

## DUM č. 17 v sadě

### 12. Fy-3 Průvodce učitele fyziky pro 4. ročník

Autor: Miroslav Kubera

Datum: 20.06.2014

Ročník: 4B

Anotace DUMu: Soubor cvičení navazuje na témata probíraná v hodinách. Sada obsahuje základní příklady ze třech oblastí\_ vazebná energie jádra, křivka rozpadu a jaderné reakce slučování a štěpení.

Materiály jsou určeny pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízení. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Příklady jaderná fyzika

### a) vazebná energie jádra

#### Příklad 1

Vypočítejte vazebnou energii a vazebnou energii na nukleon pro jádro uhlíku  $^{12}_6\text{C}$ . Hmotnost tohoto jádra je  $12,00 m_u$ .

#### Příklad 2

Hmotnost atomu  $^{20}_{10}\text{Ne}$  je  $M = 19,9924 m_u$ . Vypočítejte vazebnou energii (v MeV/nukl.) připadající na jeden nukleon v tomto jádře.

#### Příklad 3

Hmotnost jádra  $^4_2\text{He}$  je o 0,7 % menší než hmotnost 4 protonů. Jaká energie (v joulech) se uvolní při přeměně 1,0 kg vodíku na helium?

#### Příklad 4

Mějme následující nuklidy:  $^{12}_5\text{B}$ ,  $^{12}_6\text{C}$  a  $^{12}_7\text{N}$ .

- Určete složení těchto jader.
- Jedná se o izotopy? Proč?
- Připomeňte definici vazebné energie.
- Spočítejte vazebnou energii na nukleon pro jádro boru  $^{12}_5\text{B}$ . Tabulková hmotnost tohoto izotopu je  $12,014352 m_u$ .
- Porovnejte vazebnou energii na nukleon jádra boru s hodnotami vazebných energií na nukleon druhých dvou jader: uhlík – 7,69 MeV/nukl. a dusík – 6,18 MeV/nukl.

Víme, že nuklid uhlíku je stabilní, zatímco nuklid boru  $^{12}_5\text{B}$  je  $\beta^-$  radioaktivní a nuklid dusíku  $^{12}_7\text{N}$  je  $\beta^+$  radioaktivní.

- Napište rovnice těchto radioaktivních rozpadů.
- Můžeme tyto rozpady předvídat? Proč?

### b) křivka radioaktivního rozpadu

#### Příklad 5

Jádro  $^{238}_{92}\text{U}$  se rozpadá  $\alpha$  přeměnou na  $^{234}_{90}\text{Th}$  (thorium). Radioaktivní konstanta je  $\lambda = 0,152 \cdot 10^{-9} \text{ rok}^{-1}$ . Kolik atomů uranu se rozpadne ve vzorku o hmotnosti 1,0 kg za dobu 1 s? Hmotnost jádra  $^{238}_{92}\text{U}$  je  $238,0508 m_u$ .

#### Příklad 6

Poločas přeměny  $T_{1/2}$  nuklidu  $^{238}_{92}\text{U}$  je  $4,9 \cdot 10^9$  roků. Kolik jednotlivých přeměn se uskuteční v 1,0 g tohoto nuklidu za 1 s?

#### Příklad 7

Trícium  $^3_1\text{H}$  má poločas přeměny 12,5 roku. Kolik procent vzorku čistého tricia zůstane nerozpadnuto po 25 letech?

#### Příklad 8

Poločas přeměny radionuklidu  $^{14}_6\text{C}$  je 5 730 let. Ve dřevě z archeologické vykopávky byla zjištěna koncentrace  $^{14}_6\text{C}$ , která je rovna 75 % koncentrace  $^{14}_6\text{C}$  v právě poražených stromech. Zjistěte stáří této vykopávky.

#### Příklad 9

Počet přeměn  $\alpha$  v  $m = 1$  g radia  $^{226}_{88}\text{Ra}$  je  $3,7 \cdot 10^{10}$ . Určete poločas přeměny radia v rocích. Hmotnost jádra radia  $^{226}_{88}\text{Ra}$  je  $226,0254 m_u$ .

#### Příklad 10

Za kolik poločasů přeměny  $T$  se zmenší počet jader radionuklidů ve vzorku na 0,1 % původního počtu?

#### Příklad 11

Jakou aktivitu má vzorek obsahující 1,0 g  $^{226}_{88}\text{Ra}$ ? Poločas rozpadu  $T = 1602$  roky.

Užitečné konstanty:

hmotnost protonu  $m_p = 1,007825 m_u$ , hmotnost neutronu  $m_n = 1,008665 m_u$ , hmotnost elektronu  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ , rychlost světla ve vakuu  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , atomová hmotnostní jednotka  $m_u = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ , elementární náboj  $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ , Avogadrova konstanta  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

#### Příklad 12

Tenká fólie obsahující 1,0 g nuklidu  ${}^{232}_{90}\text{Th}$  vysílá za jednu sekundu 4 100 částic  $\alpha$ . Určete poločas přeměny tohoto nuklidu (v rocích (r)).

#### Příklad 13

Poločas rozpadu  ${}^{206}_{84}\text{Po}$  je přibližně 140 dní. Za kolik dní bude preparát obsahovat 3/4 olova  ${}^{206}_{82}\text{Pb}$  ?

#### Příklad 14

Vzorek radionuklidu  ${}^{214}_{82}\text{Pb}$  má aktivitu  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq a poločas přeměny 26,8 min. Určete hmotnost vzorku. (Výsledek:  $3,049 \cdot 10^{-11}$  kg)

#### Příklad 15

Vypočítejte aktivitu radionuklidu draslíku  ${}^{40}_{19}\text{K}$  v těle člověka o hmotnosti  $M = 75$  kg, jestliže draslík činí 0,35 % celkové hmotnosti člověka a připadá-li v tomto draslíku 0,012 % na radionuklid. Poločas rozpadu draslíku je  $1,57 \cdot 10^9$  roků.

#### Příklad 16

Radionuklid kobaltu  ${}^{60}_{27}\text{Co}$  je  $\beta^-$  radioaktivní. Jeho hmotnost je 59,9  $m_u$ .

a) Napište rovnici tohoto rozpadu. Vzniklé jádro nalezněte pomocí periodické tabulky.

b) Napište výraz vyjadřující počet jader, která se ještě nerozpadla v závislosti na čase a vysvětlete všechny veličiny, které se ve vzorci vyskytují.

c) Odvoďte vztah mezi poločasem rozpadu  $T_{1/2}$  a radioaktivní konstantou  $\lambda$ .

d) Vypočítejte hodnotu radioaktivní konstanty  $\lambda$ , jestliže víte, že poločas rozpadu nuklidu kobaltu  ${}^{60}_{27}\text{Co}$  je  $T_{1/2} = 5,3$  roku.

e) Vypočítejte počáteční aktivitu vzorku o hmotnosti  $m = 1,0$  mg a dále v procentech změnu této aktivity během jednoho roku.

### c) jaderné reakce slučování a štěpení

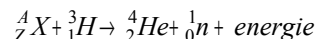
#### Příklad 17

Některé hvězdy získávají část své energie syntézou 3 částic  $\alpha$  na jádro  ${}^{12}_6\text{C}$ . Kolik energie (v MeV) se uvolní při každé takové reakci, je-li hmotnost jádra  ${}^4_2\text{He}$   $M = 4,002603$   $m_u$ ?

#### Příklad 18

Určete energii (v joulech) uvolněnou z 1,00 kg paliva v reakci  ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + {}^1_0\text{n} + 3,2 \text{ MeV}$ . ( $m({}^3_2\text{He}) = 3,001952$   $m_u$ ,  $m({}^2_1\text{H}) = 2,0141$   $m_u$ )

#### Příklad 19



Doplňte správně rovnici reakce a spočítejte uvolněnou energii E (v joulech) v této reakci. ( $m({}^1_1\text{H}) = 1,00797$   $m_u$ ,  $m({}^2_1\text{H}) = 2,0141$   $m_u$ ,  $m({}^3_1\text{H}) = 3,01605$   $m_u$ ,  $m({}^4_2\text{He}) = 4,0026$   $m_u$ )

#### Příklad 20

Jaké množství uranu  ${}^{235}_{92}\text{U}$  se spotřebuje za den v jaderné elektrárně o výkonu 440 MW? Účinnost elektrárny je 30 %.

Při štěpení jednoho jádra  ${}^{235}_{92}\text{U}$  se uvolňuje energie 200 MeV.

Užitečné konstanty:

hmotnost protonu  $m_p = 1,007825$   $m_u$ , hmotnost neutronu  $m_n = 1,008665$   $m_u$ , hmotnost elektronu  $m_e = 9,11 \cdot 10^{-31}$  kg, rychlost světla ve vakuu  $c = 3 \cdot 10^8$   $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , atomová hmotnostní jednotka  $m_u = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg, elementární náboj  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C, Avogadrova konstanta  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$   $\text{mol}^{-1}$