

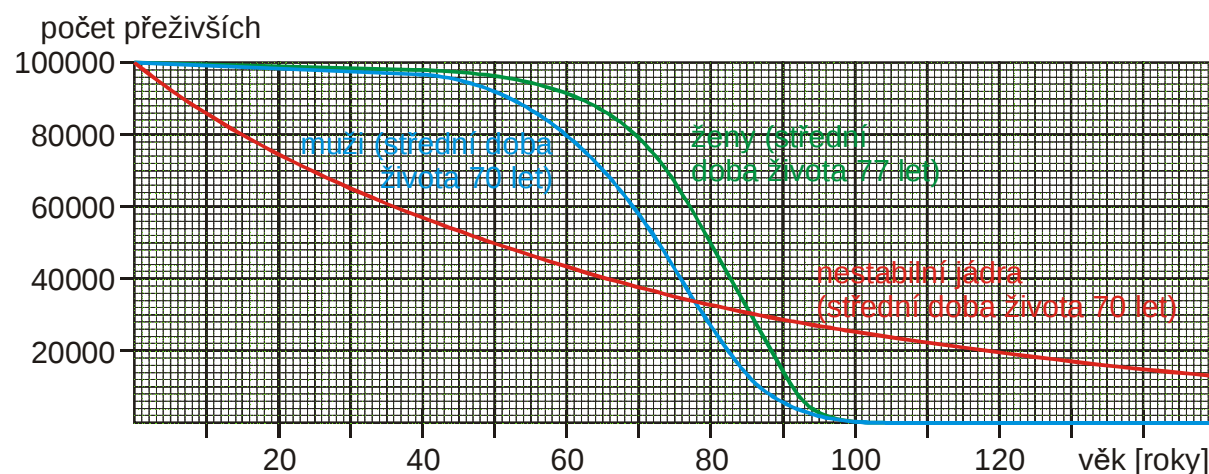
4.4.8 Jádra se mění

Předpoklady: 040406

Pomůcky: krabice s větším množstvím mincí (nebo jiný simulátor radioaktivního rozpadu).

Jak se jádra rozpadají?

Př. 1: V grafu je porovnání života jader a lidí. Kolik nestabilních jader tohoto prvku z původního množství se dožije 200 let? Najdi zákonitost, která popisuje počty přeživajících jader.



Po 50 letech se vždy počet jader zmenší na polovinu předchozího množství:

- 0 let, 100 000 jader,
- 50 let, 50 000 jader
- 100 let, 25 000 jader,
- 150 let, 12 500 jader.

Po dvě stě letech bude jader polovina z 12 500, tedy 6250.

Př. 2: (BONUS) Najdi funkci, která popisuje počet přeživších jader z předchozího grafu.

0 let ... 100 000 jader

50 let ... 50 000 jader ... $100\,000 \cdot \frac{1}{2}$

100 let ... 25 000 jader ... $100\,000 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^2$

150 let ... 12 500 jader ... $100\,000 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^3$

Platí $y = 100\,000 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^x$, kde x je počet padesátiletí, která uběhla od počátku pokusu.

Padesátiletí je padesátkrát méně než normálních let $\Rightarrow y = 100\,000 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{50}}$, kde t je počet let.

Dobu 50 let, která charakterizuje rozpad jader v grafu označujeme jako **poločas rozpadu**.

Hlavní rozdíl mezi lidmi a jádry: lidské tělo si pamatuje své stáří, jádro ne.

Proč se jádra rozpadají takto?

Víme, že podle klasické fyziky by se jádro rozpadlo buď okamžitě nebo nikdy (podle toho, jestli by částice uvnitř měly dost energie nebo ne na překonání přitažlivé jaderné síly).

Kvantová teorie: Částice mohou z jádra uniknout (díky relacím neurčitosti) i v případě, že nemají dostatečnou energii. Čím více energie jim schází, tím méně pravděpodobný je jejich únik.

Jádro uranu: Pravděpodobnost protunelování částice α z jádra uranu je řádově 10^{-38} , proto částici α , která je v jádře uvězněna, trvá i při 10^{22} pokusech za sekundu průměrně miliardy let, než se jí podaří z jádra uniknout $\Rightarrow$ po 4,5 miliardy let pokusů je pravděpodobnost rozpadu jádra 0,5.

Co to znamená?

Po 4,5 mld let se rozpadne přibližně polovina všech jader (každé mělo pravděpodobnost rozpadu 0,5).

Můžeme si chování jader nějak namodelovat? Máme nějaký pokus s pravděpodobností 0,5?

Poločas rozpadu je určen stavem jádra (extrémní podmínky, obrovské síly) $\Rightarrow$ není ho možné běžnými prostředky ovlivnit (třeba ochladit jádra, aby rozpadala pomaleji).

Př. 3: Co z průběhu radioaktivního rozpadu plyne pro ohrožení radioaktivitou látek:
a) s krátkým poločasem rozpadu, b) s dlouhým poločasem rozpadu.

a) látky s krátkým poločasem rozpadu

Vysoká radioaktivita (v krátkém čase se rozpadá hodně jader), po krátkou dobu (po proběhnutí několika poločasů rozpadu zbývá jen nepatrný zbytek původního množství látky).

b) s dlouhým poločasem rozpadu.

Nižší radioaktivita (látka má na rozpad dlouhou dobu $\Rightarrow$ v krátkém čase se rozpadá jen málo jader), po dlouhou dobu (než uplyne několik poločasů rozpadu, uplyne dlouhá doba).

Př. 4: Radioaktivní látka má poločas rozpadu 5 hodin. Za jak dlouho se její množství rozpadem sníží na: a) jednu setinu, b) jednu milióntinu?

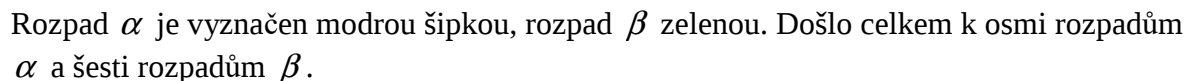
Postupně umocňujeme jednu polovinu, dokud nezískáme potřebnou hodnotu

a) $\left(\frac{1}{2}\right)^7 = 0,0078 < \frac{1}{100} \Rightarrow$ za $7 \cdot 5 = 35$ hodin se množství látky sníží na méně než setinu původního množství.

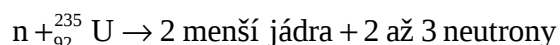
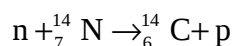
b) $\left(\frac{1}{2}\right)^{17} = 0,00000763 < \frac{1}{1000\,000} \Rightarrow$ za $17 \cdot 5 = 85$ hodin se množství látky sníží na méně než milióntinu původního množství.

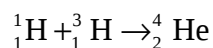
Př. 5: Prostuduj schéma rozpadu uranu.

b) Ke kolika rozpadům obou druhů postupně došlo?



Přiblížit kladně nabitou částici k jádru vyžaduje obrovskou energii (15 000 000 °C je teplota ve středu Slunce) $\Rightarrow$ za normálních podmínek probíhají pouze rozpady nebo reakce vyvolané pohlcením neutronu. Zapisují se podobně jako chemické rovnice.


$${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He} + \text{n}$$



Př. 6: Pomocí jaderných reakcí je možné měnit jádra mnoha způsoby, například i realizovat odvěký sen středověkých alchymistů – měnit olovo na zlato. Proč se tyto postupy průmyslově nevyužívají?

K vyvolání jaderných reakcí je nutná obrovská energie (nevyplatí se to), mohou vznikat i radioaktivní jádra (je to nebezpečné).

Místem, kde na Zemi probíhá nejvíce přirozených jaderných reakcí jsou vrchní vrstvy atmosféry.

Kosmické záření: proud částic, které přilétají z vesmíru a mají často obrovskou energii, která dostačuje k tomu, aby vyvolaly jadernou reakci s neradioaktivním jádrem (atmosféra nás chrání před dopadem tohoto záření na povrch Země).

Tímto způsobem vzniká z atmosférického dusíku ${}^{14}_7\text{N}$ ve vyšších vrstvách atmosféry radioaktivní uhlík ${}^{14}_6\text{C}$. Tento uhlík s poločasem přeměny 5730 let se mísí s běžným uhlíkem v atmosféře tak, že jeden atom ${}^{14}_6\text{C}$ připadá na 10^{13} atomů uhlíku ${}^{12}_6\text{C}$.

Uhlík v živých organismech pochází z atmosférického $\text{CO}_2 \Rightarrow$ obsahuje stejný podíl radioaktivního uhlíku jako atmosféra. Jakmile živý organismus zemře, výměna uhlíku s atmosférou ustane a protože radioaktivní uhlík se rozpadá, začne se jeho obsah v organickém zbytku zmenšovat. Z poměru radioaktivního a normálního uhlíku tak můžeme zjistit, jaká část radioaktivního uhlíku se rozpadla a tedy jak dlouho je organismus po smrti.

Shrnutí: