

Spektroskopie záření gama

J. Vejmola; Jan Fábera*, Jan Roneš**

SPŠE V Úžlabině, Praha10; SPŠ Hronov* Gymnázium Postupická**

Vejmola.Jan@seznam.cz; icarosai@seznam.cz *; j.rones@seznam.cz **

Abstrakt:

Gama spektroskopie je disciplína široce využívaná v dozimetrii a jaderné fyzice. Dovoluje nám určit mnoho vlastností zdrojů gama záření (třeba z vesmíru), ale také mnoho vlastností samotných fotonů. Pomocí rentgenové fluorescence můžeme také nedestruktivně určovat složení neznámých materiálů.

1 Úvod

Záření gama objevil roku 1900 francouzský chemik Paul Ulrich Villard při studiu uranu. Zprvu se myslelo, že má hmotný charakter jako záření alfa a beta, ale později bylo dokázáno, že má vlnový charakter a je schopno ionizovat okolí. Nyní se používá k velkému množství úloh jako třeba rentgenová fluorescence, apod.

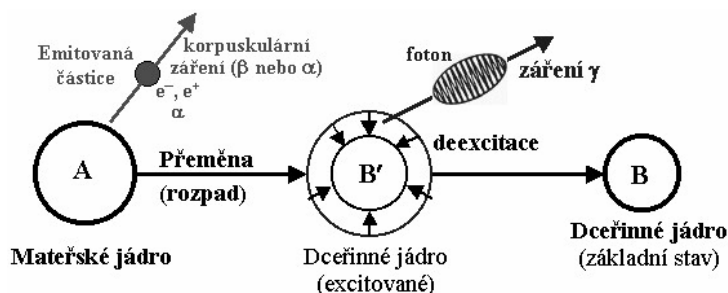
2 Teorie

Radioaktivita

Je jev, kdy se samovolně rozpadají jádra atomů určitého prvku na jádra jiného prvku. Při tom vzniká vysokoenergetické záření.

Rozeznáváme tři druhy záření podle charakteru vzniklých částic. Alfa záření, kde z jádra rozpadajícího se prvku vylétá jádro hélia. Beta záření je proud rychle vylétujících elektronů nebo pozitronů z jádra. U gama záření je částice foton.

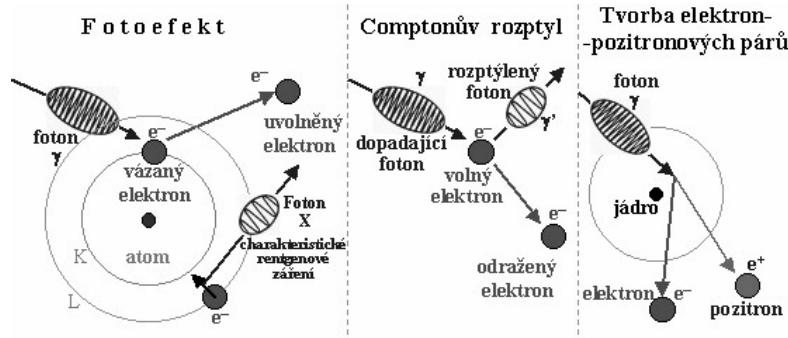
Síla zářiče se charakterizuje veličinou, která udává počet rozpadů za jednotku času. Nazývá se aktivita a její jednotkou je 1 becquerel(Bq), který odpovídá jednomu rozpadu za jednu sekundu. Po přeměně nemusí být(a většinou není) jádro v základním stavu, ale v excitovaném stavu. Nastane deexcitace, při které se uvolní foton jako přebytečná energie. Která je dána rozdílem energetických hladin.



Odtud je vidět, že většina zářičů je kombinovaných, buď alfa – gama, nebo beta – gama.

Průchod záření látkou

máme tři možnosti, které mohou nastat při interakci gama fotonu s látkou:



Fotoefekt: foton se srazí s elektronem (vázaným v elektronovém obalu) a předá mu veškerou svoji energii a sám zanikne. Tím uvolní elektron z obalu, který se bude pohybovat s kinetickou energií rovnou energii fotonu zmenšenou o energii vazebnou.

Comptonův rozptyl: při srážce fotonu a elektronu nedojde k úplnému předání energie fotonu elektronu. Foton se tedy pouze vychýlí a energie, s kterou bude foton pokračovat, bude závislá na úhlu vychýlení. Elektron bude touto energií urychlen a může se z vazby odtrhnout.

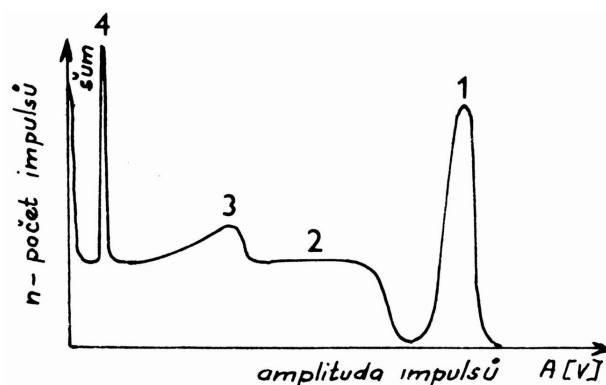
Tvorba elektron – pozitronových párů: za předpokladu, že foton bude mít velmi vysokou energii a ocitne se v blízkosti jádra prvku, může nastat jev kdy se foton rozpadne na elektron a pozitron, který bude okamžitě anihilovat s dalším elektronem, v obalu, na pár gama fotonů.

Rentgenová fluorescence

Je analytická metoda, která umožňuje nedestruktivně určit složení neznámé sloučeniny. Je založena na excitacích resp. deexcitacích v elektronovém obalu. Hladiny, na které mohou být elektrony excitovány, jsou pro každý prvek charakteristické a lze je takto identifikovat. Hodnoty energetických přechodů jsou tabelovány a podle nich snadno identifikujeme prvek.

Spektrum

Spektrum udává kolik fotonů zanechalo v detektoru danou část své původní energie. Protože nejsme schopni zjišťovat energie jednotlivých částic, proto si stanovíme tzv. kanál(okno), tedy rozsah energií na ose x. Spektrum pak udává kolik fotonů zanechalo v detektoru část energie padnoucí do příslušného kanálu.



Toto spektrum odpovídá cesiu. 1 je hlavní pík, odpovídá úplnému pohlcení fotonů v detektoru díky fotoefektu, lze říci, že zde je naše hledaná energie. 2 je oblast, které se říká Comptonovská (fotony nebyly zcela pohlceny). 3 odpovídá fotonům, které nešly přímo ze zářiče, ale odrazem. 4 odpovídá bariu, které je excitováno fotony ze stabilního stavu a zanechává charakteristickou stopu.

3 Měření

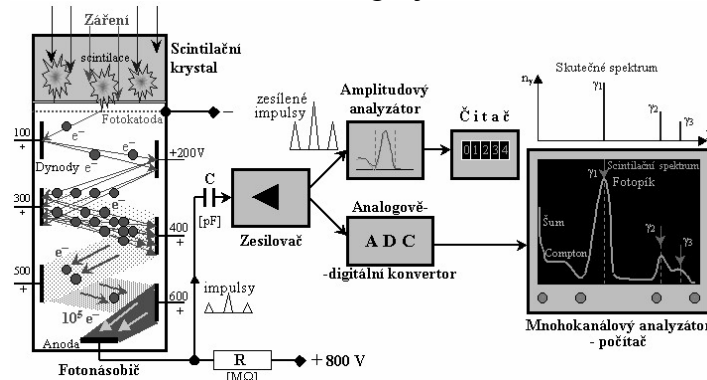
Princip měření

Gama záření jsme měřili pomocí scintilačního detektoru. Je to přístroj, který převádí gama záření na elektrické pulsy (viz. obrázek pod odstavcem). Foton, který dopadne na detektor, je převeden na elektrický puls, přičemž napětí pulsu odpovídá části energie dopadajícího fotonu.

Další zpracování probíhá v analyzátoru. Ten má zvláštní funkci, že jej lze nastavit tak, aby zachytával pulsy jen o určitém napětí (tzn. nastavíme na něm kanál). Zachycené pulsy dále postupují do čítače, který je počítá.

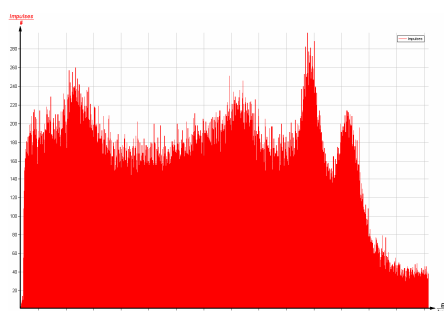
Analýzátor nastavujeme postupně tak, že zachytáváme impulsy od nejmenšího napětí až po největší. Tak nám vznikne závislost počtu pulsů na jejich napětí, respektive závislost počtu fotonů na energii, kterou v detektoru zanechaly. Tedy spektrum záření gama.

Energie fotonů poměrově odpovídá napětí pulsu. Tento poměr však neznáme. Proto musíme osu značící energii fotonů kalibrovat. To provádíme změřením spektra radionuklidu, u kterého známe energie jeho záření.

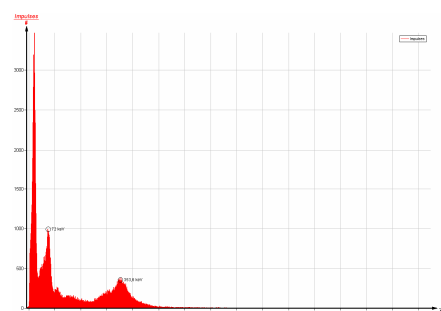


Vlastní měření

Známých materiálů:
Izotop ^{60}Co



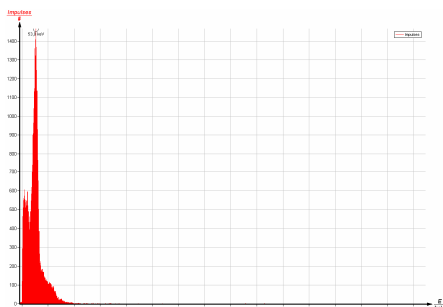
Izotop ^{133}Ba



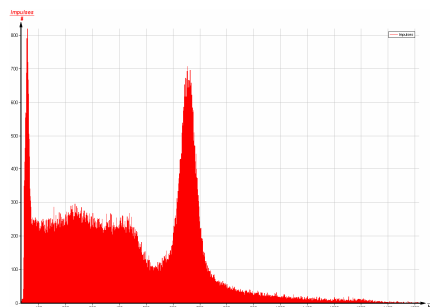
Pomocí Co jsme kalibrovali.

Naměřili jsme pro Ba 72,0keV a 353,6keV a tabelovaná hodnota je 80,98keV a 355,95keV

Izotop ^{241}Am



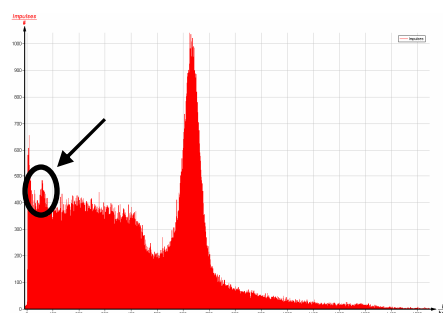
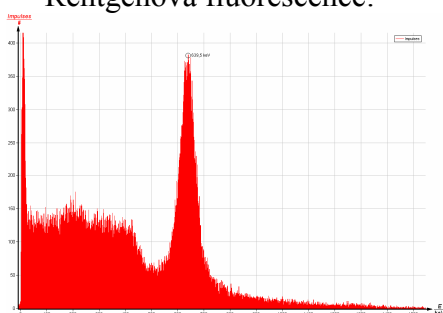
Izotop ^{137}Cs



Naměřili jsme pro Cs 639,5keV a tabelovaná hodnota je 661,65keV.

Naměřili jsme pro Am 53,4keV a tabelovaná hodnota je 59,53keV.

Rentgenová fluorescence:



Vlevo je standardní měření izotopu ^{137}Cs a vlevo je XRF olova, který se vyznačuje dalším píkem. Tento pík je právě charakteristický pro olovo, pro jiný prvek by byl jinde.

4 Shrnutí

Záření gama je jedním z druhů radioaktivního záření. Je to elektromagnetické záření o vysoké energii, které je způsobeno přeměnami (rozpadem) jader některých radionuklidů. Důležité je to, že každý gama radionuklid vyzařuje fotony o přesně dané energii. Tato energie je pro každý radionuklid specifická. Gama spektroskopie je metoda, pomocí níž dokážeme vyjádřit kolik fotonů zanechalo v detektoru danou část své původní energie. Pomocí gama spektroskopie a tabulky s energiemi záření jednotlivých radionuklidů lze identifikovat neznámý radionuklid. Na podobném principu pracuje rentgenová fluorescence.

5 Poděkování

Především bychom rádi poděkovali našemu supervizorovi Janu Čepilovi za vyčerpávající vysvětlení problematiky a za veškerou pomoc při práci na miniprojektu. Dále naše poděkování patří FJFI ČVUT v Praze za realizaci tohoto projektu a všem sponzorům Fyzikálního týdne.

6 Reference

- [1] Doc. Ing. Štoll I.: Fyzika mikrosvěta pro gymnázia, Galaxie, 1993, str. 98-113
- [2] <http://fyzika.fjfi.cvut.cz/index.php?said=19&sbid0=83&sbid1=108&task=001>
- [3] http://cs.wikipedia.org/wiki/Gama_z%C3%A1ření