

# Měření spektra gama záření scintilačním detektorem

Linda Fialová, Gymnázium Česká Lípa, [lindafialova@gmail.com](mailto:lindafialova@gmail.com)

Vojtěch Fišer, Gymnázium Elišky Krásnohorské Praha 4,

[tydlitele@gmail.com](mailto:tydlitele@gmail.com)

Iveta Zatočilová, Gymnázium Jiřího Ortena Kutná Hora,

[iveta.zatocilova@studenti.gymkh.eu](mailto:iveta.zatocilova@studenti.gymkh.eu)

## Abstrakt:

Zabývali jsme se gama spektroskopií, což je disciplína, která měří a vyhodnocuje spektra gama zářičů. Naším úkolem bylo naměřit spektra gama záření několika vzorků a hodnoty porovnat s tabulkovými. Změřili jsme také spektrum neznámého vzorku a zjistili jsme, že se jedná o izotop sodíku.

## 1 Úvod

### 1.1 Historie

Scintilační detektory jsou nejstarším způsobem detekce těžkých částic. První scintilační detektor pojmenovaný spintariskop byl sestaven Crooksem a Regenerem v roce 1908. Záblesky dopadaly na stínítko pokryté vrstvou ZnS a byly počítány pomocí jednoduchého mikroskopu okem pozorovatele. Nevýhodou spintariskopu bylo to, že kladl velké nároky na zrak pozorovatele, který musel počítat scintilace ZnS stínítka. V roce 1941 použil Krebs citlivého GM fotodetektoru jako náhrady za lidský zrak. Výsledky ale nebyly uspokojující.

První využitelný scintilační detektor sestavili Curran a Baker v roce 1944 v Los Alamos. Pro detekci světelných záblesků použili fotonásobiče firmy RCA, vyvinuté pro fotometrii ve filmovém průmyslu. Objev scintilačních vlastností organických a anorganických látek vedl k dalšímu vývoji scintilačních detektorů, který byl ukončen objevem plastických a kapalných scintilátorů v roce 1950. Dnes je nejpoužívanějším scintilačním detektorem NaI(Tl), který má nejlepší energetickou rozlišovací schopnost. <sup>[2]</sup>

### 1.2 Využití

Scintilační detektory jsou používány v lékařských, technických a vědeckých oborech, ale i v základním výzkumu, kde se užívá ionizujícího záření. Jejich výhodou je kompaktnost, provozní nenáročnost a cenová dostupnost.

## 2 Měření spektra gama záření

### 2.1 Gama záření

Gama záření je elektromagnetické záření vysílané z jádra atomu. Zdroje gama záření můžeme charakterizovat spektrem, tzn. grafem závislosti počtu impulsů na energii. Studium spekter gama zdrojů se zabývá spektrometrie záření gama. Gama záření vzniká jako doprovodný jev při  $\alpha$  nebo  $\beta$  přeměně atomových jader. Samostatný gama zářič v přírodě neexistuje.

### 2.2 Detekce

#### 2.2.1 Princip scintilačního detektoru

Scintilátor je látka, která reaguje světelnými záblesky při pohlcení gama záření. Světelné záblesky jsou pak zaznamenávány pomocí fotonásobiče. Pro gama záření je používán monokrystal NaI(Tl), což je jodid sodný aktivovaný thaliem.



Obr. 1 Scintilační detektor

Ve spektru pozorujeme mimo charakteristických píků plného pohlcení také píky a oblasti, které jsou důsledkem následujících dvou efektů a jejich kombinací.

#### 2.2.2 Fotoefekt

Tj. vnitřní fotoelektrický jev nastává, když foton předá svou energii elektronu (nejčastěji na K vrstvě atomového obalu) a elektron se z vrstvy uvolní. Místo uvolněného elektronu zaplní elektron z vyšší energetické vrstvy a vyzáří se rentgenový foton. Tento jev se opakuje až do dosažení stabilní konfigurace atomu.

#### 2.2.3 Comptonův rozptyl

Comptonův rozptyl nastává zejména na elektronech z vnějších slupek atomu, které můžeme vzhledem k rychlosti fotonu považovat za nehybné. Při této srážce foton předá část své energie elektronu a pokračuje jiným směrem s menší energií a elektron je odražen. <sup>[1]</sup>

## 2.3 Měření

### 2.3.1 Pomůcky

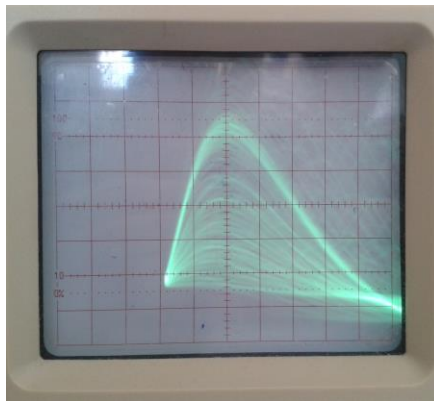
Scintilační detektor, zdroj vysokého napětí PHYWE, jednocanálový analyzátor TESLA, čítač impulsů FC-2130U, multikanálový analyzátor PHYWE, osciloskop, osobní počítač, propojovací kabely, zdroje gama záření, olověné destičky, stopky, programy MEASURE, MS Excel a GNUplot

### 2.3.2. Postup

Jako první jsme použili zářič  $^{137}\text{Cs}$ , který jsme umístili na scintilační detektor připojený multikanálový analyzátor k osciloskopu. Pomocí zobrazené křivky na osciloskopu jsme se pokusili načrtnout spektrum gama záření.

V druhém přesnějším měření jsme použili jednocanálový analyzátor a čítač. Měřili jsme počet impulsů po 100 mV úsecích a jejich hodnoty odčítali na čítači. Tímto měřením vznikl již přesnější graf spektra gama zářiče.

Nakonec jsme zaznamenávali spektrum různých gama zářičů po dobu 10 minut multikanálovým analyzátozem a pomocí programu MEASURE. Výsledná data jsme převedli do grafu závislosti počtu impulsů na energii. Tuto nejpřesnější metodu jsme použili k měření všech zářičů a k určení neznámého prvku.

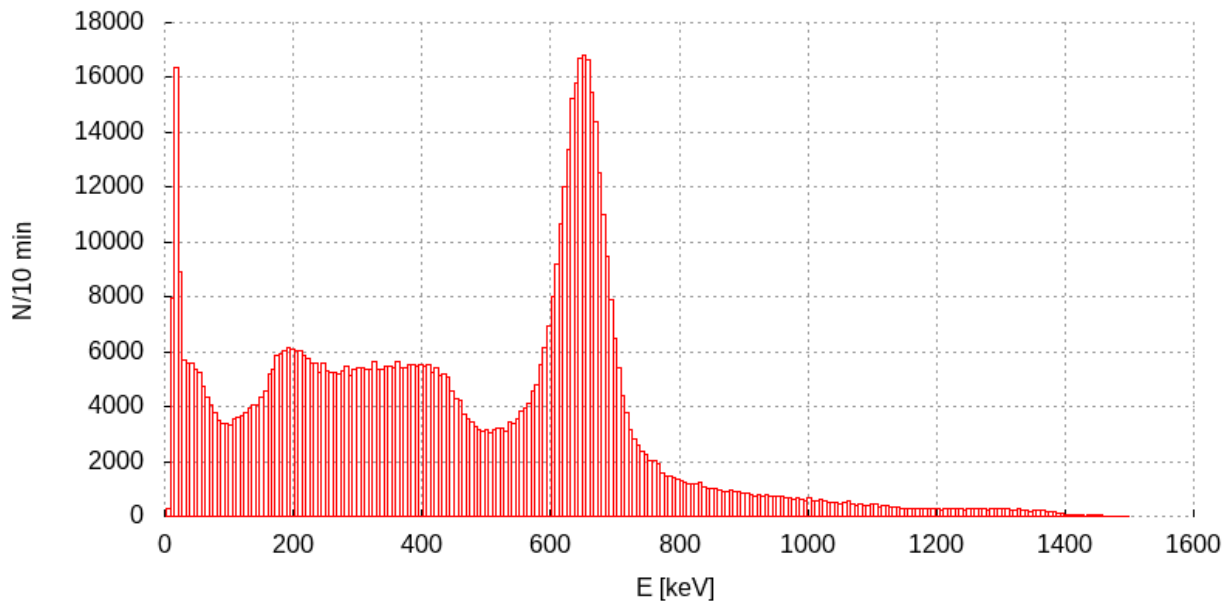


Obr. 2 Záznam impulsů gama zářiče  $^{137}\text{Cs}$  na obrazovce osciloskopu



Obr. 3 Gama zářiče  $^{60}\text{Co}$  a  $^{137}\text{Cs}$

### 2.3.3 Výsledky



Obr. 4 Histogram spektra  $^{137}\text{Cs}$ , E značí energii, N/10min je počet zaznamenaných pulzů

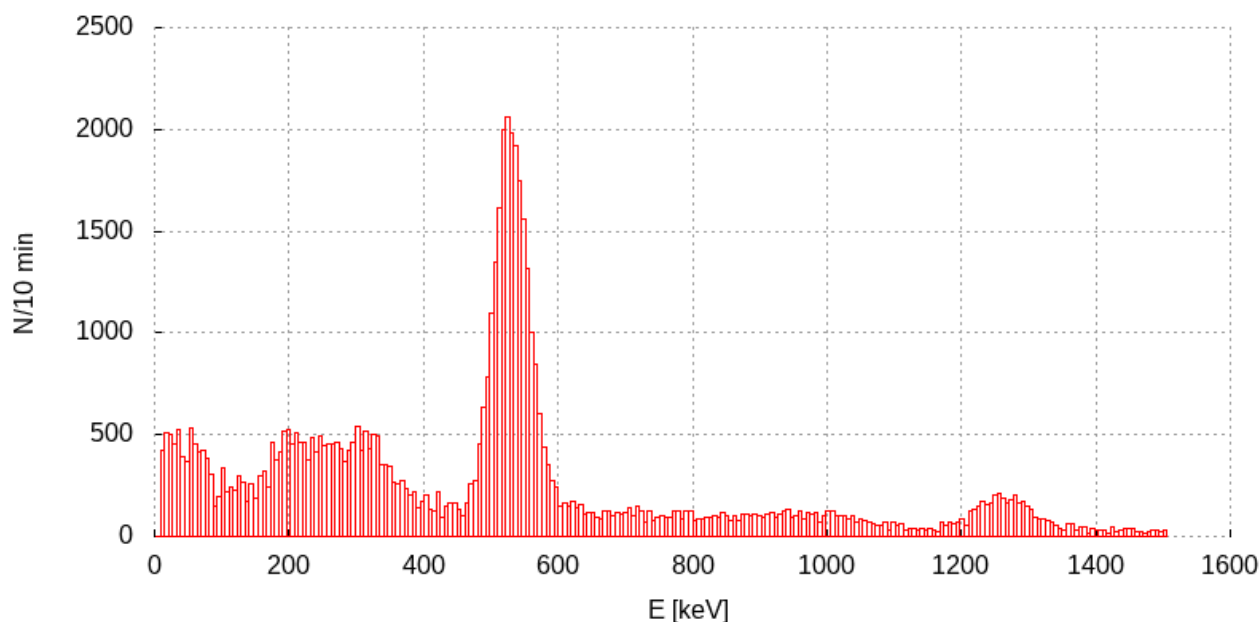
Na Obr. 4 lze dobře vidět pík zpětného rozptylu na energii kolem 200 keV, Comptonovské kontinuum v rozmezí cca 200-400 keV zakončené Comptonovou hranou. Na energii zhruba 660 keV je výrazný pík plného pohlcení.

Kalibraci analyzátoru jsme provedli z měřením tří známých píků plného pohlcení ( $^{60}\text{Co}$  a  $^{137}\text{Cs}$ ) a následným proložením lineární funkce těmito třemi body. To nám umožnilo přiřadit ke kanálům analyzátoru energie.

V tabulce Tab.1 je porovnání námi naměřených hodnot s hodnotami tabulkovými. Energie píků plného pohlcení byly určeny fitováním pomocí Gaussovy funkce.

Tab. 1 Porovnání naměřených a tabulkových hodnot píků plného pohlcení.  $E_n$  – naměřená energie,  $E_t$  – tabulková hodnota.

Název prvku	$E_n$ [keV]	$E_t$ [keV]
$^{60}\text{Co}_1$	$(1158,98 \pm 0,09)$	1173,228
$^{60}\text{Co}_2$	$(1304,1 \pm 0,9)$	1332,492
$^{137}\text{Cs}$	$(649,8 \pm 0,2)$	661,657
$^{241}\text{Am}$	$(60,0 \pm 0,4)$	59,5409
$^{133}\text{Ba}$	$(372,6 \pm 0,2)$	356,0129



Obr. 5 Histogram spektra neznámého prvku

Dalším úkolem bylo určení izotopu neznámého prvku. Na Obr. 4 je námi naměřený histogram. Na něm je možné pozorovat dva velké píky. První pík jsme určili jako anihilační pík. <sup>[3]</sup> Zjistili jsme tedy, že neznámý prvek podléhá  $\beta^+$  rozpadu. V tabulkách jsme hledali izotopy, které při  $\beta^+$  rozpadu produkují gama fotony s píkem plného pohlcení na energii cca 1259 keV a mají velký poločas rozpadu. Kritériím nejlépe vyhověl izotop  $^{22}\text{Na}$ .

### 3 Shrnutí

Vyzkoušeli jsme tři metody měření gama záření pomocí scintilačního detektoru. Nejpřesnější z nich jsme využili k změření gama spektra 4 známých vzorků a naměřené hodnoty porovnali s tabulkovými. Pomocí naměřeného spektra neznámého vzorku jsme zjistili, že se jedná o izotop sodíku  $^{22}\text{Na}$ .

### Poděkování

Děkujeme Ing. Jaroslavě Fojtíkové za cenné rady a pomoc při měření. Dále děkujeme FJFI ČVUT za poskytnutí pomůcek a zázemí a v neposlední řadě Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za pořádání Týdne vědy na Jaderce.

### Reference

- [1] Kolektiv fyzikálního praktika FJFI ČVUT: *Měření spektra gama záření scintilačním počítačem*
- [2] KREJČÍ V.: *Scintilační detektory*, 2002 URL: <http://www.pf.jcu.cz/stru/katedry/fyzika/prof/Svadlenkova/Scintilacni%20detektory.pdf>, [19. 5. 2014]
- [3] WAGNER V.: *Spektrum záření gama, jeho získávání a analýza*, URL: <http://ojs.ujf.cas.cz/~wagner/prednasky/spektroskopie/osnova.html> [19. 5. 2014]