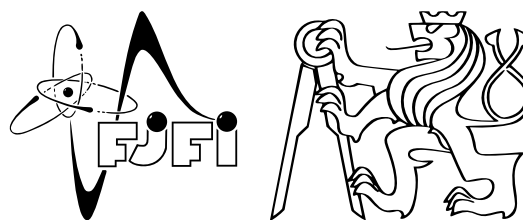


7 Měření spektra gama záření scintilačním detektorem



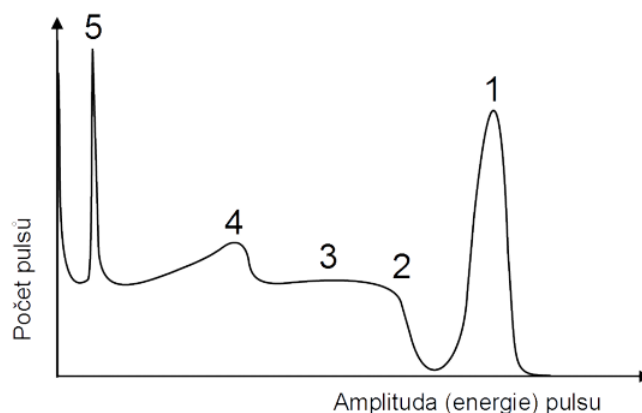
Jméno: Michaela Mašková
Datum měření: 9.4.2018
Skupina: SK 2 - Pondělí
Kolega: Jiří Tuháček
Klasifikace:

1 Pracovní úkoly

1. DŮ: Pomocí rovnice (1) sestavte diferenciální rovnici a jejím řešením odvoďte zákon radioaktivního rozpadu (2). S jeho pomocí dále podle definice odvoďte vztah (3) pro poločas rozpadu.
2. DŮ: Sestavte kalibrační křivku podle zadání v poznámkách.
3. Osciloskopem pozorujte spektrum ^{137}Cs . Načrtněte tvar spektra (závislost intenzity na energii záření) a přiložte k protokolu.
4. Naměřte spektrum impulzů ^{137}Cs jednobanárovým analyzátozem pomocí manuálního měření. Spektrum graficky zpracujte.
5. Pomocí zářičů ^{137}Cs a ^{60}Co určete kalibrační křivku spektrometru a použijte ji při zpracování všech spekter naměřených mnohobanárovým analyzátozem.
6. Mnohobanárovým analyzátozem naměřte spektrum pozadí v místnosti (zářiče uschovejte do trezoru).
7. Mnohobanárovým analyzátozem naměřte jednotlivá spektra přiložených zářičů (^{137}Cs , ^{60}Co a ^{133}Ba). Určete energii (číslo binu) fotopíku a porovnejte s tabulkovými hodnotami.
8. S využitím všech naměřených spekter určete závislost rozlišení spektrometru na energii gama záření.
9. Na naměřeném spektru ^{137}Cs popište důležité jevy.
10. Mnohobanárovým analyzátozem naměřte spektrum neznámého zářiče. Určete tento zářič, pozorujte a zaznamenejte další jevy v jeho spektru.
11. Graficky určete závislost koeficientu útlumu olova na energii gama záření. Použijte zářiče ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{133}Ba a neznámý zářič.

2 Pomůcky

Scintilační detektor, zdroj vysokého napětí NL2410, čítač impulsů NL2301, jednobanárový analyzátoz, multi-banárový analyzátoz PHYWE, osciloskop, osobní počítač, zdroje gama záření, olovené destičky, program MEASURE.



Obr. 1: Ukázka spektra při detekci gama záření [1].

3 Teorie

V tomto protokolu se zabýváme zářením, které vzniká při radioaktivních přeměnách. Vztah mezi aktivitou a rozpadovou konstantou látky λ (která udává středí pravděpodobnost rozpadu daného jádra) je

$$A(t) = \lambda N(t), \quad \text{definice aktivity: } A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}. \quad (1)$$

Pro radioaktivní rozpad látky pak platí zákon

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

kde N_0 počáteční počet jader.

Pro každou látku se navíc udává tzv. poločas rozpadu, tedy čas, za který se rozpadne polovina jader. Platí vztah

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}. \quad (3)$$

Různé látky vyzařují s různou intenzitou na různých energiích. Tři nejčastější jevy, ke kterým v látce dochází, jsou fotoefekt, Comptonův rozptyl a tvorba elektron-pozitronových párů. Všechny tyto jevy v látce probíhají současně a výsledné spektrum má pak tvar podobný tomu na Obr. 1.

Tvar spektra je ovlivněn rozlišovací schopností spektrometru, která se pro danou energii udává pomocí šířky ΔE píku úplného pohlcení, platí pak vztah

$$S = \frac{\Delta E}{E} 100\%. \quad (4)$$

Gama záření je možno stínit atomy s velkým protonovým číslem, například olovem. Závislost intenzity záření je pak udána pomocí koeficientu útlumu μ v závislosti na tloušťce vrstvy d

$$I(d) = I_0 e^{-\mu d}. \quad (5)$$

4 Postup měření

K scintilátoru připojíme zdroj vysokého napětí, výstup ze scintilátoru pak do vstupu multikanálového analyzátoru.

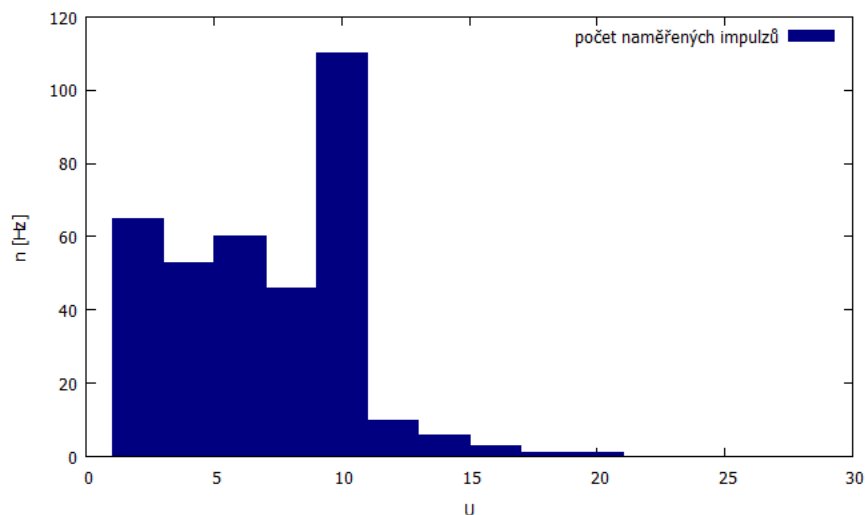
Nejdříve provedeme pozorování osciloskopem, výstup z multikanálového analyzátoru zapojíme do osciloskopu a upravíme zobrazení, abychom viděli správnou křivku.

Pro pozorování jednocanálovým analyzátozem postupně volíme rozsahy napětí a měříme výsledný počet impulzů.

U měření mnohokanálovým analyzátozem zapneme program Measure a každé měření provádíme 10 minut. Data pak zpracováváme pomocí programu ROOT.

5 Vypracování

Při měření jednocanálovým analyzátozem jsme z neznámého důvodu velmi brzy ztratili všechny signál a hodnoty se ustálily na 0. Nenulové naměřené hodnoty jsou vidět v grafu na Obr. 2.



Obr. 2: Naměřené hodnoty jednocanálovým analyzátozem.

Dále jsme mnohokanálovým analyzátozem naměřili spektrum pozadí v místnosti a následně spektrum ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{133}Ba a neznámého zářiče.

Všechna spektra jsou popořadě na Obr. 6, 7, 8 a 9.

Určená kalibrační křivka pomocí zářičů ^{137}Cs , ^{60}Co je na Obr. 3.

V programu ROOT jsme následně data zpracovali a získali tak energetické hodnoty píků jednotlivých zářičů. Jednotlivé grafy s nařítovanými křivkami je možné vidět na Obr. 10, 11, 12 a 13 v Příloze.

Na grafu ^{137}Cs je dobře vidět podobnost s obecným průběhem viz. Obr. 1. Na malých energiích je vidět jeden vysoký pík, dobře viditelná je i část mezi energiemi 200-400 keV, tzv. Comptonovo kontinuum. Comptonova hrana není výrazná, ale je možné ji rozeznat. Fotopík je nejvýraznější částí.

Výsledné hodnoty energií píků všech zářičů jsou následující

$$E_{Cs} = (651, 2 \pm 0, 1) \text{ keV}$$

$$E_{Co}^1 = (1186 \pm 0, 5) \text{ keV}$$

$$E_{Co}^2 = (1370 \pm 1) \text{ keV}$$

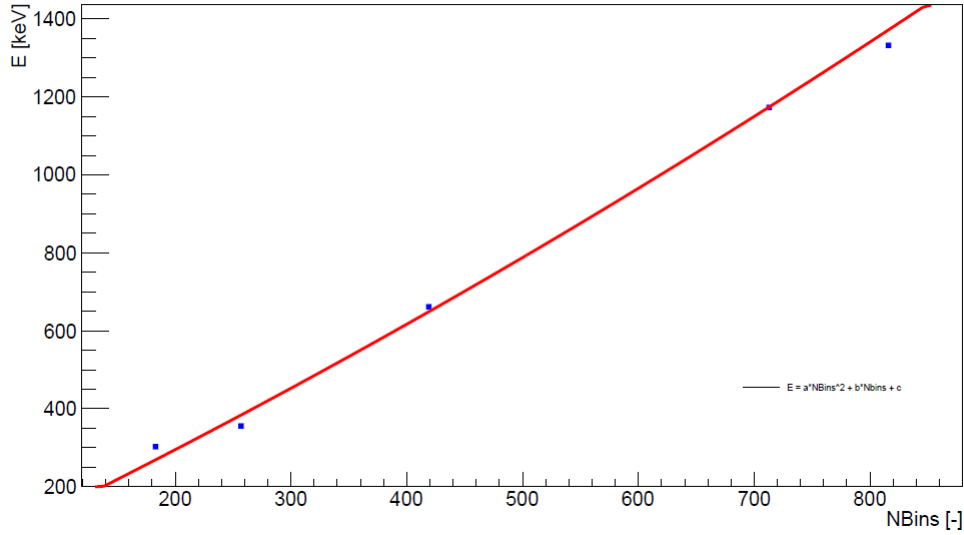
$$E_{Ba}^1 = (270, 9 \pm 0, 2) \text{ keV}$$

$$E_{Ba}^2 = (336, 3 \pm 0, 1) \text{ keV}$$

$$E_{\text{neznámý}} = (829, 2 \pm 0, 3) \text{ keV}.$$

Jako neznámý zářič se podle naměřených hodnot nejvíce nabízí ^{211}Pb s energií gama fotonů $E = 832 \text{ keV}$ [2].

U neznámého zářiče je vidět výrazný fotopík, méně rozeznatelné je Comptonovo kontinuum a Comptonova hrana. Pík na nízkých energiích zde není vůbec zřetelný - to proto, že (jak je vidět na Obr. 9) v této oblasti neznámý zářič téměř nevyzařuje a většina naměřených událostí je pouze z pozadí.



Obr. 3: Určená kalibrační křivka spektrometru.

V Tab. 1 je pak možno nahlédnout srovnání naměřených hodnot s tabulkovými hodnotami.

	naměřené hodnoty E [keV]	tabulkové hodnoty E [keV]
Cs ¹³⁷	651,2	661,64
Ba ₁ ¹³³	270,9	80
Ba ₂ ¹³³	336,3	356
Co ₁ ⁶⁰	1186	1173,2
Co ₂ ⁶⁰	1370	1332,5

Tab. 1: Porovnání námi naměřených hodnot a tabulkových hodnot energií gama fotonů.

Podle vztahu (4) byly spočítány rozlišovací schopnosti v závislosti na energii a výsledky jsou uvedeny v grafu na Obr. 4.

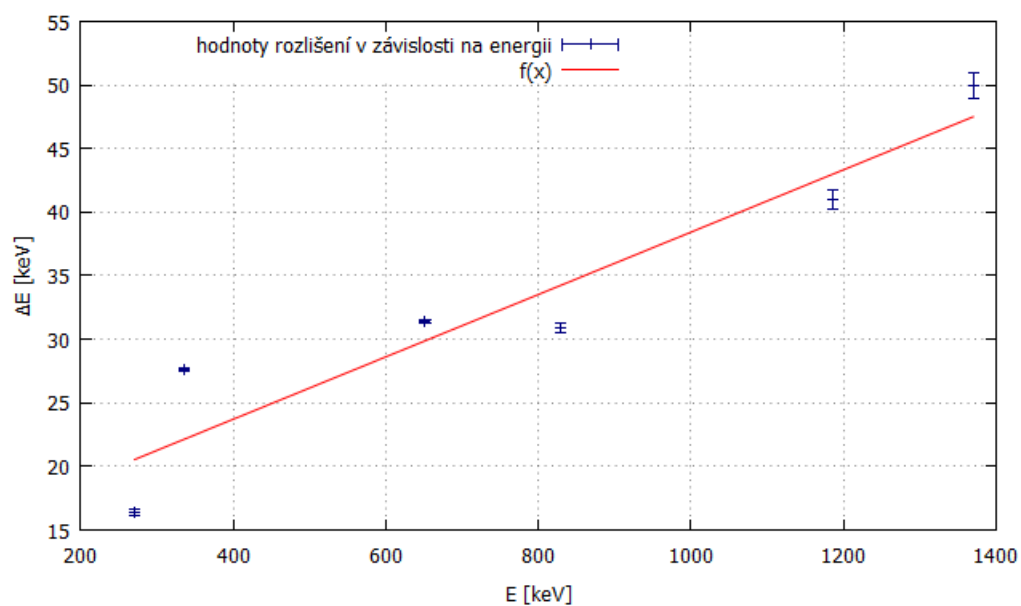
Závislost byla tedy určena lineární, funkce má tvar

$$\Delta E = (0,025 \pm 0,004)E + (14 \pm 4).$$

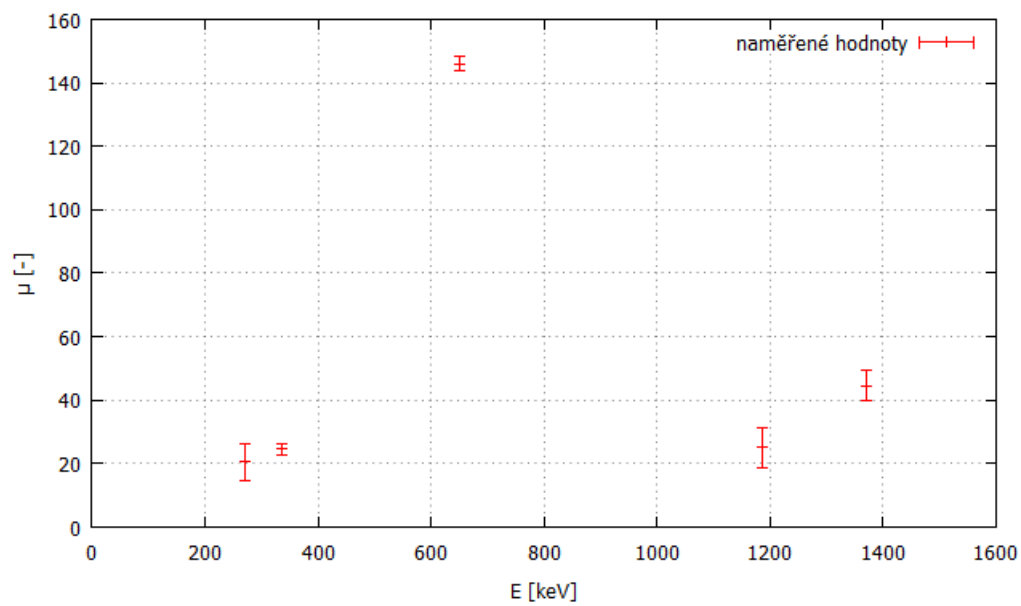
Rozlišovací schopnost je tedy $S = (2,5 \pm 0,4) \%$.

Pro závislost koeficientu útlumu jsme použili pouze zářiče ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co, ¹³³Ba, jelikož jsme v důsledku nedostatku času nenaměřili hodnoty pro olovem tlumené vyzařování neznámého zářiče. Pro spočítání μ byl použit vztah (5).

Výsledné grafické zpracování je na Obr. 5. Jak je bohužel z obrázku vidět, u koeficientu μ jsme nezaznamenali žádnou závislost. Pravděpodobné je, že ona vybočující hodnota je hrubou chybou, bohužel to nedokážeme s jistotou určit.



Obr. 4: Závislost rozlišení na energii píku úplného pohlcení proložená lineární funkcí.



Obr. 5: Grafické zpracování závislosti koeficientu útlumu na energii.

6 Diskuze

Měření jednokanálovým analyzátozem se nám bohužel nepodařilo. Od velmi malé hodnoty počet impulzů klesl na nulu a byli jsme proto schopni naměřit jen prvních pár intervalů, jak je možné vidět na Obr. 2.

Naměřili jsme spektrum zářičů ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{133}Ba a neznámého zářiče, výsledky je možné vidět na Obr. 10, 11, 12 a 13. Sestavili jsme kalibrační křivku viz. 3. Po zkalibrování jsme v programu ROOT získali výsledné spektrum, které je na Obr. 10, 11, 12 a 13. Na Obr. 11 se nám bohužel ve spěchu nepodařilo správně nafitovat druhý pík, proto bylo třeba hodnoty získat dodatečně.

Určili jsme také energii píků pro zářiče, výsledné hodnoty jsou v Tab. 1. Z tabulky je možné vidět, že měření ^{137}Cs a ^{60}Co vycházelo na naše podmínky relativně přesné, velkou chybu jsme zaznamenali u prvního píku ^{133}Ba . Druhý pík už i u ^{133}Ba vycházel přesněji. Není jasné, kde vznikla tak velká chyba, jelikož ostatní měření vycházela. Je možné, že v průběhu měření se objevila hrubá chyba, již si nejsme vědomi.

Co se týče neznámého zářiče, získali jsme pro něj hodnotu $E_{\text{neznámý}} = (829,2 \pm 0,3) \text{ keV}$. Tato hodnota se podle [2] nejvíce blíží ^{211}Pb .

Závislost rozlišení spektrometru na energii gama záření vyšla zhruba lineární. Myslím si, že tato závislost dobře odpovídá reálné situaci.

Pro koeficient útlumu se nám bohužel nepodařilo získat závislost. Grafické zpracování je na Obr. 5. Pokud bychom v tomto měření zanedbali hodnotu pro ^{137}Cs , která je o jeden řád vyšší než ostatní, mohlo by se jednat o lineární závislost.

Chyby měření mohou vznikat například tím, že některé zářiče už jsou starší a jejich vyzařování může být menší.

7 Závěr

Jednokanálovým analyzátozem se nám nepodařilo naměřit odpovídající spektrum ^{137}Cs . Grafické znázornění je na Obr. 2.

Mnohokanálovým analyzátozem jsme naměřili spektrum pozadí a spektra zářičů ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{133}Ba a neznámého zářiče, výsledky je možno nahlédnout v příloze (Obr. 6, 7, 8 a 9; 10, 11, 12 a 13).

Byla určena kalibrační křivka viz. Obr. 3.

Naměřené energie fotopíků jsou

$$E_{Cs} = (651,2 \pm 0,1) \text{ keV}$$

$$E_{Co}^1 = (1186 \pm 0,5) \text{ keV}$$

$$E_{Co}^2 = (1370 \pm 1) \text{ keV}$$

$$E_{Ba}^1 = (270,9 \pm 0,2) \text{ keV}$$

$$E_{Ba}^2 = (336,3 \pm 0,1) \text{ keV}$$

$$E_{\text{neznámý}} = (829,2 \pm 0,3) \text{ keV}.$$

Závislost rozlišení na energii gama záření byla určena lineárním proložením $\Delta E = (0,025 \pm 0,004)E + (14 \pm 4)$, tedy $S = (0,025 \pm 0,004)$.

Jako neznámý zářič se energií nejvíce blíží ^{211}Pb .

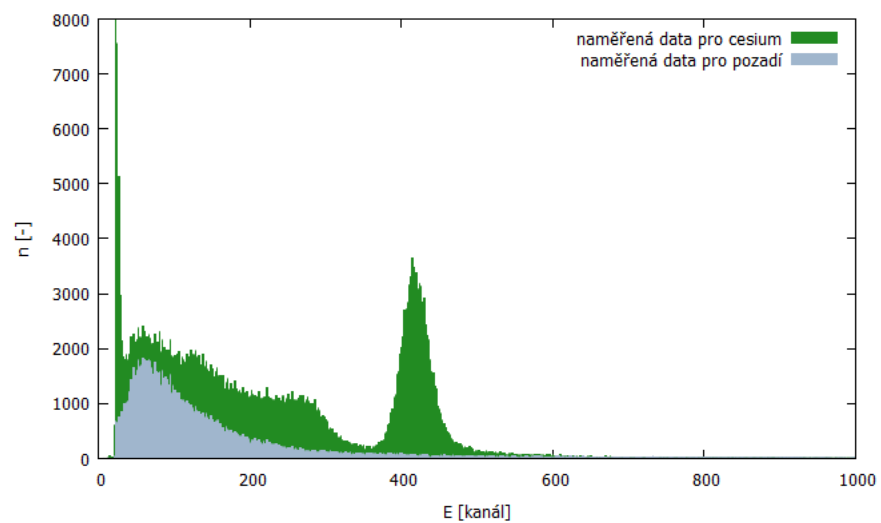
Nepodařilo se určit závislost koeficientu útlumu na energii gama záření. Grafické zpracování je na Obr. 5.

Literatura

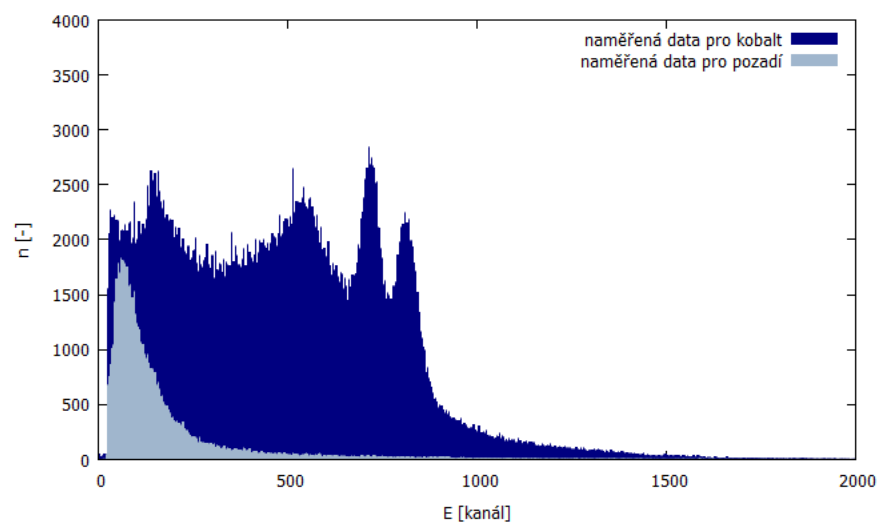
- [1] FJFI ČVUT, Fyzikální praktikum 2, 2 Měření hysterezní smyčky balistickým galvanometrem, citace [4.3.2018], dostupné z 2 Měření hysterezní smyčky balistickým galvanometrem.pdf.
- [2] Peter Siegel, Physics Department, California State Polytechnic University, Radiation Biology Lecture Notes and Lab Experiments, citace [15.4.2018], dostupné z <https://www.cpp.edu/pbsiegel/bio431/genergies.html>

8 Příloha

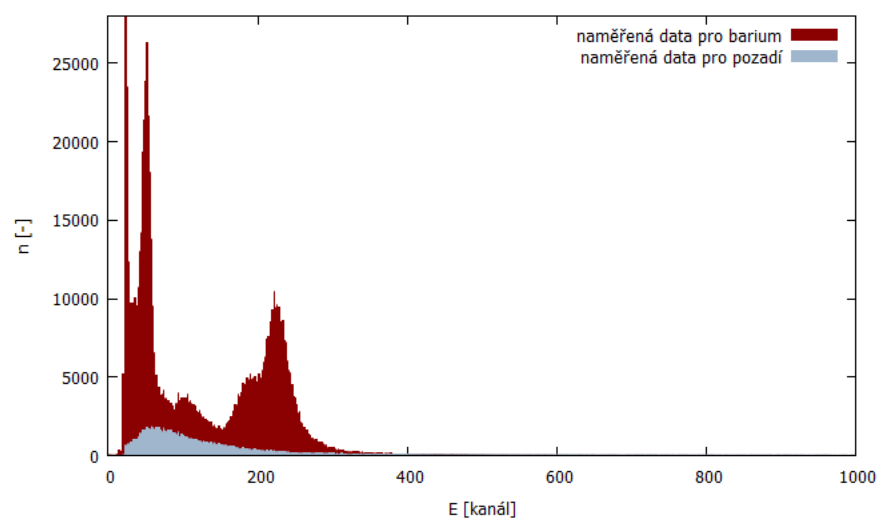
8.1 Spektra zářičů



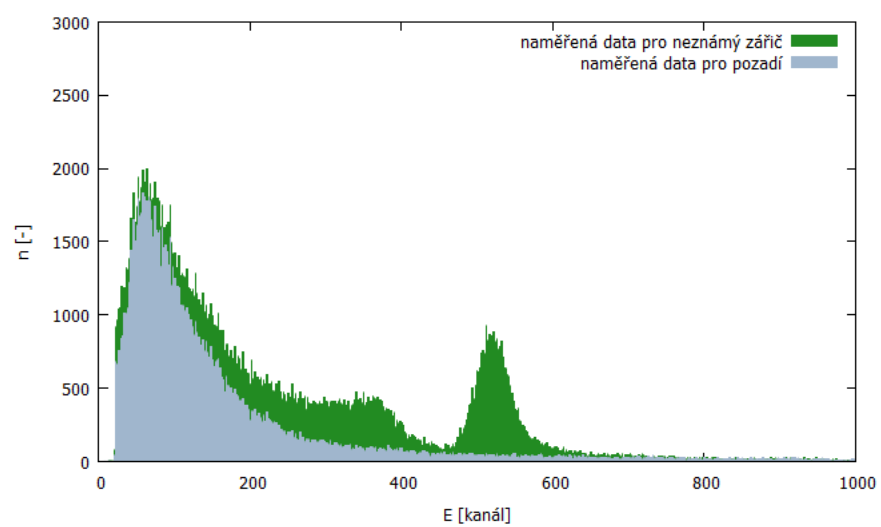
Obr. 6: Naměřené hodnoty spektra pro cesium.



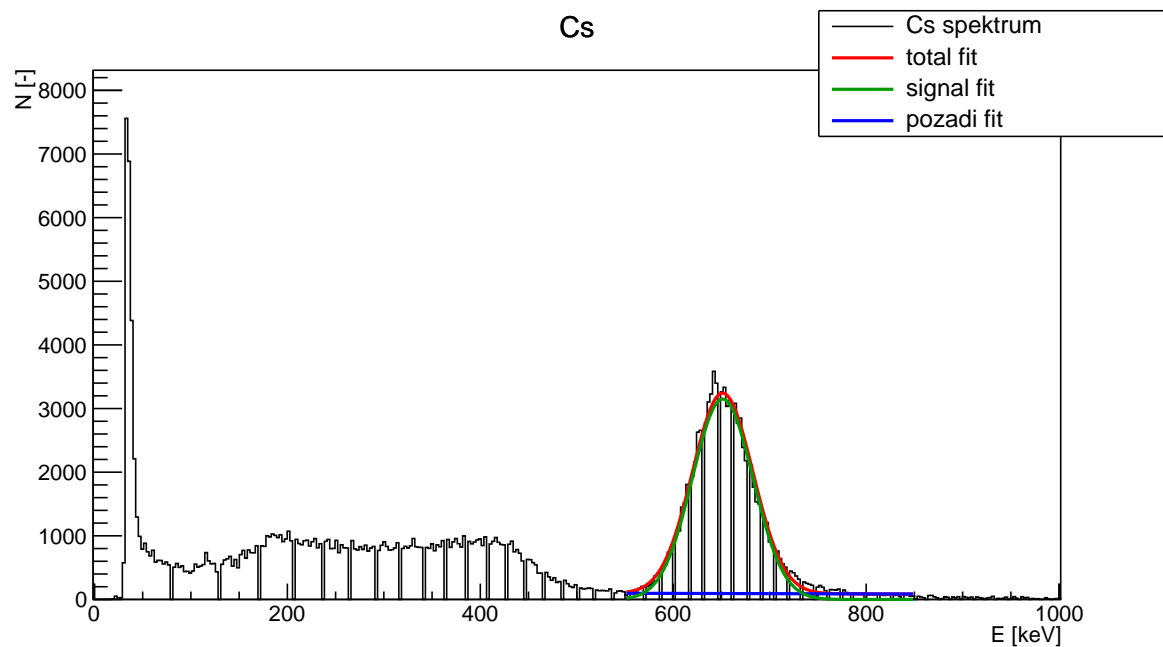
Obr. 7: Naměřené hodnoty spektra pro kobalt.



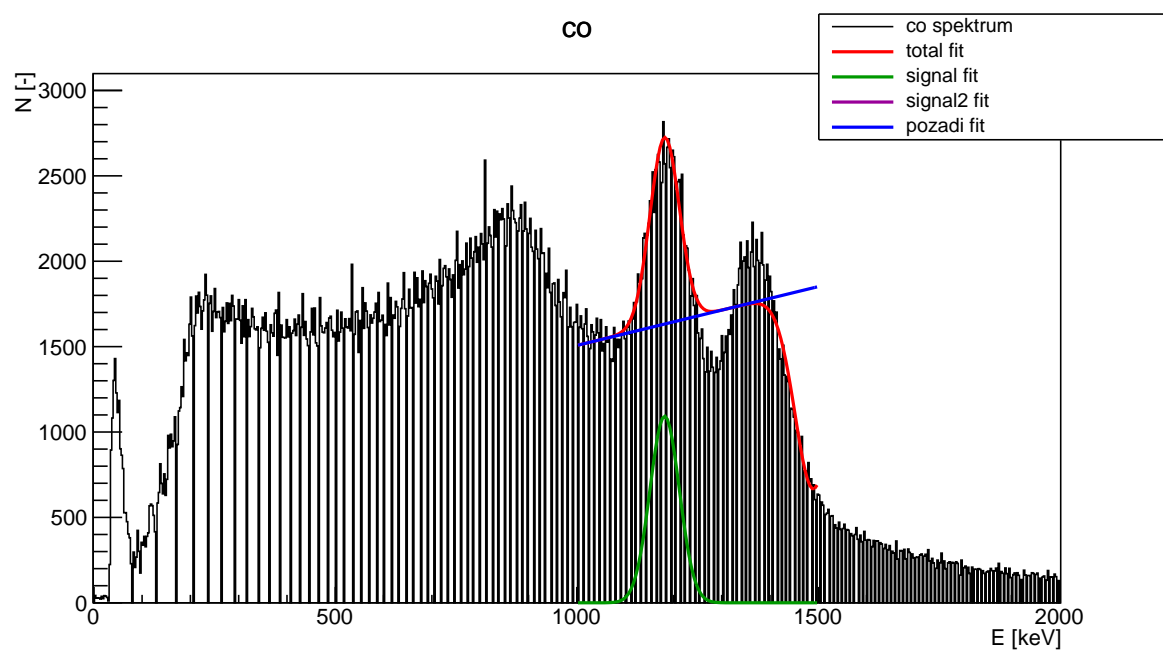
Obr. 8: Naměřené hodnoty spektra pro barium.



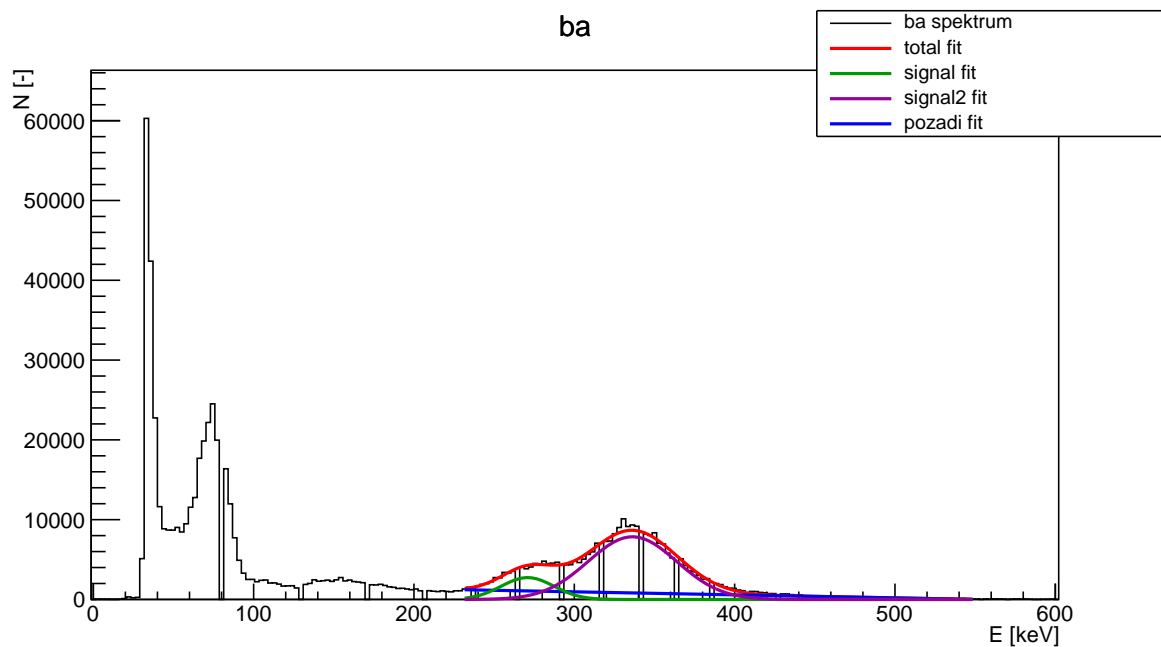
Obr. 9: Naměřené hodnoty spektra pro neznámý zářič.



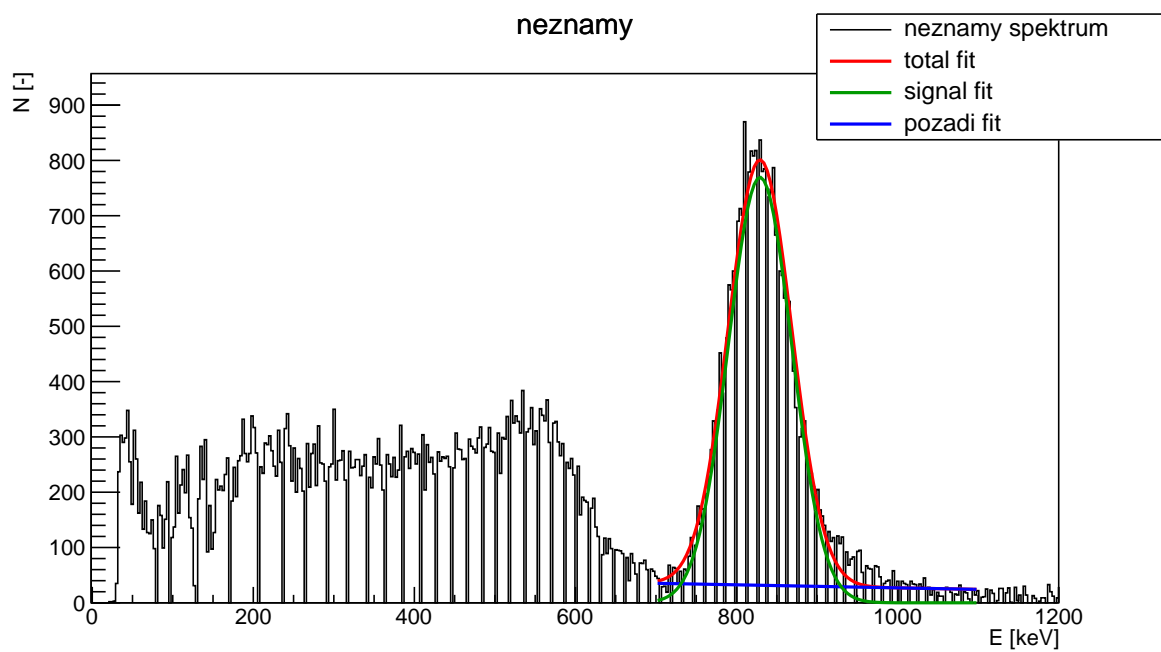
Obr. 10: Naměřené hodnoty spektra se zkalibrovanými hodnotami pro cesium.



Obr. 11: Naměřené hodnoty spektra se zkalibrovanými hodnotami pro kobalt.



Obr. 12: Naměřené hodnoty spektra se zkalibrovanými hodnotami pro barium.



Obr. 13: Naměřené hodnoty spektra se zkalibrovanými hodnotami pro neznámý zářič.