

Projekt **ŠABLONY NA GVM**

registrační číslo projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0948

III-2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

**4. Optika, STR, Fyzika mikrosvěta**

**4. 13 Slučování a štěpení jader**

**Autor:**  Aleš Trojánek

**Jazyk:** čeština

**Datum vyhotovení:** duben 2014

**Cílová skupina:**  žáci gymnázia: 4. ročník čtyřletého studia a 8. ročník

 osmiletého studia, věk 17-19 let

**Druh učebního materiálu:** podpora a doplnění výuky fyziky, materiál je určen i pro samostatnou práci žáků

**Očekávaný výstup:** žáci si osvojí řešení typických fyzikálních úloh z Fyziky mikrosvěta.

**Anotace:** Učební materiál obsahuje vzorový příklad a úlohy z části o štěpení a slučování jader. Může sloužit při výkladu, procvičování i pro samostatnou práci žáků v předmětu Fyzika i v předmětu Základy přírodních věd. Velmi vhodný je pro přípravu k maturitní zkoušce z fyziky.

**4.13 Štěpení a slučování jader**

**Příklad 1**

(Jedná se o příklad 23. 2 z [1], s. 237.)

Určete:

1. energii, která se uvolní dokonalým spálením 1 kg uhlí o výhřevnosti *H* = 3·107 J·kg-1,

2. energii, která se uvolní při rozštěpení 1 kg uranu $$ podle rovnice

$$200 MeV$$

3. energii, která se uvolní při vzniku 1 kg hélia$ $ podle rovnice

$$ Q=17,6 MeV$$

4. klidovou energii tělesa o hmotnosti 1 kg (tj. energii „ukrytou“ v 1 kg látky).

***Řešení:***

1. $E\_{1}=Hm= $3·107 ·1 J = 3·107 J.

2. Rozštěpením jednoho jádra se uvolní energie přibližně 200 MeV = 3,2·10-11 J. Počet jader (počet

 atomů) v 1 kg určíme takto:

$$N=\frac{m}{m\_{a}}=\frac{m}{A\_{r}m\_{u}}=\frac{1}{235·1,661·10^{-27}}=2,56·10^{24}$$

$E\_{2}=$ 3,2·10-11 · 2,56·1024 J = 8,20·1013 J.

3. Při vzniku jednoho jádra$ $ se uvolní energie 17,6 MeV = 2,82·10-12 J. V jednom kg je$ N$ jader:

$$N=\frac{m}{A\_{r}m\_{u}}=\frac{1}{4·1,661·10^{-27}}=1,51·10^{26}$$

 $E\_{3}=$2,82·10-12 ·1,51·1026 J = 4,26·1014 J.

4. $E\_{4}=m\_{0}c^{2}=$ 1·(3·108)2 J = 9·1016 J.

Doplňující úkol: Porovnejte jednotlivé výsledky z hlediska efektivnosti využití energie (body 1-3)

a srovnejte je s hodnotou energie „ukrytou“ v 1 kg látky.

**Úloha 1**

(Jedná se o úlohu 23. 1 U z [1], s. 250.)

Uvažujte jadernou reakci:

 $$200 MeV

Úkoly: 1. Určete počet atomů v 1 kg uranu$$. 2. Určete energii, která se uvolní rozštěpením 1 kg uranu$ $ podle výše uvedené rovnice. 3. Kolik uranu $$ by se spotřebovalo za 24 hodin v jaderné elektrárně o výkonu 1000 MW, je-li její účinnost 30%? 4. Jaké množství černého uhlí o výhřevnosti $H= $3·107 J·kg-1 je třeba spálit za 24 hodin v tepelné elektrárně o stejném výkonu a účinnosti?

[Výsledky: 1. $N=$ 2,56·1024, 2. $ E=$ 8,20·1013 J, 3.$ m=$ 3,51 kg, 4. $m^{´}=$ 9 600 t]

**Úloha 2**

(Jedná se o úlohu 23. 2. U z [1], s. 250.)

Jednou z možností termojaderné syntézy je reakce:

 $$

Úkoly: 1. Vypočítejte rozdíl$ ∆m\_{0c}$celkové klidové hmotnosti z reakce vystupujících částic a celkové klidové hmotnosti do reakce vstupujících částic a uvolněnou energii $Q$ při této reakci. Klidové hmotnosti částic jsou: $m\_{0}(=$ 2,014 172$m\_{u}$,$ m\_{0}($ 3,016 429$m\_{u}$, $m\_{0}($ 4,002 763$m\_{u},$ $m\_{0}(=$ 1,008 950$m\_{u}$. 2. Jak se tato uvolněná energie projeví?

[Výsledky: 1. $∆m\_{0c}=-$ 3,14 · 10-29 kg, $Q=E\_{k}^{´}-E\_{k}=E\_{0}-E\_{0}^{´}=-∆m\_{0c}=$1,6 MeV. 2. Uvolněná energie se projeví jako kinetická energie produktů reakce.]

**Úloha 3**

(Jedná se o problém 3. 1. P z [2], s. 113.)

**Přírodní jaderný reaktor**. Když v roce 1942 E. Fermi a jeho spolupracovníci spustili v USA první jaderný uranový reaktor, nikdo netušil, že příroda lidstvo předběhla a podobný jaderný reaktor pracoval již před dvěma miliardami let po dobu několika stovek tisíců let. Podívejme se na historii tohoto objevu podrobněji[[1]](#footnote-1).

V roce 1972 v jednom francouzském zpracovatelském závodu pro výrobu jaderného paliva zjistili, že ve vytěžené rudě z dolu Oklo v Gabonu (viz obr 1) je nepatrně odlišné zastoupení izotopu $$. V zemské kůře, na Měsíci i v meteoritech tvoří jádra izotopu 235U 0,720 2 % z celkového počtu jader přírodního uranu. Ale ve vzorku z dolu Oklo bylo zastoupení daného izotopu jen 0,717 1 %. Tímto nepatrným rozdílem se francouzští badatelé začali zajímat.[[2]](#footnote-2) Následné analýzy vzorků odebraných z uranového ložiska ukázaly, že ruda v některých případech obsahuje jen 0,3 % izotopu 235U. Vědci zkoumali důvod poklesu v zastoupení daného izotopu. Jednou z možností, jak tento pokles vysvětlit, bylo, že v uvedené lokalitě mohl kdysi existovat přírodní jaderný štěpný reaktor. Pro činnost takového přírodního reaktoru by však musela být splněna řada podmínek. Velikost uranového ložiska by musela přesáhnout určitou velikost, zastoupení izotopu 235U by muselo být v minulosti vyšší, než jaké nalézáme dnes, reaktor musel být nějakým způsobem moderován apod. Podrobným výzkumem se zjistilo, že všechny podmínky pro přírodní jaderný reaktor mohly být splněny.

**Otázky**: 1. Důležitou informací, kterou jsme získali z objevu přírodního jaderného reaktoru, je to, že  produkty štěpení se nerozšířily mimo místo, kde byly vytvořeny. Nemůže to změnit postoj k úvahám o dlouhodobém skladování jaderného odpadu? 2. Proč myslíte, že rozbor rudy z Gabonu byl prováděn ve Francii?



Obr. 1

**Literatura:**

[1]  Šantavý, I., Trojánek, A.: *Fyzika. Příprava k přijímacím zkouškám na vysoké školy.*

 Prometheus, Praha 2000. ISBN 80-7196-138-8.

[2]   TROJÁNEK, A.: *Fyzika mikrosvěta aktivně*. Disertační práce. FMFI UK v Bratislavě. Bratislava,

 2011.

**Zdroj obrázku:**

Obr. 1 je převzat z http://cs.wikipedia.org/wiki/Gabon.

1. Využijeme přitom informace z článku KRMELA, J., ŠPENDLÍKOVÁ, I.: *Je jaderný reaktor jen lidským výtvorem?* Čs. čas. fyz. **60** (2010), 341. [↑](#footnote-ref-1)
2. Uvedený příklad názorně ukazuje, jak pečlivá experimentální práce fyziků přináší nečekané objevy. [↑](#footnote-ref-2)