

Spektrometrie záření gama

J. Hrach, L. Novák

Gymnázium Přípotoční 1337, Praha 10

Gymnázium Sokolov, Husitská 2053, 356 11 Sokolov

jenda@hrach.eu, novak.lukas@yahoo.es

Abstrakt:

Obsahem práce bylo seznámit se s vlastnostmi záření gama a způsobem jeho detekce. Za tímto účelem jsme pomocí známých zářičů (^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{133}Ba) provedli kalibraci detektoru a posléze detektorem identifikovali spektrum neznámého zářiče. Dále jsme zkoumali zeslabení záření po průchodu látkou.

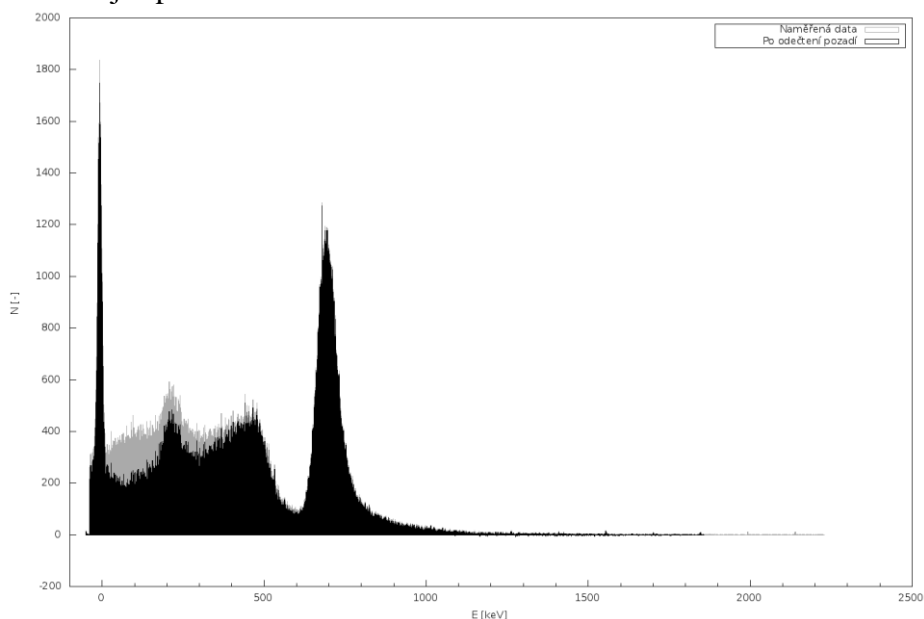
Úvod

Gama záření nás obklopuje neustále, ať už se jedná o radioaktivitu přírodní nebo umělou. Proto je užitečné studovat, jak interaguje s hmotou, jak jej můžeme detekovat a stínit. Prakticky se toto využívá například při datování archeologických nálezů nebo zobrazování měkkých tkání v medicíně.

Teorie

Po radioaktivní přeměně α nebo β může jádro zůstat v excitovaném stavu, z kterého se deexcituje vyzářením fotonu, který nazýváme gama zářením.

Každé jádro září fotony o určitých energiích. K detekci těchto fotonů slouží zařízení, které se nejčastěji skládá ze scintilátoru, fotokatody, fotonásobiče a multikanálového spektrometru. Spektrometr umožňuje určit počet fotonů o dané energii pro širokou oblast energií. Příkladem takového rozdělení je spektrum cesia 137 na obrázku 1.



Obr. 1: spektrum ^{137}Cs

Ve spektru je v nejnižších energiích vidět tzv. RTG peak, pokračuje Comptonovo kontinuum a nejvýraznější peak je samotný peak cesia. Příčiny vzniku všech těchto artefaktů na spektru blíže popisuje [1].

Naše detekční aparatura byla vyrobena firmou PHYWE a scintilátor byl anorganický krystal NaI dopovaný Tl. Spektrometr rozděluje dopadající záření do tzv. kanálů, a proto je nutné přiřadit kanálům hodnoty energie. Tomuto procesu se říká kalibrace.

Kalibrovali jsme pomocí zářičů ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{133}Ba ; energie jimi vyzařovaných fotonů byly nalezeny v [2]. Pozice peaku v kanálech se určila pomocí fitování fotopeaku Gaussovou křivkou.

Naměřené hodnoty a hodnoty dopočítané dle Gaussova rozdělení (viz [3]) jsou v tabulce 1.

zářič	Ch [-]	σ [-]	$\Gamma_{1/2}$ [-]	$\Gamma_{1/2}$ [keV]	E [keV]
^{241}Am	252	14,5	34,1	$19,4 \pm 0,3$	59,5
^{137}Cs	1307	45,9	108,1	$61,6 \pm 0,8$	662,0
^{60}Co	2141	53,1	125,0	$71,2 \pm 1,0$	1173,0
	2392	76,1	179,2	$102,1 \pm 1,4$	1333,0
^{133}Ba	202	16,9	39,8	$22,7 \pm 0,3$	80,0
	773	33,7	79,4	$45,2 \pm 0,6$	356,0
^{22}Na	1024	41,3	97,3	$55,4 \pm 0,8$	511,0
	2283	75,5	177,8	$101,3 \pm 1,4$	1274,0

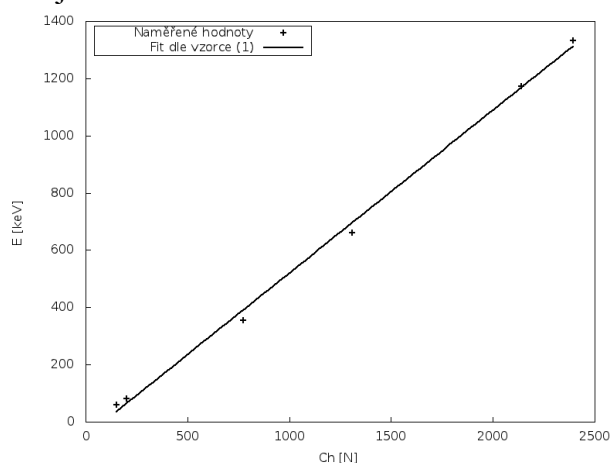
Tab. 1: hodnoty pro zářiče
(Ch – kanál, $\Gamma_{1/2}$ – pološířka peaku, E – energie záření peaku)

Nyní je potřeba získat relaci mezi naměřeným číslem kanálu a tabulkovou hodnotou energie fotonů. Je předpokládána lineární závislost, proto jsme fitovali dle vzorce:

$$f(x) = ax + b \quad (1)$$

Z fitu jsme získali hodnoty $a = 0,57 \pm 0,01$; $b = -51 \pm 20$.

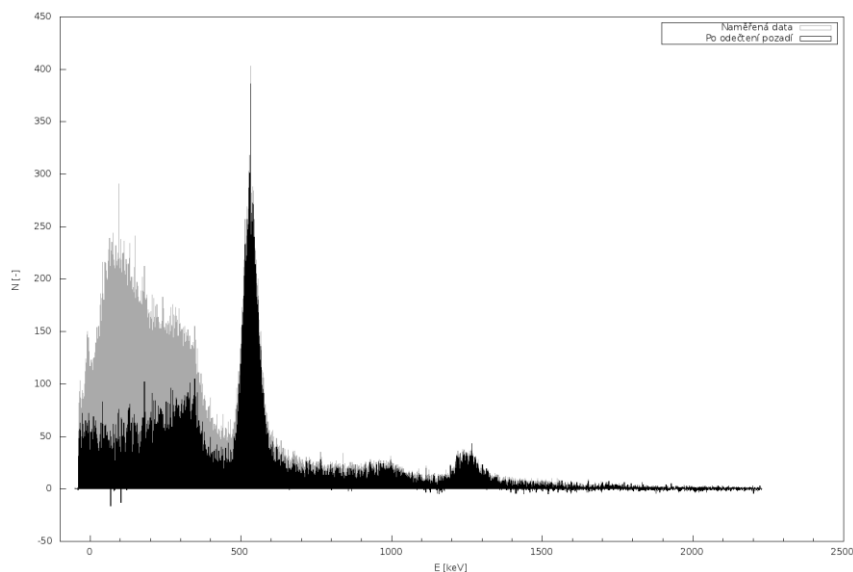
Výsledná kalibrační křivka je zobrazena na obrázku 2.



Obr. 2: kalibrační křivka multikanálového spektrometru

Měření spektra neznámého zářiče

Pomocí takto zkalibrovaného spektrometru bylo naměřeno spektrum neznámého zářiče, viz obrázek 3.



Obr. 3: spektrum neznámého zářiče

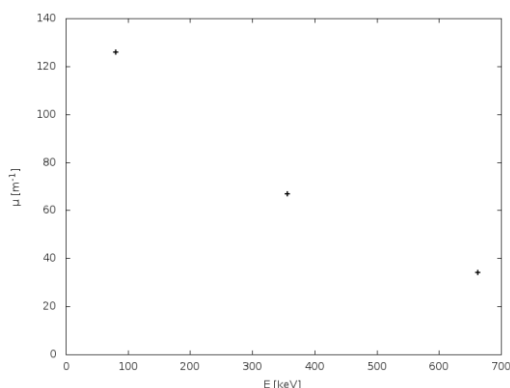
Jelikož jsme detekovali značné radiační pozadí, především v nízkých energiích (do 400 keV), bylo třeba naměřit pozadí samostatně a od získaného spektra jej odečíst. Tento postup jsme použili i na obrázku 1. Na některých místech tak došlo k podtečení počtu zaregistrovaných částic pod 0, čitelnost grafu se však velmi zlepšila. Peak byl určen na (532 ± 30) keV z dostupných zářičů tomu odpovídá nejlépe sodík 22 (511 keV, poločas rozpadu 2,6 roku). Z důvodu fitování mírně nelineární odezvy detektoru lineární funkcí se ve vypočteném spektru objevují i energie nižší než 0. Bylo by vhodné použít pro kalibraci i zářiče s nižší energií záření a pokusit se s pomocí takto naměřených dat lépe vystihnout charakteristiku detektoru.

Stínění gama záření olověnou deskou

Intenzita záření se při průchodu látkou snižuje. Schopnost pohlcovat záření můžeme pro konkrétní prvek a energii záření vyjádřit koeficientem μ nazývaným lineárním koeficientem útlumu, tento je dán rovnicí:

$$\mu = -\ln \frac{I(d)}{I_0} \quad (2)$$

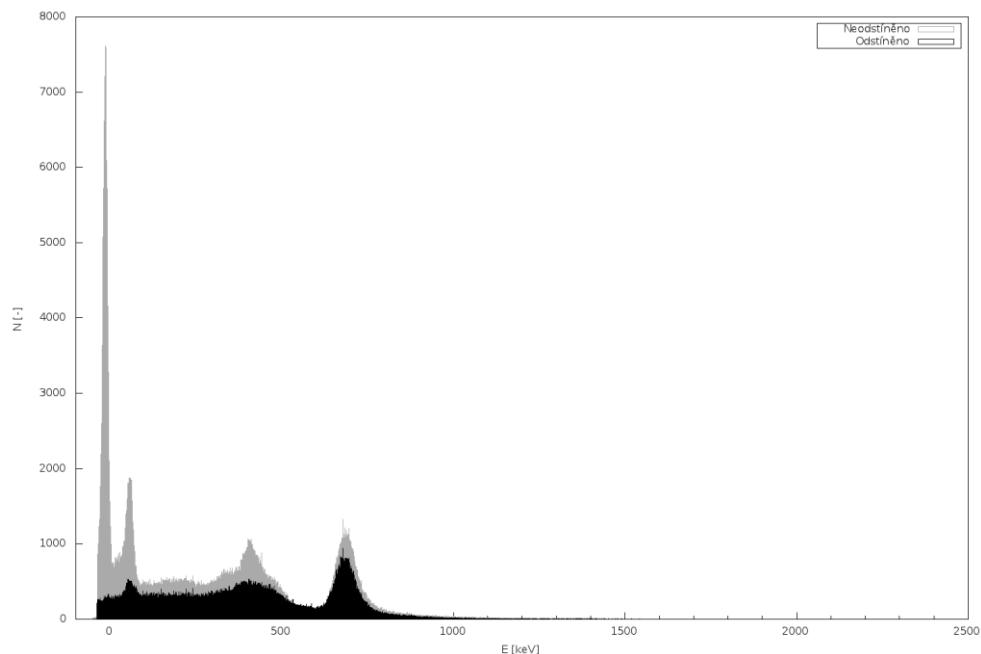
kde d je tloušťka materiálu, I_0 původní intenzita svazku a $I(d)$ intenzita svazku po průchodu překážkou.



Obr. 4: hodnota μ koeficientu

Nejprve byla měřena intenzita záření bez stínění a potom byla mezi zářiče a detektor vložena olověná destička s tloušťkou přibližně 9 mm (destička byla zvlněná). Hodnoty koeficientu μ pro různé energie získané analýzou naměřených dat zobrazuje obrázek 4.

Naměřené spektrum směsi ^{133}Ba a ^{137}Cs se stíněním a bez stínění zobrazuje obrázek 5. Z tohoto obrázku je vidět, že záření s vyšší energií prostupuje hmotou mnohem snáze.



Obr. 5: spektrum se stíněním a bez stínění směsi

Shrnutí

I přes nelinearitu odezvy se nám podařilo spektrometr zkalibrovat, a tak identifikovat neznámý zářič jako sodík 22. Ověřili jsme, že se intenzita záření po prostupu hmotou snižuje podle lineárního koeficientu útlumu a že tvrdé záření prostupuje látkou lépe než měkké. Pokud bychom měli více zářičů a dostatečně rovné olověné destičky, mohli bychom zjistit i přesnější pravidla této závislosti.

Poděkování

Autoři by chtěli poděkovat supervizorovi Bc. Filipu Mohylovi za vysvětlení problematiky a pomoc s experimenty, organizátorovi Týdne vědy na Jaderce Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. a FJFI ČVUT v Praze za zastřešování akce.

Reference:

- [1] Ullmann, V.: *Detekce a spektrometrie ionizujícího záření*.
<http://www.sweb.cz/AstroNuklfyzika/DetekceSpektrometrie.htm>
- [2] Firestone, R. B.: *Table of Isotopes*. John Wiley & Sons, Inc., 1996
- [3] Nave, C. R.: *Halfwidth of a Gaussian Distribution*.
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/math/gaufcn2.html>