

ATOMOVÉ JÁDRO; JADERNÁ ENERGIE

- jádro se skládá z protonů a neutronů a A z kvarků
- silná jaderná síla - drží jádro pohromadě \rightarrow (= z nukleonů)
- slabá jaderná síla - kvarky má přechází $m \rightarrow p$ a naopak
 - $\Rightarrow \beta^-$ rozpad: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$
 - $\Rightarrow \beta^+$ rozpad: $p \rightarrow n + e^+ + \bar{\nu}_e$ elektronové antineutrino
- \rightarrow jaderné síly působí pouze na malé vzdálenosti, ale velmi silně

Vazebná energie

- částice v jádře na sebe působí silami \Rightarrow mají E_n
- součet všech E_n se nazývá vazebná energie jádra E_v
- \rightarrow když jádro vznikne, tak ji uvolní
- \rightarrow když chceme jádro rozložit, tak mu ji musíme dodat

Hmotnostní schodek - B_j

- m_j = hmotnost jádra
- Z = protonové číslo
- A = nukleonové číslo
- m_p = hmotnost protonu
- m_n = hmotnost neutronu
- N = počet neutronů = $A - Z$

$$m_j < Z \cdot m_p + N \cdot m_n$$

$$\Rightarrow B_j = Z \cdot m_p + N \cdot m_n - m_j \quad \wedge \quad E_v = B_j \cdot c^2$$

\rightarrow ta E_v co se uvolnila pochází z toho B_j

E_v připadající na 1 nukleon - E_v

$$E_v = \frac{E_v}{A} \quad \rightarrow \text{čím } \uparrow E_v, \text{ tím stabilnější jádro}$$

\rightarrow nejstabilnější je jádro železa ${}_{26}^{56}\text{Fe}$

\Rightarrow termojaderní fúze i radioaktivní rozpad končí u Fe

Uvolňování energie \rightarrow cíl vědy je dosáhnout max. E_v

- 1) syntézou lehkých jader na těžká - termojaderní fúze
- 2) štěpením těžkých jader na lehká - radioaktivní rozpad

• Zmáčení jader



- nuklidy - mají stejné Z i A
- izotopy - mají stejné Z a různé A

• Radioaktivita

= jev při změně dobaře & změně atomových jader a k vyzařování E

↳ samovolné štěpení nestabilních radioaktivních jader

jaderná reakce ↳ stejná
jaderná fúze

- při rozpadu částice se uvolní radioaktivní záření

• α = jádra helia ${}^4_2\text{He}$ → list papíru

• β^- = elektrony }
• β^+ = pozitrony } sklo, hliník

• γ = fotony $\uparrow f$ → nemají Q ⇒ tlustá vrstva olova $\uparrow S$

• n = neutrony → beton

• Samovolné štěpení → zákon radioaktivní přeměny

T = poločas rozpadu

N_0 = počet nepřeměněných jader na začátku

N = počet nepřeměněných jader v čase t

$$N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} = N_0 \cdot e^{\frac{t}{T} \ln\left(\frac{1}{2}\right)} = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T} \cdot t}$$

⇒ $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$ = rozpadová konstanta

$$\Rightarrow N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

→ Aktivita radioaktivního = počet jader co se rozpadly za dt / dt

$$A = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \left| -\lambda N_0 \cdot e^{-\lambda t} \right| = \lambda N_0 \cdot e^{-\lambda t} \left. \vphantom{\frac{dN}{dt}} \right\} A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

$$\text{v } t=0: A = \lambda N_0 = A_0$$

$$[A] = \text{Bq} = \text{Becquerel}$$

Jaderné reakce

= srážky jader s jinými částicemi



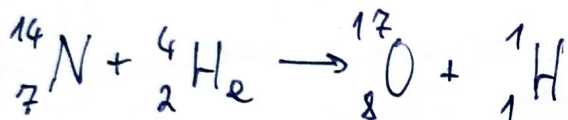
serč stíela produkt uvolněná částice

- zákony jaderných reakcí

• ZZH, ZZE, ZZQ, ZZA

→ počet nukleonů

↳ náboje

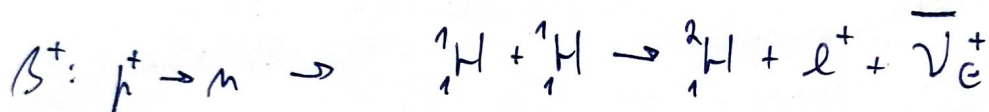


${}_{1}^{1}\text{H}$ - vodík

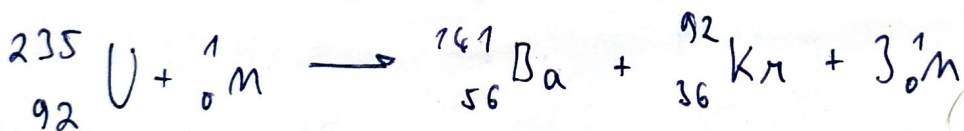
${}_{1}^{2}\text{H}$ - deuterium

${}_{1}^{3}\text{H}$ - tritium

• Jaderné sloučení: ${}_{1}^{2}\text{H} + {}_{1}^{3}\text{H} \longrightarrow {}_{2}^{4}\text{He} + {}_{0}^{1}\text{n}$



Jaderné štěpení



↳ palivo jaderného reaktoru

→ pomalý neutron zahájí řadu reakcí

⇒ rychlé částice 3 rychlé - musíme 1 zpomalit

↳ používá se moderátor např. grafit

⇒ reakce se ukončí regulačními tyčemi - musí pohlcovat ${}_{0}^{1}\text{n}$

↳ nejčastěji z bóru

→ v jaderné bombě se zpomalí více neutronů

⇒ řetězová reakce

25 - Atomové jádro, jaderná energie

- 1) Radionuklid stříbra má poločas přeměny (rozpadu) 20 min. Jaká část radionuklidu se přemění za 1 hodinu a za 2 hodiny?
- 2) Radionuklid uhlíku $^{14}_6\text{C}$ ve starém kousku dřeva představuje 0,0416 hmotnosti tohoto radionuklidu v živé dřevině. Určete přibližné stáří dřeva, jestliže poločas přeměny (rozpadu) radionuklidu je 5 730 roků.
- 3) V atmosféře Země neustále probíhají jaderné reakce, při nichž kosmické záření obsahující neutrony bombarduje jádra plynů v atmosféře. Při tom dochází k přeměně jader dusíku $^{14}_7\text{N}$ v radionuklid uhlíku $^{14}_6\text{C}$. Ten se dále rozpadá opět na dusík $^{14}_7\text{N}$. Sestav rovnice příslušných jaderných reakcí.
- 4) Urči hmotnostní úbytky v kg a v násobcích atomové hmotnostní konstanty m_u u jader prvků: a) helium ^4_2He , b) lithium ^7_3Li , c) beryllium ^9_4Be .
[a) $m_{\text{He}} = 6,646 \cdot 10^{-27}$ kg, b) $m_{\text{Li}} = 11,525 \cdot 10^{-27}$ kg, c) $m_{\text{Be}} = 14,962 \cdot 10^{-27}$ kg]
- 5) V září 1991 byla na ledovci v Ötztalských Alpách nalezena přirozená mumie člověka, která později dostala přezdívku Ötzi. Chemickou analýzou bylo zjištěno, že Ötzi obsahuje radioaktivní uhlík $^{14}_6\text{C}$ v koncentraci 52,7% radioaktivního uhlíku v živém organismu. Poločas přeměny (rozpadu) radioaktivního uhlíku je 5 730 let. Vypočítejte, před kolika lety Ötzi zemřel.

ATOMOVÉ JÁDRO, JADERNÁ ENERGIE

1) $T = 20 \text{ min}$

$t_1 = 1 \text{ h} = 3 \cdot 20 \text{ min}$

$t_2 = 2 \text{ h} = 6 \cdot 20 \text{ min}$

$P = ?$

$P_1 = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^3 = \frac{7}{8} = \underline{\underline{87,5\%}}$

$P_2 = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^6 = \frac{63}{64} \doteq \underline{\underline{98,4\%}}$

2) $\frac{N}{N_0} = 0,0416$

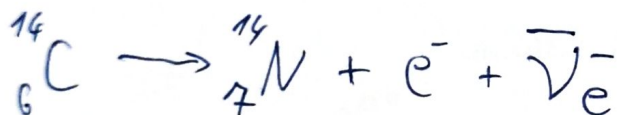
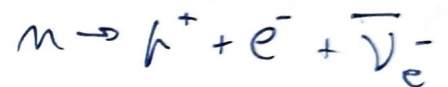
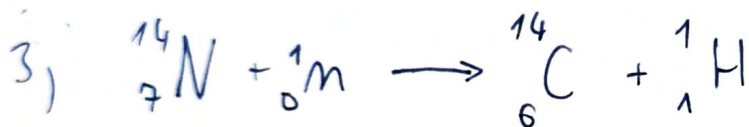
$T = 5730 \text{ a}$

$\lambda = ?$

$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$

$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \frac{t}{T} \ln\left(\frac{1}{2}\right)$

$\lambda = T \cdot \frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{\ln(0,5)} \doteq \underline{\underline{26285 \text{ a}}}$



4) ${}^4_2\text{He} \rightarrow B = ?$

$Z \cdot m_p + N \cdot m_n = m_j + B$

$\Rightarrow B = 2 \cdot m_p + 2 m_n - m_{\text{He}}$

$B = 4,9 \cdot 10^{-29} \text{ kg} = 0,03 \text{ mu}$

5) $\frac{N}{N_0} = 52,7\%$

$T = 5730 \text{ a}$

$\lambda = ?$

$N = N_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$

$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = \frac{t}{T} \ln\left(\frac{1}{2}\right)$

$\lambda = T \cdot \frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{\ln(0,5)} \doteq \underline{\underline{5295 \text{ a}}}$