

FYZIKÁLNÍ PRAKTIKUM FJFI ČVUT V PRAZE

Datum měření: 26.3.2011	Jméno: Jakub Kákona
Pracovní skupina: 2	Hodina: Po 7:30
Spolupracovníci: Viktor Polák	Hodnocení:

Měření spektra gamma záření scintilačním počítačem

Abstrakt

Úloha se zabývá měřením spekter nejběžnějších umělých zářičů a metodami cejchování scintilačního detektoru.

1 Úvod

1.1 Zadání

1. Pozorujte osciloskopem impulsy přiložených zářičů na výstupu jednobanového spektrometru. Pokuste se odhadnout tvar spektra. (Osciloskop ukazuje tvary a amplitudy jednotlivých pulsů. Počet pulsů je dán intenzitou barvy a energie výškou impulsu.)
2. Naměřte spektrum impulsů ^{137}Cs pomocí manuálního měření. Okno volte o šířce 100mV. Spektrum graficky zpracujte.
3. Naměřte spektrum impulsů ^{137}Cs jednobanovým analyzátozem pomocí automatického měření. Okno volte o šířce 100mV. Spektrum graficky zpracujte.
4. Mnoho kanálovým analyzátozem naměřte jednotlivá spektra přiložených zářičů ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{241}Am , ^{133}Ba . (Spektrum nabírejte 10 minut.)
5. Pomocí naměřených spekter najděte kalibrační křivku spektrometru, závislost rozlišení spektrometru na energii záření.
6. Z naměřeného spektra ^{137}Cs určete hodnotu píku zpětného rozptylu, Comptonovy hrany, energii rentgenového píku a energii součtového píku.
7. Mnohokanálovým analyzátozem naměřte spektrum neznámého zářiče. Určete tento zářič, pozorujte a zaznamenejte další jevy v jeho spektru. (Spektrum nabírejte 10minut.)
8. Mnohokanálovým analyzátozem naměřte spektrum pozadí v místnosti (zářiče uschovejte v trezoru), Najděte v pozadí přirozené zářiče a toto pozadí odečtete od všech zaznamenaných spekter ještě před jejich vyhodnocením. (Pozadí nabírejte 10minut)
9. Graficky určete závislost koeficientu útlumu olova na energii gama záření. (Použijte všechny zářiče současně, jednotlivá spektra nabírejte 5minut)

2 Experimentální uspořádání a metody

2.1 Teoretický úvod

Radioaktivita je charakterizována, jako jev při němž se jádro atomu určitého prvku samovolně přemění na jádro jiného prvku, tento proces je často doprovázen emisí vysokoenergetického záření. Jádra s těmito vlastnostmi se nazývají radionuklidy - radioaktivní zářiče. Rozeznáváme α , β , γ zářiče. Aktivita je veličina charakterizující počet jader, které se přemění za 1s, jednotkou je 1 becquerel [Bq]. Počet jader ve vzorku se řídí rovnicí

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

kde N_0 je počet jader na počátku měření a λ je střední pravděpodobnost rozpadu jádra. Dále platí rovnost

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{\frac{1}{2}}}, \quad (2)$$

kde $T_{\frac{1}{2}}$ je poločas rozpadu, doba za kterou se rozpadne právě $\frac{1}{2}$ jader.

2.1.1 Průchod záření látkou a jeho detekce

Vzhledem k tomu, že gama záření je elektromagnetické záření, které nelze detekovat přímými metodami. Tak je nutné využít vlastností jeho interakcí s látkou.

Comptonův rozptyl - Jedná se vlastně o pružnou srážku fotonu a elektronu. Foton změni svůj směr díky absorpci části energie volným elektronem.

Fotoefekt - Foton všechnu energii předá elektronu, který byl vázán v atomu ten je nyní vyražen a pohybuje se s kinetickou energií rovnou energii původního fotonu zmenšenou o vazebnou energii elektronu v atomu.

Tvorba elektron/pozitronový párů - Foton má dostatečnou energii ($> 2m_e c^2$), při průletu silným polem zanikne za vzniku elektron-pozitronového páru. Přitom předá část svojí hybnosti částici, která pole vytvořila. Obvykle tento proces nastává poblíž atomových jader. Následnou anihilací vzniknou dva fotony o energii 511 keV.

2.1.2 Stínění gama záření

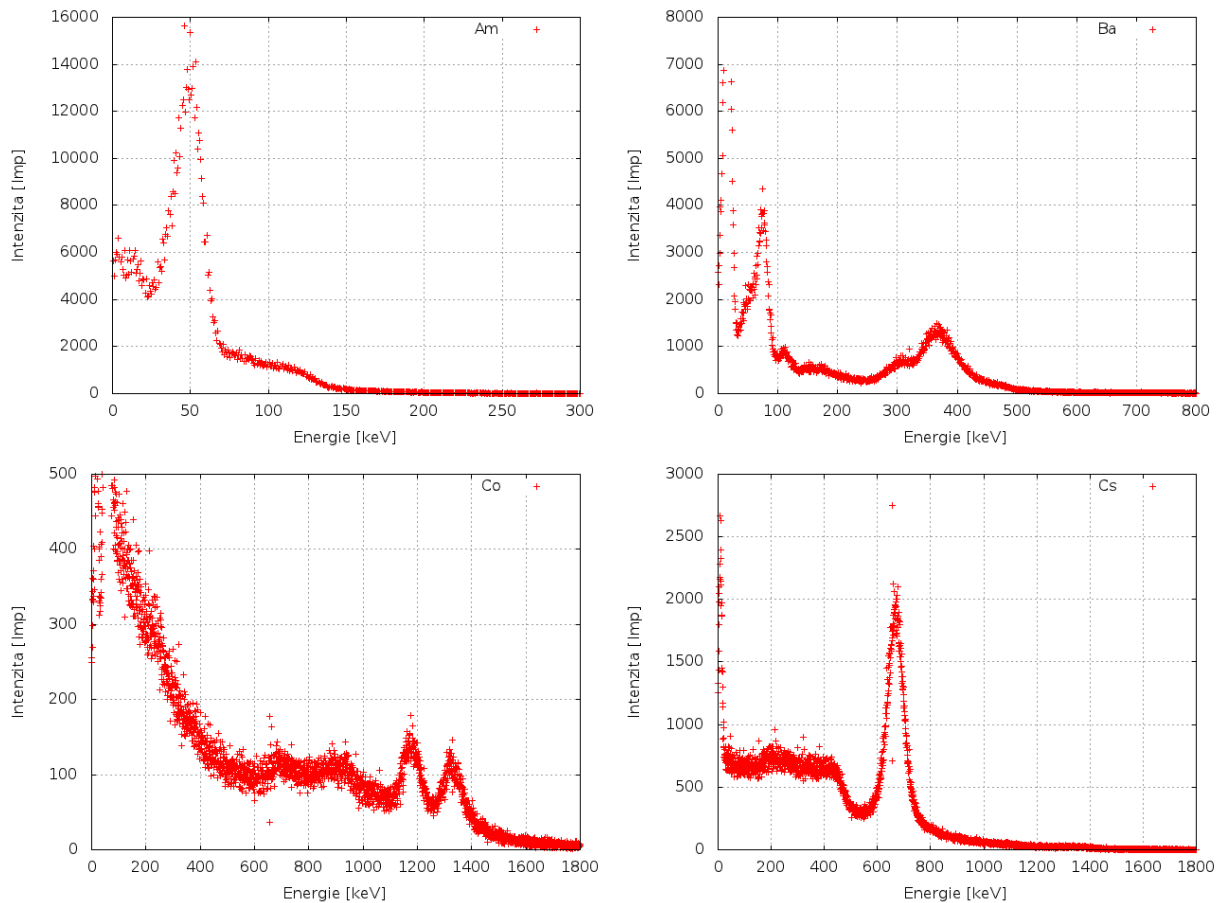
Při průletu gama fotonů látkou se nemění jejich energie, ale následkem srážek se postupně zmenšuje proud fotonů. Zeslabení mono energetického svazku v takovém případě probíhá podle exponenciálního zákona

$$I(d) = I_0 e^{-\mu d} \quad (3)$$

kde $I(d)$ je intenzita svazku prošlého materiálem o tloušťce d , I_0 je počáteční intenzita a μ se nazývá lineární koeficient útlumu. Tohoto exponenciálního útlumu intenzity se využívá při stínění gama záření.

2.2 Pomůcky

Scintilační detektor, zdroj vysokého napětí NL2410, jednokanálový analyzátor PHYWE, čítač impulsů NL2301, multikanálový analyzátor PHYWE, osciloskop, počítač, zdroje gama záření, USB link PASCO 2100, program pro datový sběr Data Studio, program MEASURE.



Obrázek 1: Naměřená spektra jednotlivých zářičů.

3 Výsledky a postup měření

3.1 Manuální měření s jednobanálním analyzátořem

Tento krok jsme na pokyn asistenta přeskochili. Na začátku měření jsme pouze stihli připojit osciloskop k měřicí aparatuře a zobrazit na něm průběhy výstupních impulsů ze scintilačního detektoru.

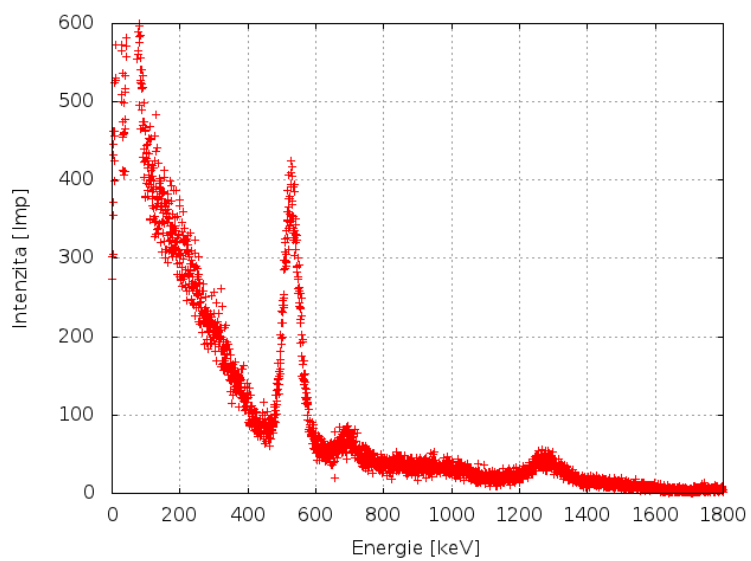
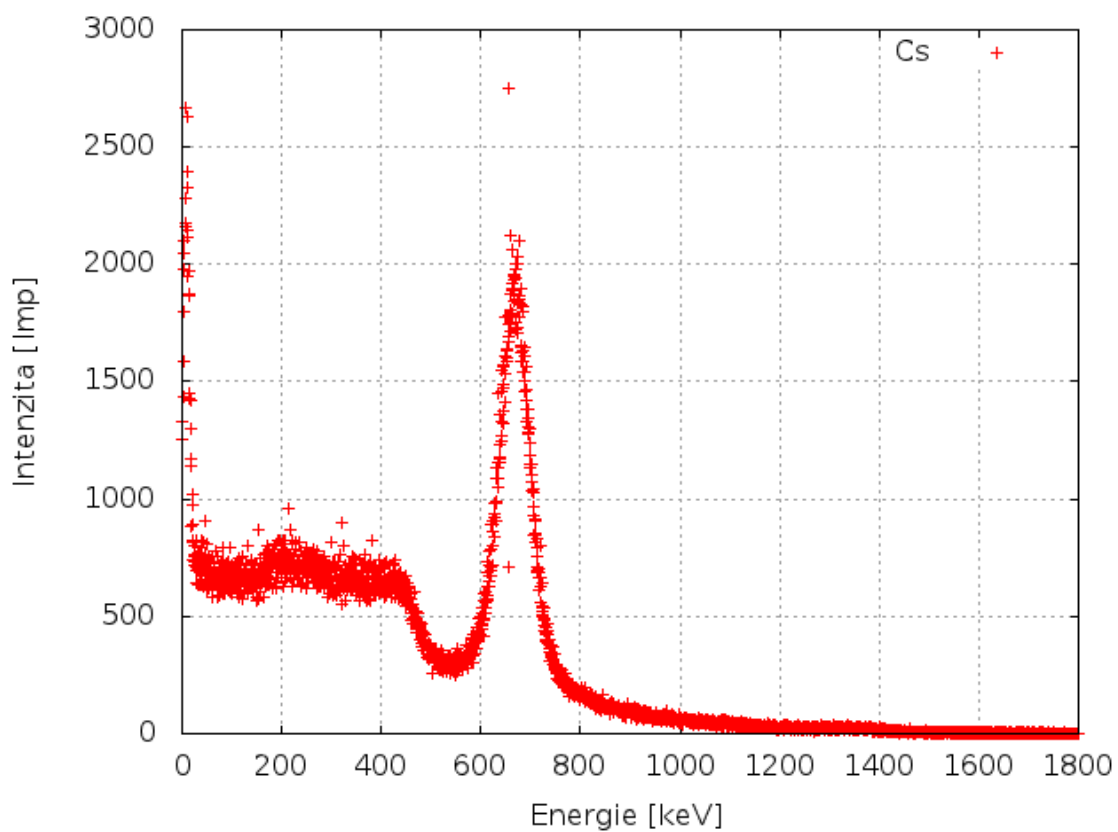
3.2 Automatický mnohakanálový analyzátoř

Pomocí mnohakanálového analyzátořu připojeného k počítači jsme změřili gamma spektra zářičů ^{241}Am , ^{60}Co a ^{133}Ba , které jsme pak graficky zpracovali. Spektrum každého ze zářičů bylo nabíráno $(600 \pm 10)\text{s}$.

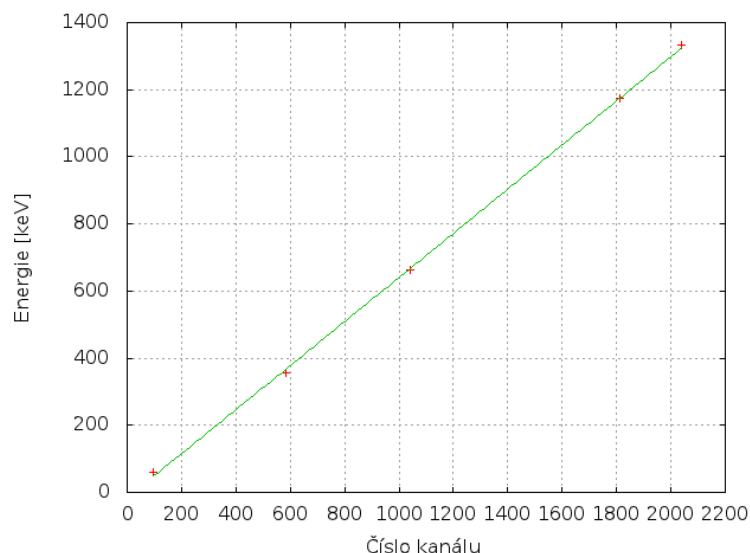
V naměřeném spektru cesia jsme pak identifikovali další jevy, jako špičku zpětného rozptylu na 218 keV, součtový pik na 1341,31 keV a Comptonovu hranu na 447,306 keV.

3.3 Identifikace neznámého zářiče

Ve spektru neznámého zářiče jsme našli dva charakteristické píky první s energií 528,4 keV a druhý s mnohem nižší intenzitou a energií 1275,2 keV. Neznámý zářič jsme určili jako ^{22}Na , podle charakteristického píku 1274,537 keV.



Obrázek 2: Změřené spektrum neznámého zářiče identifikovaného, jako ^{22}Na



Obrázek 3: Energetická kalibrační křivka scintilačního detektoru

Ve spektru je ještě slabý náznak špičky na 695,6 keV, což ale pravděpodobně je artefakt od nedostatečně stíněného cesia.

3.4 Kalibrace detektoru

Ze známých energií zářičů bylo možné kanálům analyzátoru přiřadit konkrétní hodnotu energie a tím získat kalibrační křivku. $\sigma = (0,6575 \pm 0,0067)/E - (16,4873 \pm 9,031)$

Kanál	E_{tab} [keV]	σ
2040	1332,492	48,6
1813	1173,228	46,7
97,7	59,5409	13,8
584	356,0129	28,4
1040	661,657	47,3

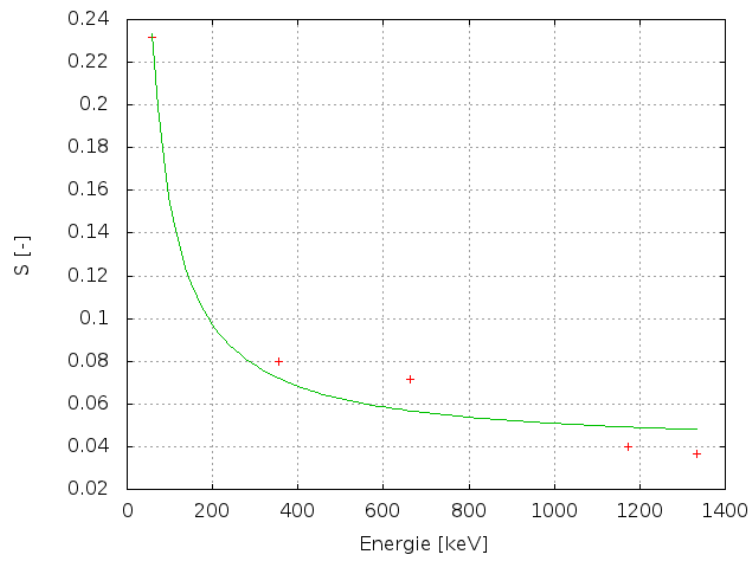
Tabulka 1: Tabulkové hodnoty energií přiřazené jednotlivým kanálům a jejich směrodatné odchylky.

Dále jsme pro píky zářičů určili jejich rozptyl. A z této hodnoty a jejich energií určili energetickou rozlišovací schopnost detektoru. Která je uvedena v grafu 4. Nafitovaná funkce je $\sigma = 11,6/E + 0,039$

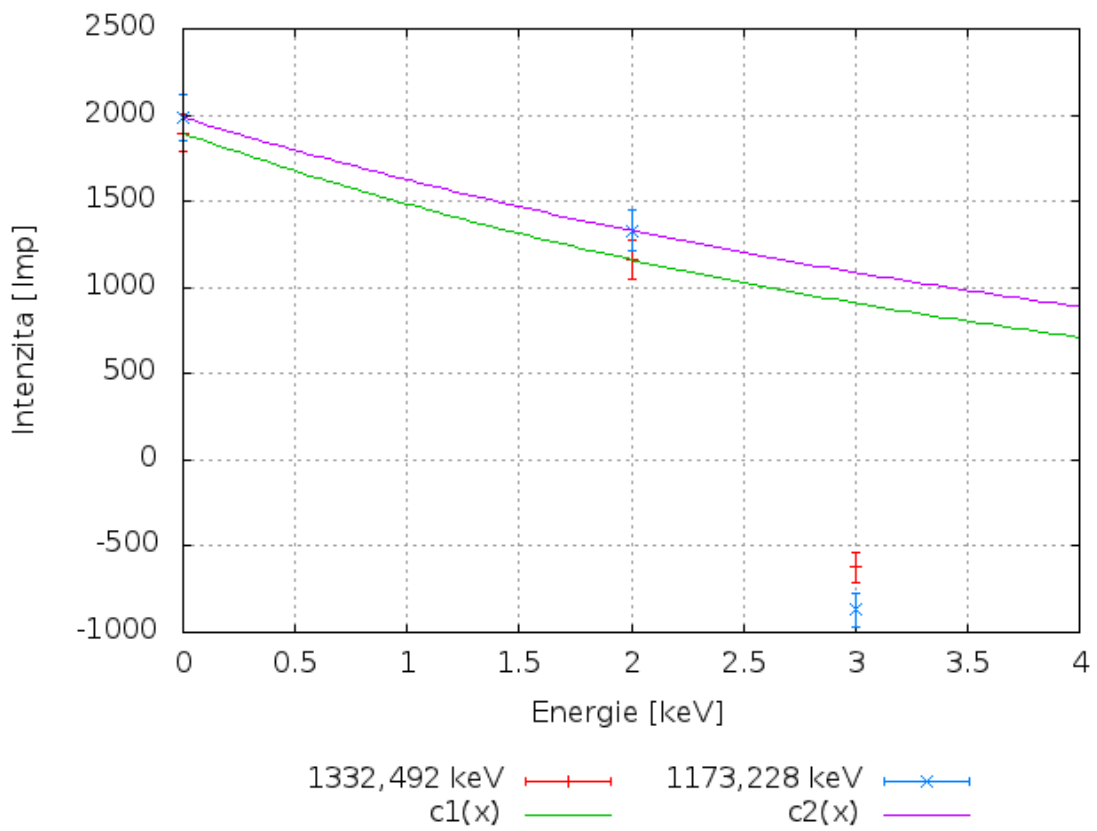
3.5 Útlum olova

Pro měření jsme použili několik vrstev olověných plátů. A změřili nejdříve spektrum pozadí za vrstvou olova 2mm. Potom jsme přidali zářiče a znovu změřili spektrum. Dále byla přidána ještě jedna vrstva olova 1,5mm a znovu změřeno pozadí i utlumené spektrum se zářiči. Výsledné grafické zpracování je rozděleno do dvou grafů, kvůli odlišným požadavkům na rozsahy os pro jednotlivé zářiče.

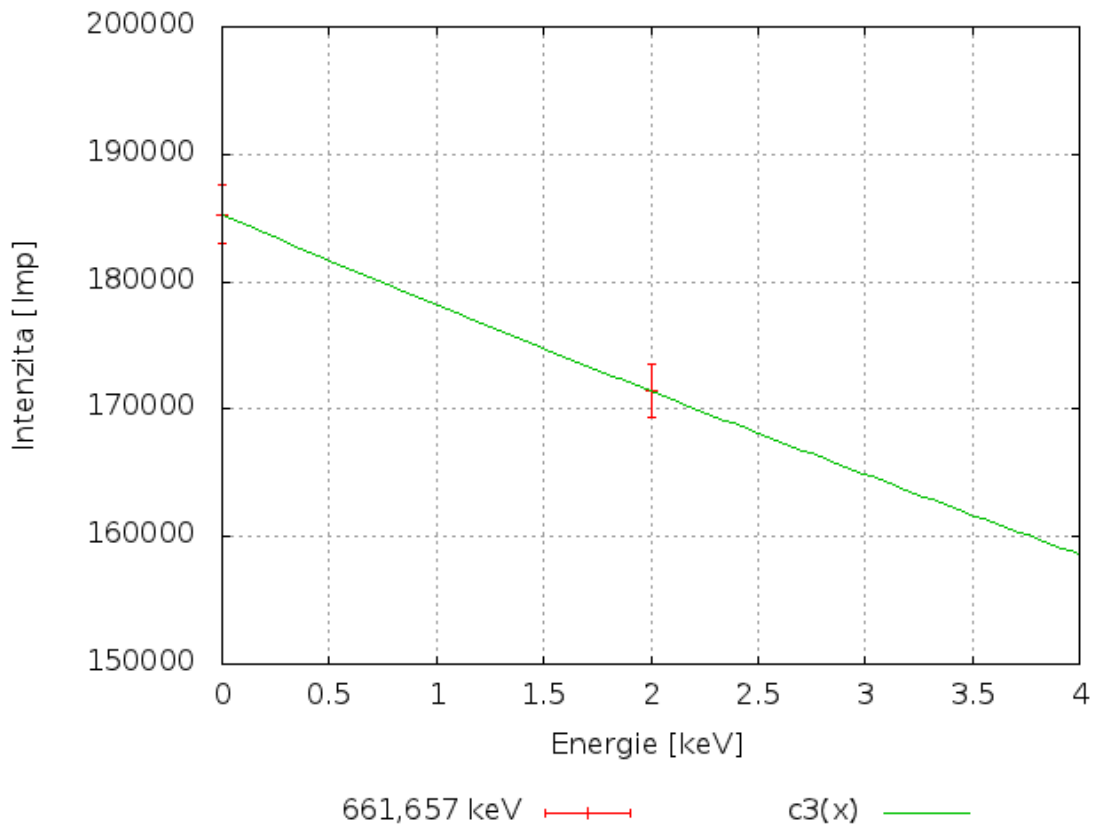
Z grafů pro útlumy je vidět, že při měření byly získány hodnoty pro tři tloušťky olova $d = 0$, $d = 2$, $d = 3,5$ mm. Avšak pro fit jsou využity pouze dva. Je to z důvodu, že třetí bod nemá pro



Obrázek 4: Energetická rozlišovací schopnost (na svislé ose uveden rozptyl sigma)



Obrázek 5: Útlum vrstvy olova pro Co



Obrázek 6: Útlum vrstvy olova pro Cs

měření význam a je metodickou chybou měření. Důsledkem toho ale je, že fit má dva parametry a je fitován přes dva body, což znemožňuje určit jeho nejistotu.

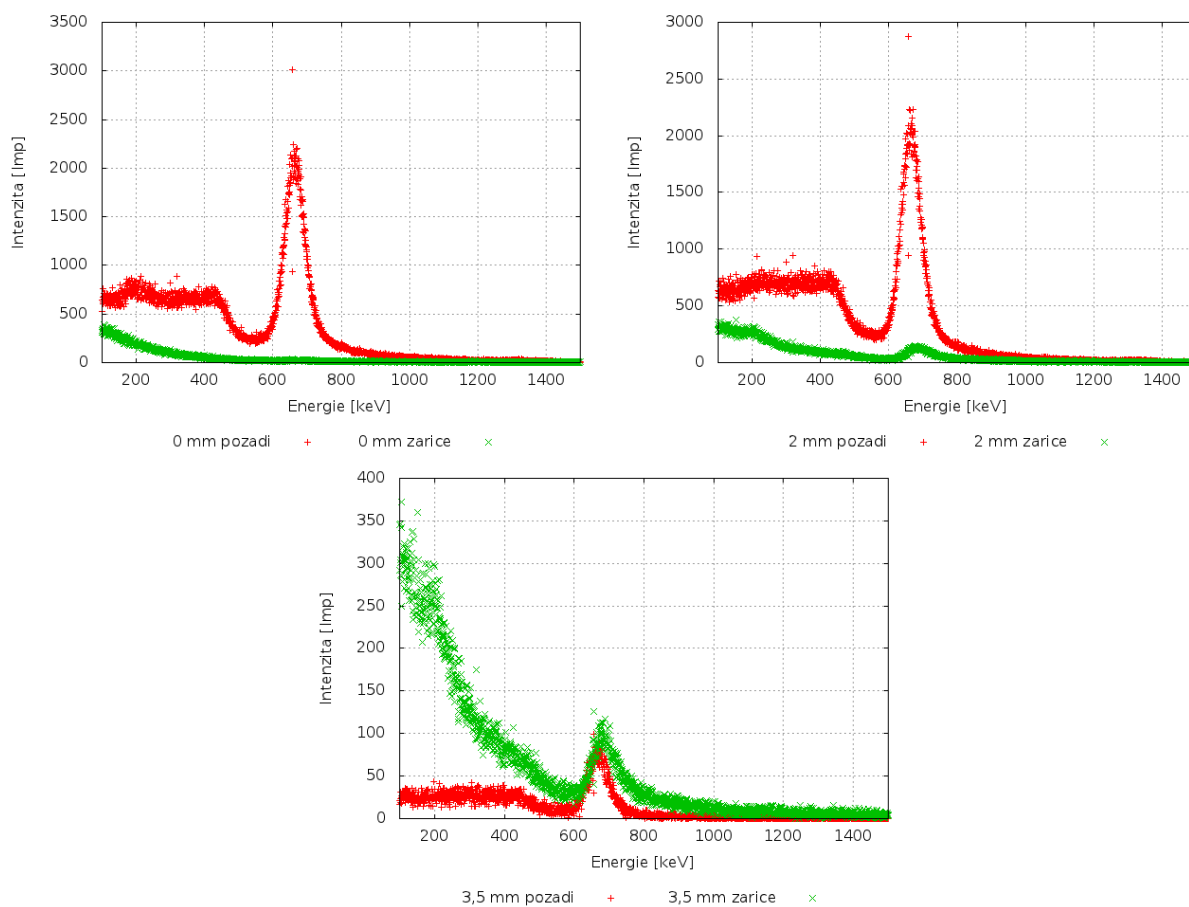
FWHM	E_{tab} [keV]	μ
114,4	1332,492	0,244
109,9	1173,228	0,20
111,3	661,657	0,038

Tabulka 2: Pološířky maxim jednotlivých charakteristických energií a zjištěné koeficienty útlumu μ pro tyto energie

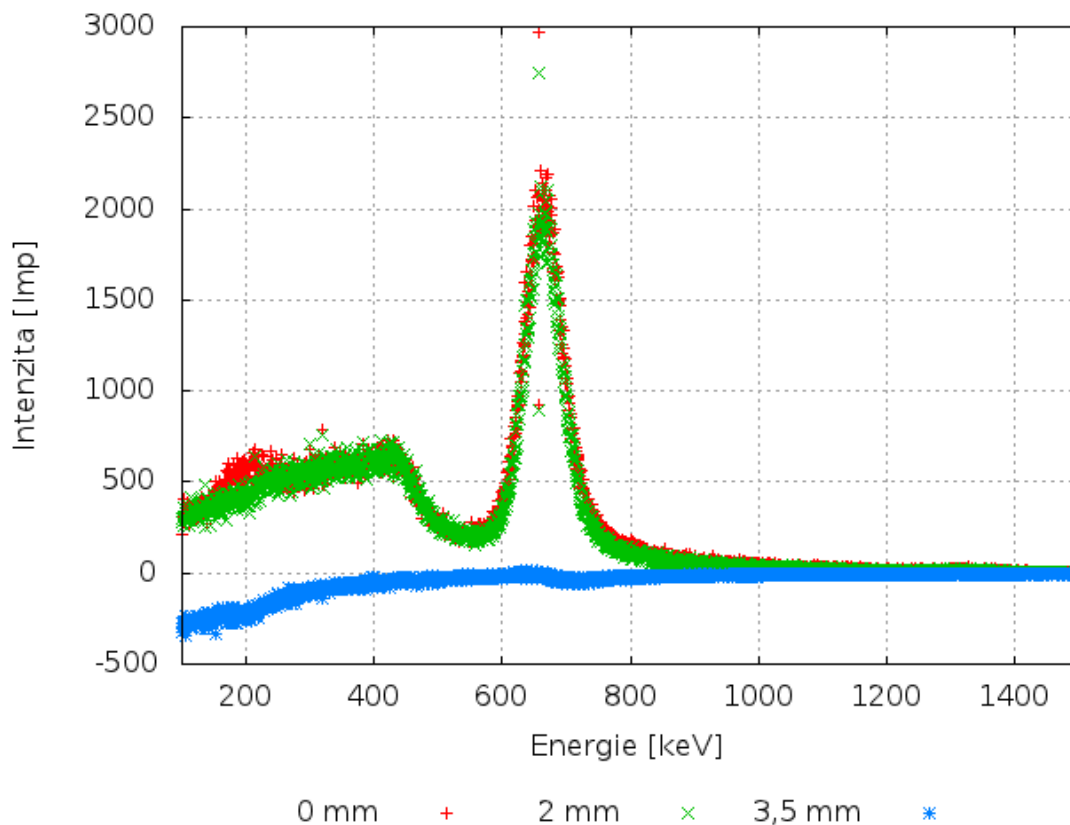
Důvod, proč u poslední nejtlustší vrstvy olova vyšel záporný útlum může být například v konfiguraci scintilačního krystalu před fotonásobičem neboť krystal je pravděpodobně umístěn v detektoru rovnoběžně se stěnou detektoru. A my jsme stínění na detektor pokládali také rovnoběžně s touto stěnou, to znamená, že boční stínění bylo minimální. následně vzhledem k tomu, že měření bylo prováděno poměrově vůči "stíněnému pozadí v radiační místnosti" a zářič byl během této doby pokládán nedaleko v rovině scintilačního krystalu, tak nastala situace, že naměřené radiační pozadí v místnosti je větší, než následné měření stínění ozářeného ze zářičů Co a Cs.

4 Diskuse

- Po správném nastavení osciloskopu připojeného na jednokanálový spektrometr bylo vidět průběhy mnoha pulzů překrývajících se přes sebe. Kde ve vyšších amplitudách byla pa-



Obrázek 7: Naměřené hodnoty pro jednotlivé konfigurace stínění olovem. Obrázky ukazují princip vzniku "záporného útlumu olova".



Obrázek 8: Útlum pro jednotlivé vrstvy olova s odečteným pozadím

trná jistá nehomogenita, podle které bylo možno předpokládat existenci charakteristického píku.

2. Tento bod byl vynechán.
3. Mnohokanálovým analyzátozem jsme naměřili spektra zářičů ^{241}Am , ^{60}Co , ^{137}Cs a ^{133}Ba
4. Díky znalosti charakteristických energií jsme získali kalibrační křivku detektoru a také jeho rozlišovací schopnost v závislosti na energii záření. Obě tyto charakteristiky byly vyneseny v grafech.
5. V naměřeném spektru cesia jsme pak identifikovali další jevy, jako špičku zpětného rozptylu na 218 keV, součtový pík na 1341,31 keV a Comptonovu hranu na 447,306 keV. Sekundární rentgenové záření je pravděpodobně utopeno v šumu.
6. Neznámý zářič jsme díky charakteristické energii 1275,2 keV identifikovali jako ^{22}Na .
7. Spektrálním analyzátozem jsem také naměřili přírodní pozadí v místnosti. Ale nepodařilo se v naměřeném pozadí identifikovat konkrétní zářiče, protože naměřená data neobsahují žádný identifikovatelný pík, kromě špiček od našich zářičů špatně odstíněných během měření.
8. Z naměřených dat při atenuaci záření olovem jsme určili koeficienty útlumu pro jednotlivé energie námi použitých zářičů ^{60}Co , ^{137}Cs .

5 Závěr

V měření se podařilo získat spektra zářičů ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{60}Co a ^{133}Ba kalibrovat scintilační detektor a zjistit jeho energetické rozlišení. A následně i identifikovat neznámý zářič jako ^{22}Na . Zajímavým výsledkem, je "záporný útlum olova" způsobený pravděpodobně geometrií aparatury a citlivostí detektoru na záření přicházející z boku.

Reference

- [1] <http://praktikum.fjfi.cvut.cz/mod/resource/view.php?id=196> -Zadání úlohy