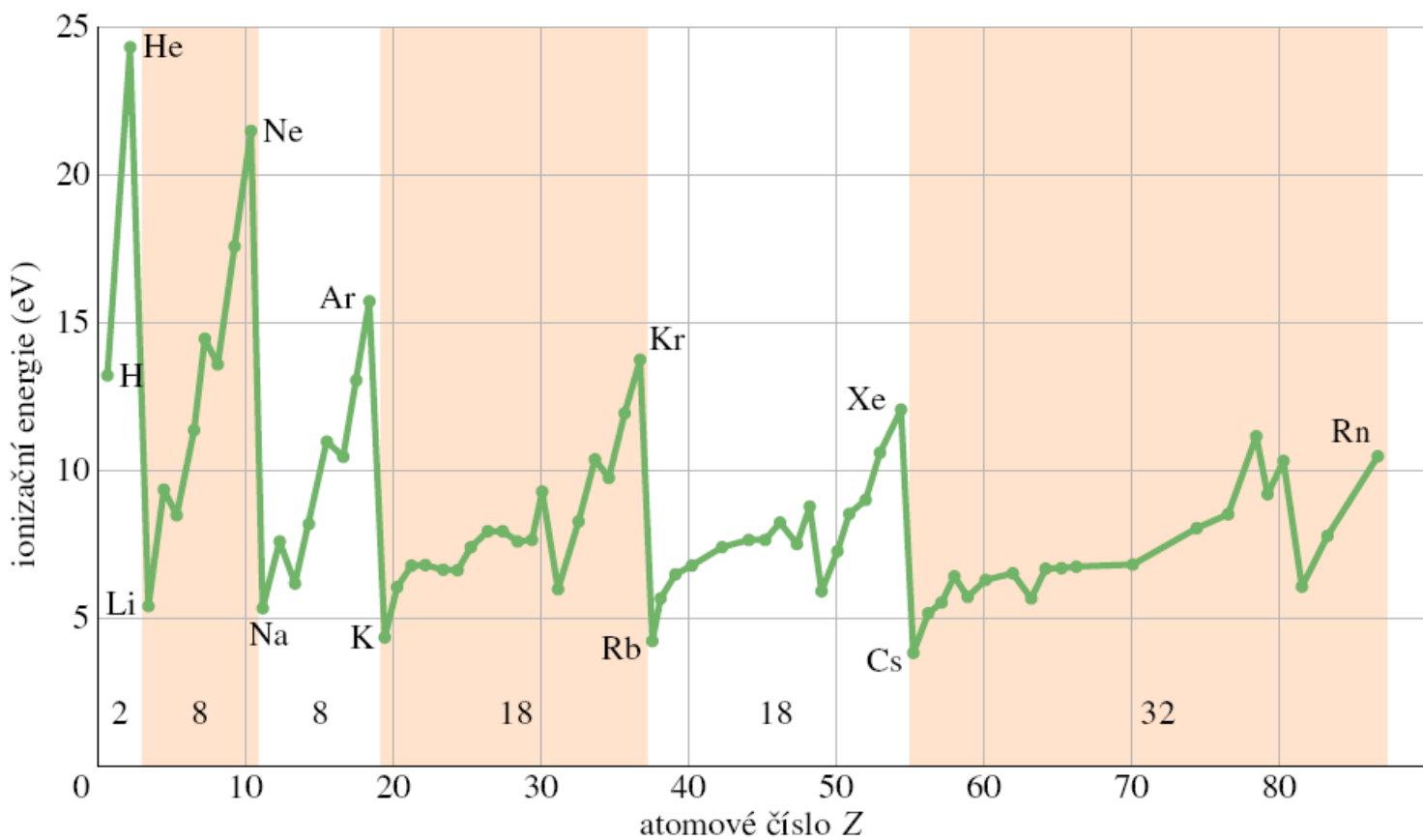
- Periodická tabulka prvků

- Prvky ve stejné skupině („sloupci“) mají stejný počet valenčních elektronů. Proto většinou vykazují podobné chemické vlastnosti

- Prvky v 18. skupině (vzácné plyny) mají zcela zaplněné všechny orbitaly. Mají nejvyšší ionizační energii a je velmi obtížné je ionizovat a dlouho nebyly známy jejich sloučeniny. Proto se jim říká inertní (netečné) prvky.

Dodatky 3

- Ionizační energie prvků



Dodatky 3

- Periodická tabulka prvků

➤ Oproti tomu, prvky z 1. skupiny (alkalické kovy) mají ve valenční vrstvě 1 volný elektron, který je „nadbytečný“ oproti vysoce stabilní elektronové konfiguraci vzácných plynů a mají tendenci lehce se jej zbavovat. Proto je jejich ionizační energie minimální.

➤ Všechny velmi rychle a bouřlivě reagují s vodou ([video](#))

<https://www.youtube.com/watch?v=HvVUtpdK7xw>

Dodatky 3

- Periodická tabulka prvků

➤ Prvkům ze 17. skupiny (halogeny) chybí 1 elektron do elektronové konfigurace vzácných plynů. Proto se ho snaží získat což se projevuje na jejich vysoké elektronegativitě.

➤ Jejich podobné reakce jsou [zde](#)

<https://www.youtube.com/watch?v=u2ogMUDBaf4>

Konec 3. dodatku

[Zpět](#)

Dodatky 4

- Všechny prvky z 16. skupiny (chalkogeny) tvoří sloučeniny s vodíkem

Molekula	T tání [°C]	T varu [°C]
H ₂ O	0	100
H ₂ S	-82	-60
H ₂ Se	-65	-41
H ₂ Te	-49	-2

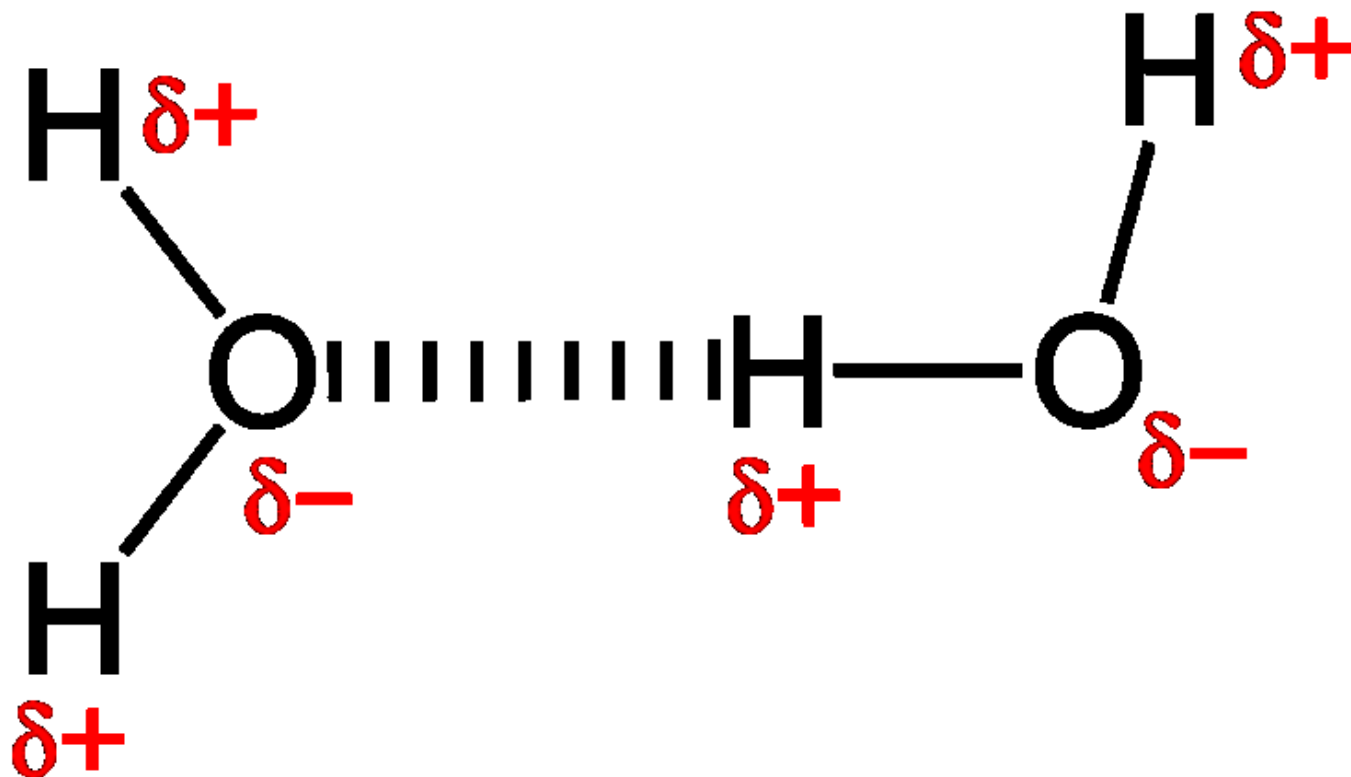
- Proč tak odlišná teplota u H₂O?

Dodatky 4

- Vodíková vazba

- Je slabší než iontová nebo kovalentní, ale silnější než ostatní vazby
- Silně ovlivňuje teplotu tání a varu
- Ke vzniku musí být přítomen vodík navázaný na silně elektronegativním prvku a další prvek s volným elektronovým párem
- Na vodíku vzniká kladný parciální náboj, na který se může navázat elektron z nevazebného elektronového páru

Dodatky 4



Konec 4. dodatku

[Zpět](#)