

POKUSY SE SOUPRAVOU GAMABETA 2007

PETER ŽILAVÝ

Univerzita Karlova v Praze, Matematicko – fyzikální fakulta, Katedra didaktiky fyziky, ČR

Příspěvek představuje obnovenou didaktickou pomůcku "GAMABETA 2007" sloužící k demonstraci zákonitostí z oblasti jaderné fyziky, ionizujícího záření a ochrany před ním. Součástí příspěvku je i popis některých experimentů s touto soupravou a jejich praktické předvedení během vystoupení.

Úvod

Pro demonstraci elementárních jevů z oblasti jaderné fyziky na základní či střední škole existuje pouze málo učebních pomůcek. Na školách v ČR se pro přímou demonstraci některých vlastností záření beta a gama a základních způsobů ochrany před tímto zářením (čas, vzdálenost, stínění) zatím téměř výhradně používá souprava Gamabeta v minulosti dodávaná do škol v rámci vzdělávacího programu společnosti ČEZ, a.s. Výroba této soupravy však byla již před několika lety ukončena.

Od konce roku 2007 je k dispozici nástupce této soupravy (s názvem "GAMAbeta 2007") reflektující jak současné technologie, tak i nové požadavky učitelů fyziky (možnost počítačem podporovaného experimentu přes standardní rozhraní USB, rozšíření možností počítání impulsů atd.). Souprava GAMAbeta 2007 vznikla ve spolupráci s autorem původní soupravy Gamabeta, jednotlivé součásti nové soupravy jsou slučitelné (zaměnitelné) se součástmi původní soupravy.

Souprava GAMAbeta 2007

Souprava se skládá z následujících částí: školní zdroj záření ŠZZ GAMA, detektor, čítač impulsů GM01 (včetně propojovacích kabelů), soubor absorpčních destiček z různých materiálů, demonstrační stativ, plastový kufřík a návod k použití (včetně příslušných certifikátů a prohlášení).

Školní zdroj záření ŠZZ GAMA je osazen radionuklidovým zářičem ^{241}Am kruhového tvaru o průměru 8 mm a aktivitě 30 kBq, který produkuje záření γ o energii 60 keV a záření α o energii 5,44 MeV a 5,49 MeV (výstupu záření α ze ŠZZ GAMA je však zabráněno). Školní zdroj záření ŠZZ GAMA je typově schválen (09/2007) Státním úřadem pro jadernou bezpečnost pro použití v rámci výuky fyziky pro demonstrační účely, žákovské experimenty a laboratorní práce studentů.

Detektor: Základem detektoru je Geiger-Müllerova trubice SBM-20. Indikátor obsahuje „vnitřní zdroj“ napětí 400 V pro napájení trubice. Celý detektor je napájen 9 V destičkovou baterií. Detektor akusticky a opticky indikuje zachycenou částici. K jeho výstupu je možné připojit čítač impulsů.

Čítač impulsů GM01

Součástí soupravy GAMAbeta 2007 je nový čítač impulsů. Je opatřen velkým maticovým displejem s možností podsvícení, který zobrazuje počet aktuálně načítaných impulsů, čas a popis tlačítek se zvýrazněním aktuální volby. Je vybaven dvěma ekvivalentními vstupy střídavého signálu (možnost připojení dvou detektorů), vstupem pro externí napájení AC 9V

z přiloženého externího zdroje a komunikačním rozhraním USB, které umožňuje připojení přístroje k počítači standardu PC.

Uživatel má možnost výběru ze čtyř režimů čítání: 10 s, 50 s, 100 s a nekonečno. V případě prvních třech režimů čítač počítá impulzy po zvolenou dobu od stisku tlačítka START/STOP, na displeji se zobrazuje čas do ukončení čítání. Ukončení doby čítání přístroj oznámí zvukovým signálem. V případě režimu nekonečno přístroj počítá impulzy od stisknutí tlačítka START/STOP do jeho opětovného stisknutí. Displej v tomto režimu zobrazuje čas od začátku čítání. Po odečtení hodnot je možno čítač vynulovat tlačítkem Nul.



Připojení čítače k PC

Čítač je možno připojit k počítači přes standardní rozhraní USB. Připojení k počítači umožňuje:

- zobrazení údajů z čítače přes dataprojektor pro celou třídu při demonstračních experimentech
- ovládání čítače prostřednictvím počítače
- v režimu PC možnost přenosu jednotlivých impulsů přímo do počítače (např. pro demonstraci a měření nahodilosti děje, studium rozdělení časových intervalů mezi jednotlivými impulsy atd.). Časy jednotlivých impulsů (v milisekundách od počátku měření) se ukládají do textového souboru vhodného pro další zpracování např. v tabulkovém procesoru.

Pokusy se soupravou GAMAbeta 2007

Následující odstavce stručně popisují několik experimentů, které lze pomocí soupravy provést.

Základní pokusy

Ukázka existence přírodního pozadí (kosmické záření, radioaktivita prostředí)

Zapneme detektor a držíme jej v ruce. Detektor nepravidelně akusticky a opticky indikuje dopadající částice. Radioaktivita (tzv. přírodní radioaktivní pozadí) je součástí přírody a naší planetu provází od jejího vzniku. Člověk nemá vyvinutý smysl pro detekci tohoto záření, máme však k dispozici přístroje, které toto záření „zviditelní“.

Přírodní a umělé zdroje záření

Přibližujeme detektor k různým předmětům či přírodninám. Po přiblížení detektoru ke zdroji záření ŠZZ GAMA ze soupravy či k některým jiným předmětům vytvořeným člověkem (např. sklenice barvená uranem či hodinky se svítícími ručičkami ze sbírek našich babiček) se četnost pípnutí detektoru zvýší. Zrovna tak dojde k výraznému zvýšení počtu registrovaných impulsů po přiblížení detektoru ke kusu smolince či jiné uranové rudy.

Demonstrace nahodilosti (statistické povahy) děje radioaktivní přeměny

K zapnutému detektoru přiblížíme zdroj záření. Soustředíme se na zvukovou indikaci dopadajících částic z detektoru, resp. v případě propojení detektoru s čítačem (a přes počítač s dataprojektorem) na přibývající počet registrovaných impulsů. Pozorujeme, že „pípání“ detektoru není pravidelné, nelze dopředu říci, v jakém konkrétním čase detektor zaregistruje další částici. Lze také počítat počet registrovaných částic za zvolený časový interval (např. 10 s) a porovnat hodnoty z několika opakovaných měření.

Zkoumání radioaktivity kolem nás

Pomocí detektoru a čítače lze porovnávat úroveň přírodní radioaktivity (v jednotkách počet impulsů za 100 sekund) v různých lokalitách. Například v Táboře opakovaně napočítáme za zvolený časový interval (průměr z mnoha měření) přibližně 1,5 násobek počtu registrovaných částic v Praze.

Záleží také na místě, ve kterém měříme. Nezřídka se mohou hodnoty počtu částic naměřené např. uvnitř a vně budov lišit (v důsledku použitých stavebních materiálů) až o několik desítek procent.

Ochrana před zářením

Vliv vzdálenosti od zdroje na počet částic registrovaných detektorem

K detektoru (v ruce) přiblížíme zdroj záření (kus smolince, zdroj záření ze soupravy) a pozorujeme, jak četnost impulsů klesá při jeho vzdalování od detektoru.

Vliv materiálu stínění na počet částic registrovaných detektorem

Bezprostředně k detektoru přiblížíme zdroj záření ze soupravy a chvíli posloucháme, jak často detektor „pípá“. Poté vložíme mezi detektor a čítač nejdříve hliníkovou destičku o tloušťce 1 mm (resp. dvě destičky o tloušťce 0,5 mm) a poté místo ní olověnou destičku (tl. 1 mm). Hliníkovou destičkou prochází záření gama ze zdroje záření ŠZZ GAMA prakticky beze změny, v případě olověné destičky detektor registruje prakticky už jen přírodní pozadí.

Z oblasti ochrany před zářením lze dále diskutovat například *Vliv tloušťky stínění na počet částic registrovaných detektorem* či *Vliv doby expozice na detekovaný počet částic*.

Kvantitativní měření

Závislost počtu částic registrovaných detektorem na vzdálenosti od zdroje záření

Závislost počtu částic zachycených detektorem na vzdálenosti od zdroje záření lze proměřit i kvantitativně. Součástí soupravy je stojánek, do kterého lze umístit zdroj záření tak, že samotný jeho zářící terčik je v definovaných vzdálenostech (4 cm, 8 cm, 12 cm a 16 cm) od trubice detektoru. Vzhledem k nízké aktivitě zdroje záření soupravy opakujeme měření (počet impulsů za 100 s) v každé poloze několikrát, stejně jako několikrát změříme přírodní pozadí. Pro vytvoření hledané závislosti použijeme průměrné hodnoty z těchto měření. Od hodnot

naměřených s otevřeným zdrojem záření nezapomeneme odečíst průměrný počet impulsů za 100 s odpovídající změřenému přírodnímu pozadí.

Podobně jako v předchozím případě, lze dále podrobně proměřit i *Závislost počtu částic registrovaných detektorem na tloušťce a materiálu stínění.*

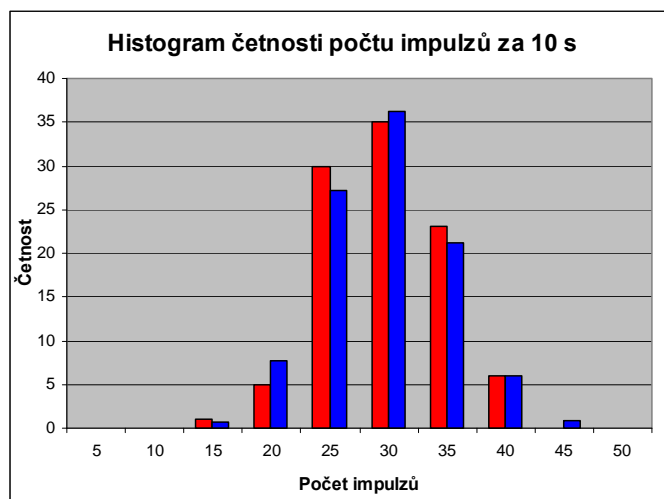
Zkoumání radioaktivní přeměny

Přímé pozorování děje radioaktivní přeměny je možno provést například pomocí doplňku k soupravě Gamabeta, který v minulosti do škol dodával ČEZ a.s. pod názvem Generátor krátkodobého radionuklidu.

Statistické vlastnosti radioaktivní přeměny (Poissonovo rozdělení)

Jak již bylo řečeno v předchozích odstavcích, počet částic registrovaných detektorem za zvolený časový interval (například 10 s) je náhodná veličina. Tato náhodná veličina se pro dostatečně malou intenzitu zdroje záření (jako je tomu v případě zdroje ŠZZ Gama) řídí Poissonovým rozdělením. Ověřit tuto skutečnost je možné následujícím měřením:

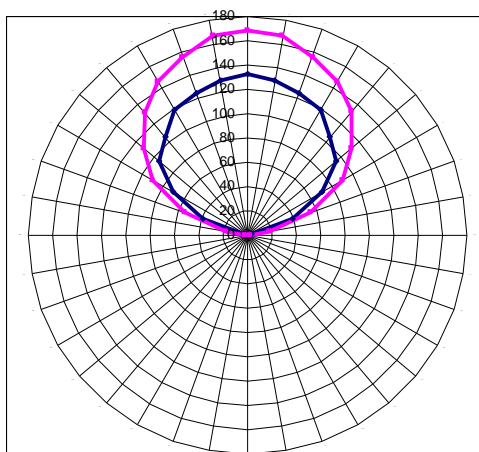
Zdroj záření přiložíme co nejbližší k detektoru a spustíme (v režimu čítače „PC“) záznam časů jednotlivých impulsů. Po uplynutí např. 1000 s (což odpovídá 100 desetisekundovým intervalům) měření ukončíme a sloupec naměřených dat (časy impulsů v milisekundách od začátku měření) z textového souboru importujeme do tabulkového procesoru. V něm (např. v Excelu pomocí funkce ČETNOSTI) zjistíme, kolik impulsů registroval detektor v intervalu prvních 10 000 ms, pak v dalších 10 000 ms atd. až do konce měření. Nakonec (opět např. pomocí funkce ČETNOSTI) roztrídíme tyto intervaly podle počtu registrovaných částic např. podle následujícího obrázku:



Červené sloupce (vlevo) zde představují naměřené četnosti, modré sloupce (napravo) jsou teoretické četnosti (vypočítané v Excelu pomocí funkce POISSON).

Měření vlastností zdroje záření (vyzařovací diagram)

U tohoto měření zkoumáme závislost počtu částic registrovaných detektorem na úhlu natočení zdroje záření vůči detektoru. Na zdroji záření (umístěném ve stojánku soupravy v poloze nejbližší k detektoru) je nasunutý papírový úhломěr s vyznačenými úhly natočení po 15°. Výsledkem měření pak může být tzv. vyzařovací diagram, jaký ukazuje např. následující obrázek.



Dva diagramy na tomto obrázku odpovídají dvěma různým výstupním otvorům clony zdroje záření ŠZZ GAMA.

Poděkování

Inovace a příprava soupravy GAMAbeta 2007 do výroby byla podporována z prostředků vzdělávacího programu ČEZ, a.s. „Svět energie“.

Závěr

Uvedené pokusy představují jen část z experimentů, které lze ze soupravou Gamabeta či GAMAbeta 2007 provést. Další inspiraci lze také nalézt např. v návodu k použití původní soupravy Gamabeta [1] či v připravované publikaci „Hrátka s Gamabetou“.

V případě zájmu o další informace týkající se soupravy kontaktujte autora článku:

RNDr. Peter Žilavý, Ph.D., Vítkova 1007, 390 01 Tábor, e-mail: Peter.Zilavy@mff.cuni.cz, tel: 602 822 831

Literatura

[1] Švandelík, J.: Gamabeta, Popis a návod k použití, SET, Příbram, (1998)