

25) Základní pojmy Jaderné a částicové fyziky

- Jádro atomu má rozměry řádově 10^{-15} m, nachází se v něm **protony** a **neutrony**, které souhrnně označujeme jako **nukleony**
- Neutron jen nepatrně těžší než proton

$$m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$
- Protony i neutrony se skládají z kvarku, které mají kladný i záporný elektrický náboj, takže i dva neutrony se mohou odpuzovat, pokud jsou velmi blízko u sebe.
- Počet protonů v jádru udává **protonové číslo Z**
- Počet neutronů udává **neutronové číslo N**
- Počet nukleonu udává **nukleonové číslo A** (nazývané též **hmotnostní číslo**)

$$A = Z + N$$

- Z Coulombova zákona plyne, že dva protony ve vzdálenosti 10^{-15} m se odpuzují elektrickými silami přibližně 230 N
- V jádrech s větším počtem protonů působí značné odpudivé síly
- V atomových jádrech působí ještě další síly: **jaderné síly**, díky kterým atomová jádra drží pohromadě
- Tyto síly působí jen v jádru, a to na všechny nukleony (i na neutrony)
- Patří mezi **síly krátkého dosahu**
- Vzorec na poloměr atomového jádra (dosah jaderných sil):

$$R = R_0 \sqrt[3]{A}, \quad R_0 = 1,3 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

- Hustota všech atomových jader je přibližně stejná (atomová jádra jsou velice „hustá“)

$$\rho = \frac{m}{V} \approx \frac{Am_p}{\frac{4}{3}\pi R_0^3 A} = \frac{m_p}{\frac{4}{3}\pi R_0^3} \approx 2 \cdot 10^{17} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

- Hustota nezávisí na nukleonovém čísle A , které se vykrátílo
- Vazebná energie E_v odpovídá práci, kterou je potřeba vykonat, abychom soustavu rozložili na jednotlivé části:

$$E_v = (Zm_p + Nm_n - m_j) c^2$$

m_j (klidová) hmotnost jádra
výraz v závorce hmotnostní úbytek

- Přepočtení vazebné energie E_v na vazebnou energii připadající na 1 nukleon E_{Bn} :

$$E_{Bn} = \frac{E_v}{A}$$

- Každý nukleon působí jadernými silami jen na malý počet okolních nukleonů – nasycení jaderných sil
rozdíl oproti elektrostatickým silám, kdy daný náboj působí na neomezený počet nábojů v jeho okolí
- Nejsilněji vázaná atomová jádra (největší E_{Bn}) má železo a nikl

JADERNÉ REAKCE

- Jaderná reakce = přeměna jádra vyvolaná vzájemnou interakcí (např. srážkou) s jinými jádry/částicemi
- Platí ZZE a hmotnosti
- Endoenergetické reakce – potřeba dodat E
- Exoenergetické reakce – E se uvolňuje
- **Jaderné štěpení**
 - Rozštěpení atomového jádra na nová lehčí jádra
 - Exoenergetické jaderné štěpení probíhá jen pro těžší jádra než jádra Fe
- **Jaderná syntéza (fúze)**
 - **Sloučením dvou lehčích jader vznikne jádro těžší a uvolňuje se přitom část vazbové energie**
 - Slučí se jádra např.: H, He, Li, C, K
 - Je potřeba E na překonání odpuzivých el. sil mezi kladně nabitými jádry
 - Potřebnou E mohou jádra získat zahřátím na teploty vyšší než 106 K
 - Za těchto podmínek probíhá slučování (termonukleární reakce) při výbuchu vodíkové bomby nebo v nitru hvězd
 - Prvky jako Cu, Au, Ag jsou pozůstatkem dávného výbuchu supernovy

POČTY PROTONŮ A NEUTRONŮ STABILNÍCH NUKLIDŮ

- lehká jádra mají přibližně stejný počet protonů i neutronů
- s rostoucím protonovým číslem Z převažují v jádrech neutrony
- Převaha neutronů u těžkých jader kompenzuje odpuzivé elektrostatické síly mezi protony

RADIOAKTIVITA

- Přeměna jádra prvku na jádro jiného prvku, uvolnění E v podobě radioaktivního záření
- Základní druhy radioaktivního záření:
 - Záření alfa
 - Tok jader helia (s kladným nábojem)
 - Záření beta
 - Tok elektronů
 - Záření gama
 - Velmi krátká vlnová délka
 - Nejpronikavější
 - Neutronové záření
 - Proud letících neutronů
 - Nenese náboj
 - Velmi pronikavé

JADERNÁ ELEKTRÁRNA

- Přeměna vazebné energie jader těžkých prvků na elektrickou energii
- Štěpná jaderná paliva: uran, plutonium
- V principu se jedná o parní elektrárnu, ve které se energie získaná jaderným reaktorem používá k výrobě páry v parogenerátoru
- Tato pára pohání parní turbíny, které pohání alternátory pro výrobu elektrické energie

$$m = N \cdot m_a = N \cdot A_r \cdot m_u$$

- N počet částic v látce
- m_a hmotnost prvku
- A_r relativní atomová hmotnost (v PSP)
- m_u atomová hmotnostní konstanta (v tabulkách: $1.66 \cdot 10^{-27} \text{ kg/m}^3$)

Relativní atomová hmotnost A_r

- bezrozměrná fyzikální veličina
- hodnoty najdeme v tabulkách (PSP)

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

Relativní molekulovou hmotnost M_r

- Bezrozměrná
- Její hodnotu určíme jako součet relativních atomových hmotností všech prvku, ze kterých se molekula skládá
- Pro molekuly vztah:

$$M_r = \frac{m_m}{m_u}$$

m_m hmotnost molekul

Látkové množství n

- Veličina SI
- Jednotka: mol
- kolik je atomů v nuklidu uhlíku o 12 g
- Tento počet stanovuje Avogadrova konstanta N_A

$$N_A \approx 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

- N počet částic v látce

$$n = \frac{N}{N_A}$$

Molární hmotnost M_m

$$M_m = \frac{m}{n}$$

- Jednotka: $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$

Molární objem V_m

$$V_m = \frac{V}{n}$$

- Jednotka: $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$

Pro molární hmotnost platí

$$M_m = M_r \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$

případně pro látky složené pouze z jednoatomových molekul

$$M_m = A_r \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$$