

Studium radiace – rozpadový zákon

Materiál vznikl v rámci projektu Gymnázia Cheb s názvem Příprava na Turnaj mladých fyziků. Dostupné ze Školského portálu Karlovarského kraje www.kvkskoly.cz.

Autorský tým: Pavel Böhml, Hana Böhml, Filip Danko, Lucie Filipenská, Petr Káčovský, Věra Koudelková, Daniel Novopacký, Ilona Šimánková, Martin Vlach. Děkujeme i všem ostatním lidem, kteří přispěli k tvorbě materiálů. Pro případ dalších námětů, komentářů, nalezených chyb a podobně využijte e-mailovou adresu pavel.bohm@mff.cuni.cz

VIDEO

<http://www.vernier.cz/video/studium-radiace>

ZÁMĚR ÚLOHY

Pomocí této úlohy žáci poznají náhodný charakter radioaktivního rozpadu i jeho statistickou zákonitost. Současně poznají hodnotu tzv. radioaktivního pozadí a se zdatnějšími žáky může učitel provádět též matematizaci a studovat takzvaný rozpadový zákon.

POMŮCKY

- zdroj radiace s krátkým poločasem rozpadu (například školní generátor metastabilního barya 137 s poločasem rozpadu 2,5 minuty)
- [detektor alfa, beta a gama záření VRM-BTD](#)
- dataloger Vernier [LabQuest 2](#) nebo rozhraní [LabQuest Mini](#) pro připojení senzoru

TEORETICKÝ ÚVOD

Radioaktivní rozpad je samovolná přeměna nestabilních nuklidů na jiná jádra. Tato přeměna je doprovázena ionizujícím zářením, které lze zaznamenávat Geigerovou-Müllerovou trubicí. Tato trubice je i v našem detektoru radioaktivního záření.

Čím více impulsů za jednotku času, tím větší je aktivita zářiče. Aktivita zářiče je přímo úměrná počtu nestabilních nuklidů a souvisí také s pravděpodobností samovolné přeměny těchto nuklidů.

Při každé přeměně dojde k vyzáření alfa, beta nebo gama částice, zároveň se tím ale také sníží počet zbylých nestabilních nuklidů. Doba, za kterou se sníží počet nestabilních nuklidů na polovinu, se nazývá *poločas rozpadu*.

Většina radionuklidů používaných ve školství má poločas rozpadu tak dlouhý, že jejich aktivita je prakticky neměnná. My ale využijeme školní generátor metastabilního radionuklidu barya 137, jehož poločas rozpadu je přibližně dvě a půl minuty.

Generátor obsahuje cesium 137, které se trvale přeměňuje s poločasem přibližně 30 let na metastabilní baryum 137. Vyzářením gama kvanta se baryum stabilizuje. Poločas této přeměny je přibližně 150 sekund.

ÚKOLY

Tuto aktivitu bude patrně provádět učitel demonstračně, žákům nechá pouze zpracovat (podle míry dosavadních dovedností žáků a také času, který je tomu možné věnovat) a diskutovat výsledky.

1. Postup měření s generátorem barya 137 je zachycen na videu k tomuto experimentu.
2. Nastavte čas měření na 20 minut a periodu vynášení počtu impulsů na 100 sekund.
3. Proveďte měření bez přítomnosti zářiče.
4. Připravte dle videonávodu vzorek a ihned započnete měření.
5. Při dostatku času je vhodné měření několikrát opakovat, aby byl vidět náhodný charakter (fluktuační) při současném zachování trendu (exponenciální závislost).

POZNÁMKY PRO UČITELE

Opakovaná měření

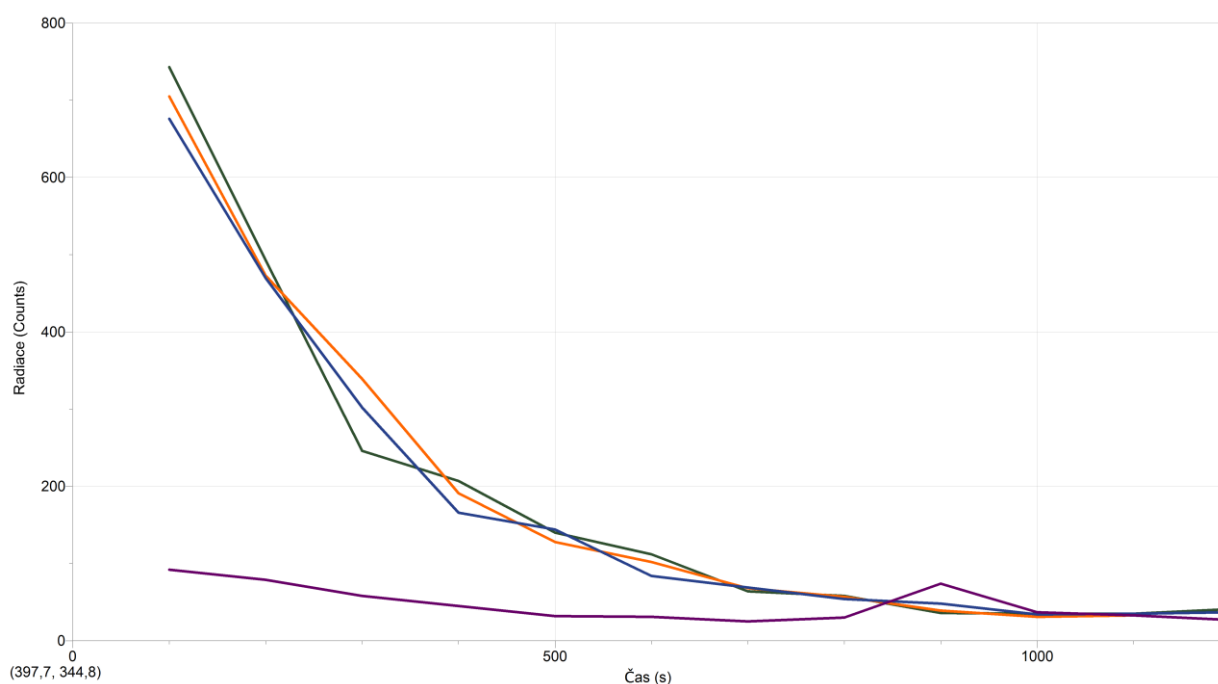
Je vhodné měření provádět opakovaně, aby bylo možné žákům ukázat, že i přes drobné fluktuační se pokaždé počty impulsů v čase řídí rozpadovým zákonem.

Vzhledem k tomu, že jedno měření včetně přípravy trvá poměrně dlouho, doporučujeme provést s jednou skupinou žáků pouze jedno měření, ale naměřená data přidat k měřením provedeným s ostatními/předchozími skupinami. Postupně takto bude vznikat řada měření, která můžeme žákům ukazovat poté, co si jedno měření provedou sami.

Ukázka výsledků

V grafu je zachyceno jedno měření bez zářiče (měření pozadí – fialová křivka) a tři měření se zářičem. Je vidět náhodný charakter radioaktivní přeměny (fluktuační), zároveň je ale jasně patrná statistická zákonitost, kdy hodnoty jsou poblíž exponenciální křivky s asymptotou na úrovni pozadí.

Pro přehlednost (snadnější sledování jednotlivých datových řad) doporučujeme nechat zapnuté spojování naměřených bodů čarami.



Analýza výsledků v LabQuestu

Průměrný počet zachycených impulsů za 100 sekund se řídí rozpadovým zákonem:

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

N průměrný počet impulsů za jednotku času

N_0 počet impulsů za jednotku času na začátku experimentu (v čase $t = 0$)

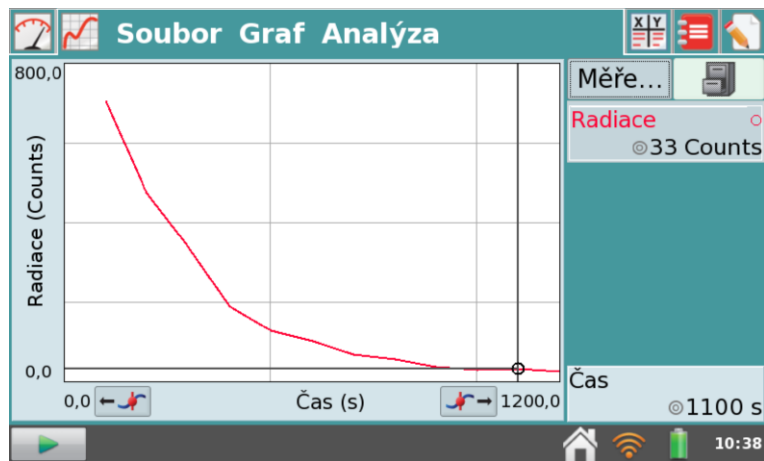
λ rozpadová konstanta

T poločas rozpadu (doba, za kterou aktivita klesne na polovinu)

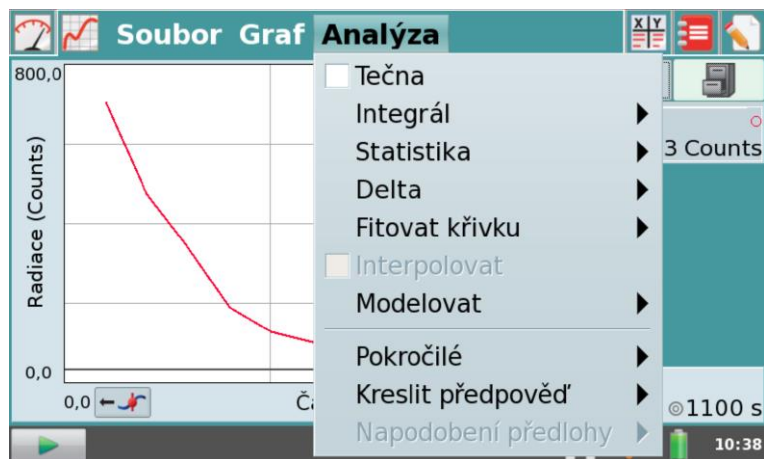
t čas od začátku experimentu

Ukážeme si, jak analyzovat naměřená data v LabQuestu. Podobně lze data analyzovat také v programu Logger Pro.

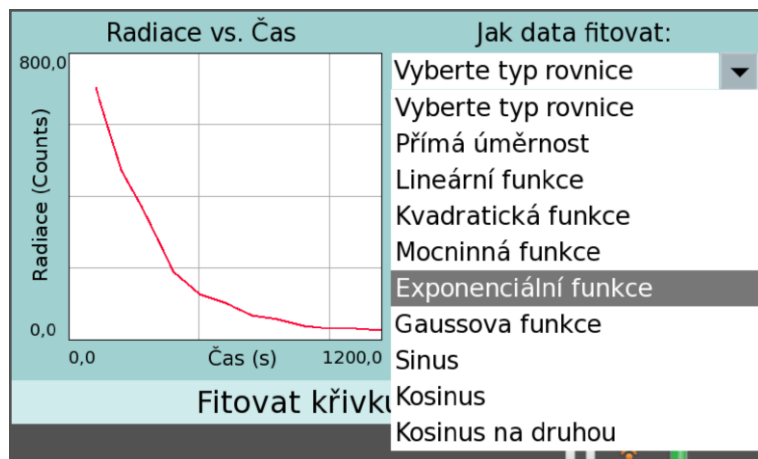
1. Zobrazíme křivku, kterou chceme analyzovat.



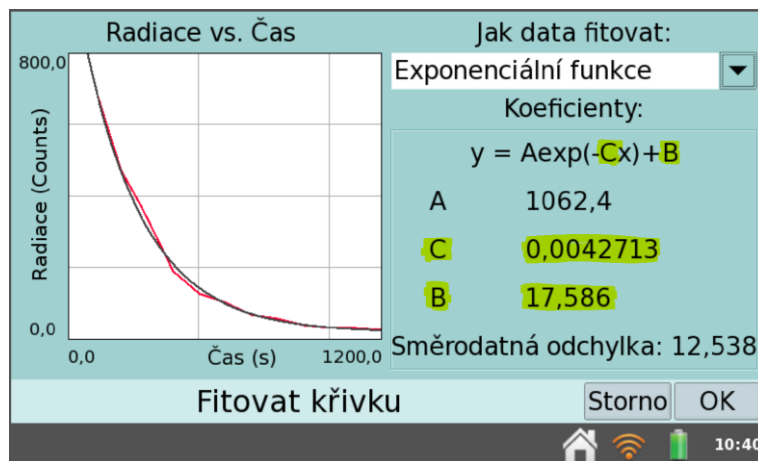
2. V menu vybereme Analýza → Fitovat křivku → Radiace



3. Vybereme exponenciální funkci.



4. LabQuest nyní pomocí metody nejmenších čtverců najde nejvhodnější parametry A, B a C funkce $y = Ae^{-Cx} + B$.



Koeficient B je odhad úrovně pozadí (zde 17,586), koeficient C (0,0042713) odpovídá rozpadové konstantě. Vztah mezi rozpadovou konstantou a poločasem rozpadu je

$$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

. Odhad úrovně pozadí z tohoto jednoho měření je tedy cca 18 impulsů za 100 sekund, odhad poločasu rozpadu je 162 sekund. Obojí dobře odpovídá skutečnosti, kdy úroveň pozadí se pohybovala mezi 20 a 30 impulsy za 100 sekund a tabulková hodnota poločasu barya je 153 sekund.