



Jméno: **Michal Červeňák** Kolega: Ondřej Glac
Kruh: **Útorok** Číslo skup.: 1
Měřeno: **11.4.2017** Zpracování: 15+5 h Klasifikace:

1 Pracovní úkol

1. Pomocí rovnice (1)[1] sestavte diferenciální rovnici a jejím řešením odvoďte zákon radioaktivního rozpadu (2)[1]. S jeho pomocí dále podle definice odvoďte vztah (3) pro poločas rozpadu.
2. Osciloskopem pozorujte spektrum ^{137}Cs na výstupu z jednokanálového analyzátoru. Načrtněte tvar spektra (závislost intenzity na energii záření) a přiložte k protokolu. (Osciloskop ukazuje tvary a amplitudy jednotlivých pulzů. Počet pulzů je dán intenzitou čáry a energie výškou impulzu.)
3. Naměřte spektrum impulzů ^{137}Cs jednokanálovým analyzátozem pomocí manuálního měření. Okno volte o šířce 100 mV (10 malých dílků). Spektrum graficky zpracujte.
4. Mnohokanálovým analyzátozem naměřte jednotlivá spektra přiložených zářičů (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{241}Am a ^{133}Ba). Určete výrazné píky a porovnejte je s tabulkovými hodnotami. (Každé spektrum nabírejte 10 minut. Před zpracováním odečtěte pozadí - viz úkol 9. [1])
5. Pomocí zářičů ^{137}Cs a ^{60}Co určete kalibrační křivku spektrometru a použijte ji při zpracování všech spekter naměřených mnohokanálovým analyzátozem. (Spektrum nemusíte nabírat znovu, použijte data z předchozího měření.)
6. S využitím všech naměřených spekter určete závislost rozlišení spektrometru na energii gama záření. (Je definováno jako poměr šířky fotopíku v polovině jeho výšky k jeho energii - viz poznámka.)
7. Z naměřeného spektra ^{137}Cs určete hodnotu píku zpětného rozptylu, Comptonovy hrany, energii rentgenového píku a energii součtového píku.
8. Mnohokanálovým analyzátozem naměřte spektrum neznámého zářiče. Určete tento zářič, pozorujte a zaznamenejte další jevy v jeho spektru. (Spektrum nabírejte 10 minut.)
9. Mnohokanálovým analyzátozem naměřte spektrum pozadí v místnosti (zářiče uschovejte do trezoru). Najděte v pozadí přirozené zářiče a toto pozadí odečtěte od všech zaznamenaných spekter ještě před jejich vyhodnocením. (Pozadí nabírejte 10 minut.)

10. Graficky určete závislost koeficientu útlumu olova na energii gama záření. (Použijte zářiče ^{137}Cs , ^{60}Co a ^{133}Ba současně, jednotlivá spektra nabírejte 10 minut.)

2 Teória

Majme aktivitu $A(E)$ v píku vyjadrenú pomocou energie E

$$A(E) = A \exp\left(\frac{(E - E_0)^2}{2\sigma^2}\right),$$

potom môžeme definovať FWHM¹ ako

$$\text{FWHM} = \Delta E = 2\sqrt{2\ln 2}\sigma. \quad (1)$$

Počet impulzov na aktivitu môžeme prepočítať podľa vzťahu

$$A = \frac{N}{t}, \quad (2)$$

kde t je čas, A aktivita vzorku a N počet impulzov.

2.0.1 Spracovanie chýb merania

Označme $\langle t \rangle$ aritmetický priemer nameraných hodnôt t_i , a Δt hodnotu $\langle t \rangle - t$, pričom

$$\langle t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i, \quad (3)$$

a chybu aritmetického priemeru

$$\sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \langle t \rangle)^2}{n(n-1)}}, \quad (4)$$

pričom n je počet meraní.

3 Pomôcky

Scintilační detektor, zdroj vysokého napětí NL2410, čítač impulsů NL2301, jednonábový analyzátor, multikanálový analyzátor PHYWE, osciloskop, PC, zdroje gama záření, olověné destičky, program MEASURE.

¹Full width at half maximum – Plná šířka v polovičke maxima

4 Postup merania

Scintilátor bol pripojený k zdroju napätia a pripojený k osciloskopu. Na detektor bol položený meraný žiarič. Bola vyhotovená fotografia obrazu na osciloskope.

Následne bol osciloskop prepojený a scintilátor bol pripojený k mnohokanálovému analyzátoru a jeho výstup k počítaču. Postupne boli namerané všetky žiariče, pozadie, a známe žiariče, u ktorých bolo medzi detektor a žiarič vložených niekoľko olovených dosťičiek.

5 Výsledky merania

Osciloskopom bolo pozorované spektrum vid' Obr. 4.

Z tohoto obrázku na základne jasnosti fotky v oblasti maxima bolo vykreslené spektrum vid' Obr. 2

Pre všetky merania bol počet impulzov prepočítaný na aktivitu podľa vzťahu 2, kde $t = 10$ min.

Namerané spektrá pre jednotlivé žiariace s fitnutými charakteristickými píkmi sú zobrazené v grafe Obr. 3 pre ^{133}Ba , Obr. 4 pre ^{137}Cs a pre ^{60}Co Obr. 5.

Pre tieto píky boli dohľadné tabuľkové hodnoty z [2]. vid' tabuľka Tab. 1, a z nich pomocou fitu určená kalibračná krivka vid' graf Obr. 6 a určená kalibračná rovnica

$$E' = E_t (0.174 \pm 0.004) + (1.94 \pm 3.11) , \quad (5)$$

kde E' je energia nameraná našim detektorom a E_t je skutočná hodnota.

Následne boli podľa vzťahu 1 a 5 vypočítané hodnoty FWHM pre jednotlivé píky a vynesené v závislosti na energií do graf Obr. 7.

Comptonovo kontinuum bolo určená v rozsahu $(220 \pm 20) - (440 \pm 20)$ keV a Comptonovu hranu v oblasti $(440 \pm 20) - (520 \pm 20)$ keV.

-	$\frac{E_t}{[\text{keV}]}$	$\frac{E'}{[\text{keV}]}$
^{137}Cs	$661,657 \pm 0,003$	$110,41 \pm 0,10$
^{60}Co	$1332,501 \pm 0,005$	$236,70 \pm 0,76$
^{60}Co	$1173,237 \pm 0,004$	$204,79 \pm 0,48$
^{133}Ba	$356,013 \pm 0,001$	$64,39 \pm 0,16$
^{133}Ba	$302,851 \pm 0,001$	$53,50 \pm 0,22$
^{133}Ba	$160,611 \pm 0,002$	$33,93 \pm 0,39$

Tab. 1: Energia E' píkov určená z fitu grafov Obr. 4, Obr. 5 a Obr. 3, v porovnaní s tabuľkovou hodnotou E_t . [2]

Podľa vzťahu boli pre jednotlivé spektrá zkalibrované dáta.

Pre jednotlivé žiariče boli vynesené tierené a netierenú spektrá do grafov: Obr. 9 pre ^{133}Ba , Obr. 13 pre ^{137}Cs a pre ^{60}Co Obr. 11.

Následne bola do grafu vynesená závislosť koeficientu útlmu I_0/I na energii E pre jednotlivé žiariče: Obr. 8 pre ^{133}Ba , Obr. 12 pre ^{137}Cs a pre ^{60}Co Obr. 10. Z grafov bol určený fitom koeficient útlmu

$$\begin{aligned}\left(\frac{I_0}{I}\right)_{^{133}\text{Ba}} &= (2,79 \pm 0,18) , \\ \left(\frac{I_0}{I}\right)_{^{60}\text{Co}} &= (0,91 \pm 0,05) , \\ \left(\frac{I_0}{I}\right)_{^{137}\text{Cs}} &= (1,45 \pm 0,03) ,\end{aligned}$$

a pomocou vzťahu 4 bola vypočítaný priemerný útlmu

$$\frac{I_0}{I} = 1,71 \pm 0,20 , \quad (6)$$

kde I_0 je intenzita netieneného žiariča a I je intenzita tienená.

Následne bolo odmerané spektrum neznámeného vzorku a určené píky vid' graf obr. 14 Prvý pre $E_1 = 767,6 \pm 0,89 \text{ keV}$ a druhý $E_2 = 544,78 \pm 3,61 \text{ keV}$.

Na záver pridaný graf pre ^{241}Am , ktoré žiari natolko málo že nieje rozpoznateľné od pozdia vid' graf Obr 15

6 Diskusia

V prvej časti sme videli spektrum na osciloskope kde nám hrúbka (svetlosť) čiary vyjadruje intenzitu daného kanálu. Ekvivalentom hrúbky čiary je jej jasnosť toho sme využili a za pomoci analýzy fotky sme vyniesli spektrum. Fotka nieje nijak moc kvalitná a fotoaparát nieje kalibrovaný, či už súdkovitost' obrazu, jasnosť alebo citlivosť v rôznych častiach farbeného spektra. Zároveň nemáme ani zkalibrovanú osu x .

Pri pokuse napojiť a skúmať spektrum cez jedno-kanálový analyzátor sa nám nepodarilo toto spektrum namerať.

Pri zapojení do multikanálového analyzátoru sme namerali jednotlivé spektrá.

Všetky žiariče boli umiestnené v nepriehľadných krabičkách. Pri pokladaní a výmene vzorkov sa teda mohli vzorky v krabičke otočiť alebo inak zmeniť polohu, a teda ich intenzita mohla byť iná pri rôznych meraniach.

Detekcia pík, hlavne pík, ktoré sú blízko pri sebe je veľmi nepresná a hlavne pri Ba sa jednotlivé píky kryli. Teda pri fitovaní bola zvolená postupná metóda kde bol určený prvý pík a ten odčítaný od spektra a z tohoto nového spektra bol určený ďalší pík. Táto metóda má svoje nevýhody, však na tieto dáta je sa podľa môjho názoru zdala najpriateľnejšia.

Jednotlivé takto nájdené píky boli použité pri kalibrácii.

Pomocou kalibračnej krivky bolo preškálované spektrum neznámeného vzorku. Nakoniec bol pomocou tabuľky [3] ako ^{134}Cs . Pri určovaní sa hľadal v danej tabuľke žiarič s dlhším ako niekoľkodňovým polčasom rozpadu, ktorý má pik najväčší pík okolo

energie $E = 767,68 \text{ keV}$. Céziom ^{134}Cs má píky v $E = 795,864 \pm 0,004 \text{ keV}$ a $E = 801,953 \pm 0,004 \text{ keV}$, ktoré sa javia pri našom rozlíšení ako jeden pík. Ďalší charakteristický črt vidíme v okolí nameranej energie $E = 544,78 \pm 4,412 \text{ keV}$, kde podľa tabuľkových údajov vyskytuje skupina pík o energiách $E = 563,246 \pm 0,005 \text{ keV}$, $E = 569,331 \pm 0,003 \text{ keV}$ a $E = 604,721 \pm 0,002 \text{ keV}$, kde je síce naše spektrum posunuté ale to je spôsobené už horeuvedenými dôvodmi.

Následne bolo použitých 5 doštičiek z olova ako tienenie a namerané spektrum. Tu sa sa pri spracovaní ukázalo, že by bolo vhodné pre potreby spracovania namerať aj tienené pozadie. Doštičky položené na detektore nám nechceme odlifrovať aj časť pozadia a teda pri odčítaní pozadia nám vychádzali záporné hodnoty. Z tohoto dôvodu som sa pri výpočte tienenia rozhodol neodčítat pozadie.

Fitovanie pomeru útlmu, I_0/I , sme robili len v oblasti do 500 keV resp. do 700 keV , kde ešte neprevládala šum.

Comptonovo kontinuum a Comptonovu hranu som určil z grafu tohoto dôvodu bola chyba stanovená na $\pm 20 \text{ keV}$.

Pík úplného pohltienia ani pík spätného rozptylu sa mi nepodarilo v spektre určiť.

Zároveň sme zistili, že vzorka ^{241}Am nežiarí alebo má pre nás nemerateľnú aktivitu.

7 Záver

Boli namerané spektrá jednotlivých žiaričov a určené píky. Podľa nich určená kalibračná krivka 5.

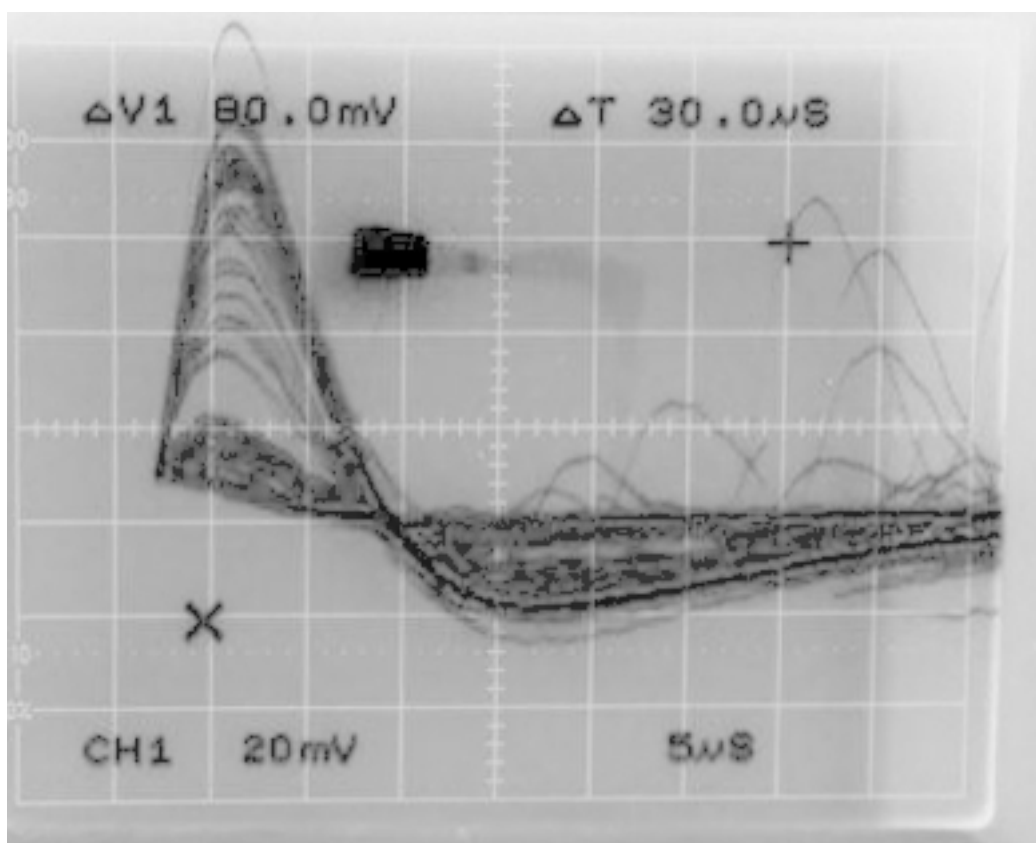
Následne bol určený koeficient útlmu olova 6.

A určený neznámy žiarič ako ^{134}Cs .

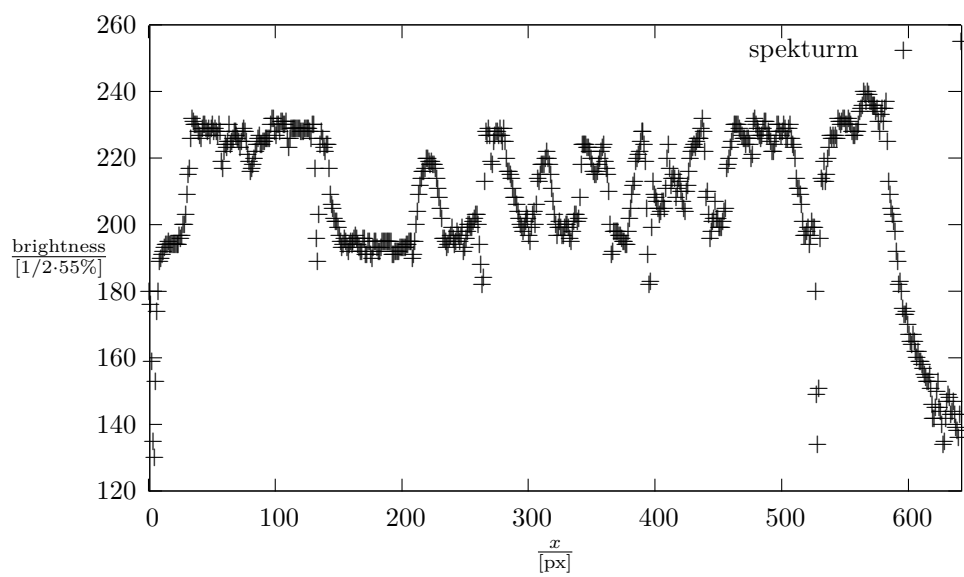
Reference

- [1] gama spektroskopia [cit. 18.04.2017] Dostupné po prihlásení z Kurz: Fyzikální praktikum II: https://praktikum.fjfi.cvut.cz/pluginfile.php/420/mod_resource/content/15/Gamma%20170217.pdf
- [2] Online Spectrum Catalogs for Ge and Si(Li) [cit. 18.04.2017] Idaho National Laboratory : http://www4vip.inl.gov/gammaray/catalogs/ge/catalog_ge.shtml
- [3] Gamma Energy (KeV) [cit. 18.04.2017] Idaho National Laboratory : <https://www.cpp.edu/~pbsiegel/bio431/genergies.html>

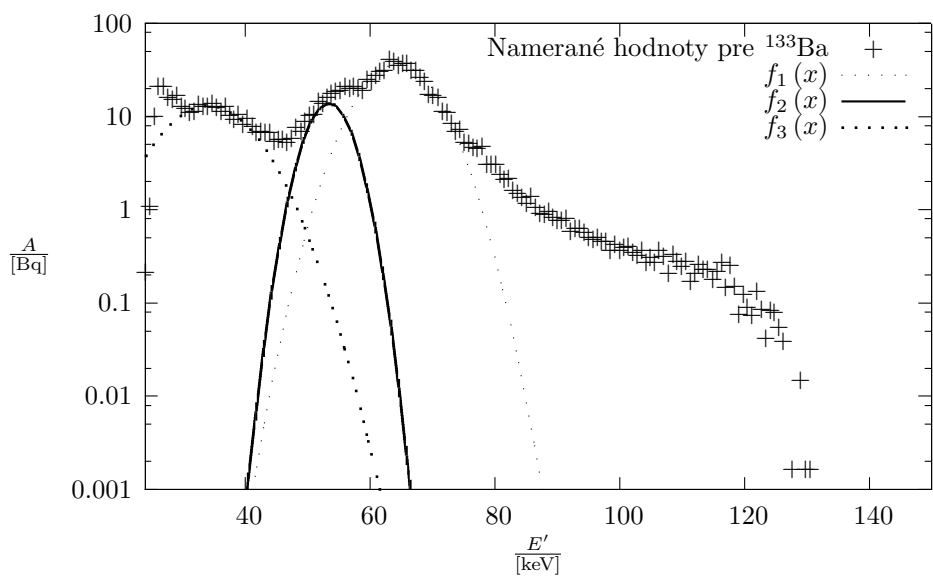
8 Prílohy



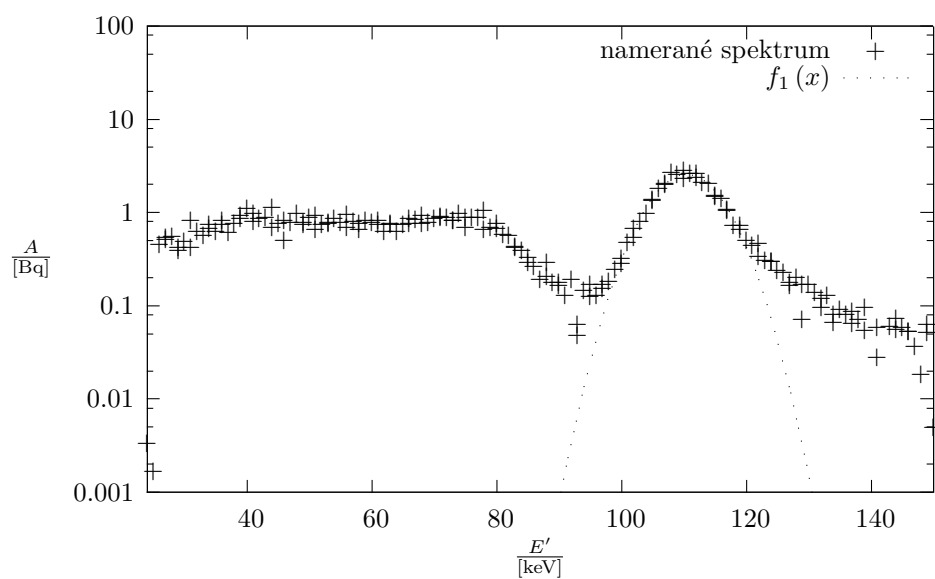
Obr. 1: Spektálne čiary pozorované osciloskopom



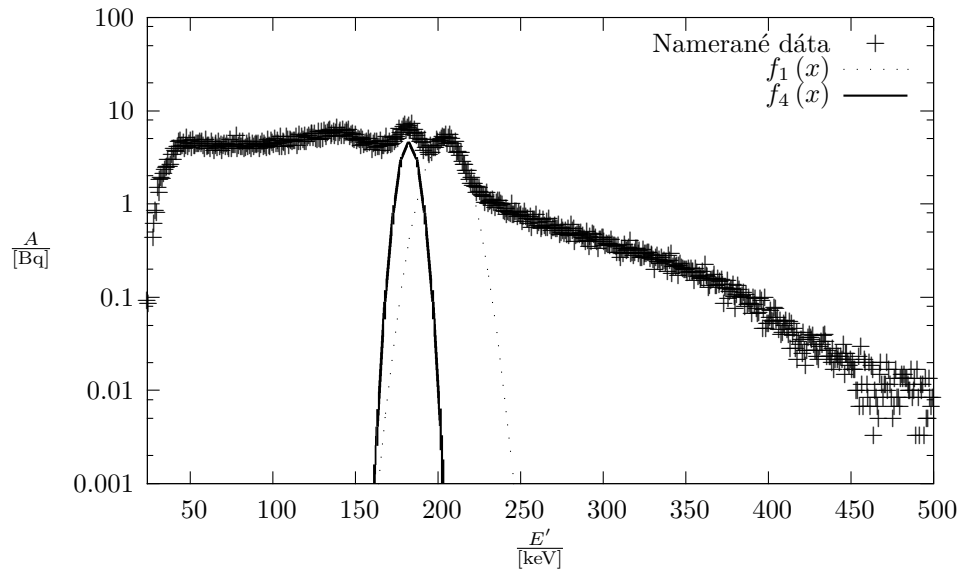
Obr. 2: Spracované spektrum na základe jasnosti z fotky Obr. 4. Kde x je poloha $\sim E$ a jasnosť $\sim A$.



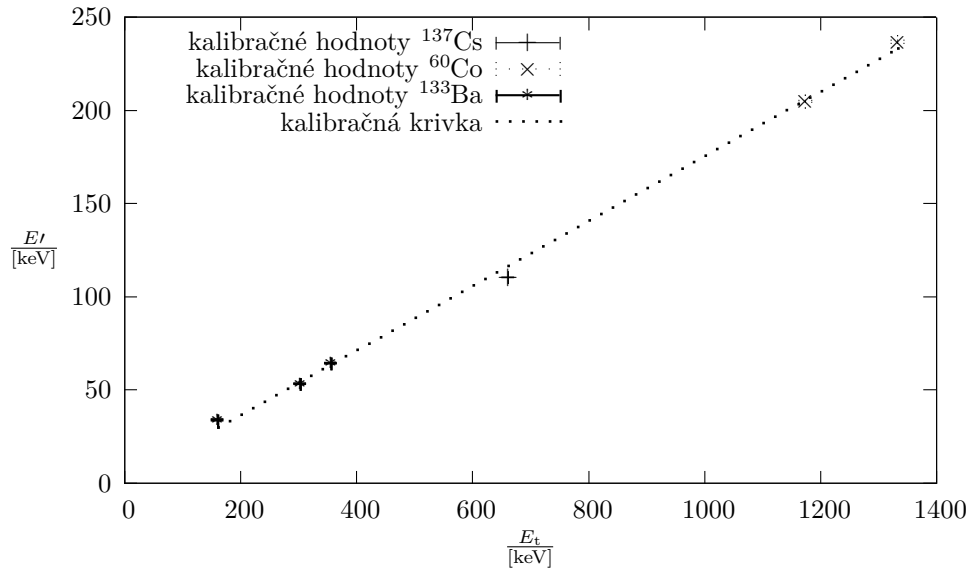
Obr. 3: Namerané hodnoty aktivity A žiariča ^{133}Ba na energiách E' , pred kalibráciou, a píky preložené závislosti funkciami f_i , kde $f_1(x) = (36.30 \pm 0.69) \exp\left(-\frac{(x-(64.40 \pm 0.17))^2}{2(5.06 \pm 0.17)^2}\right)$, $f_2(x) = (13.94 \pm 0.74) \exp\left(-\frac{(x-(53.50 \pm 0.22))^2}{2(2.99 \pm 0.25)^2}\right)$, $f_3(x) = (13.00 \pm 0.37) \exp\left(-\frac{(x-(33.93 \pm 0.40))^2}{2(6.31 \pm 0.77)^2}\right)$.



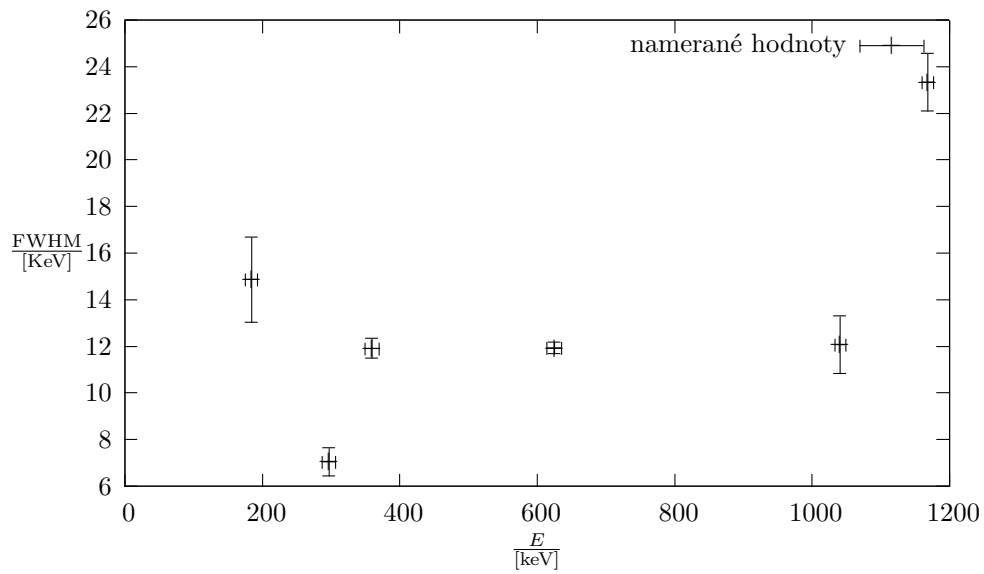
Obr. 4: Namerané hodnoty aktivity A žiariča ^{137}Cs na energiách E' , pred kalibráciou, a píky preložené závislosti funkciou $f_1(x) = (2.57 \pm 0.05) \exp\left(-\frac{(x - (110.41 \pm 0.10))^2}{2(5.07 \pm 0.10)^2}\right)$.



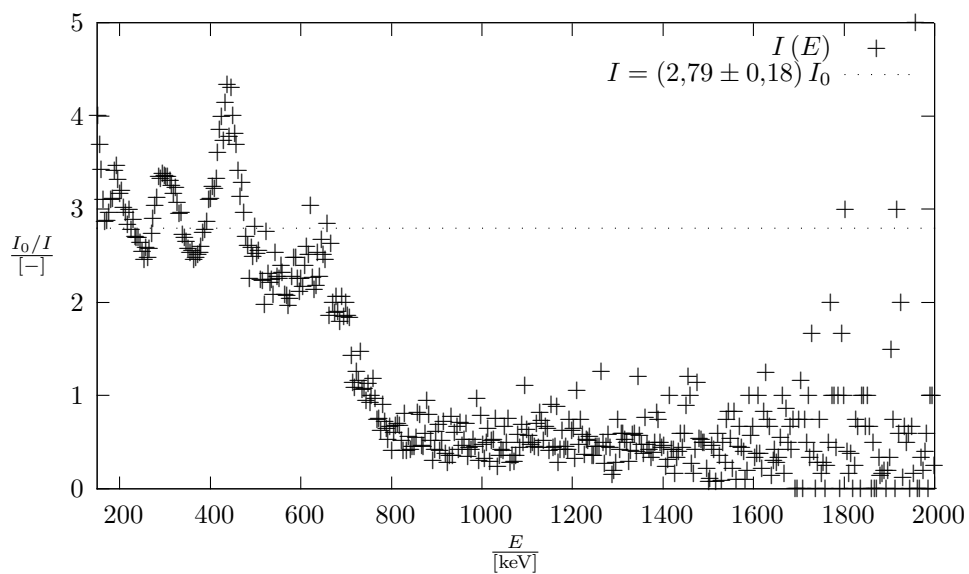
Obr. 5: Namerané hodnoty aktivity A žiariča ^{60}Co na energiách E' , pred kalibráciou, a píky preložené závislosťami $f_1(x) = (5.14 \pm 0.09) \exp\left(-\frac{(x-(204.80 \pm 0.48))^2}{2(9.91 \pm 0.53)^2}\right)$, $f_4(x) = (4.67 \pm 0.20) \exp\left(-\frac{(x-(182.67 \pm 0.59))^2}{2(5.13 \pm 0.53)^2}\right)$.



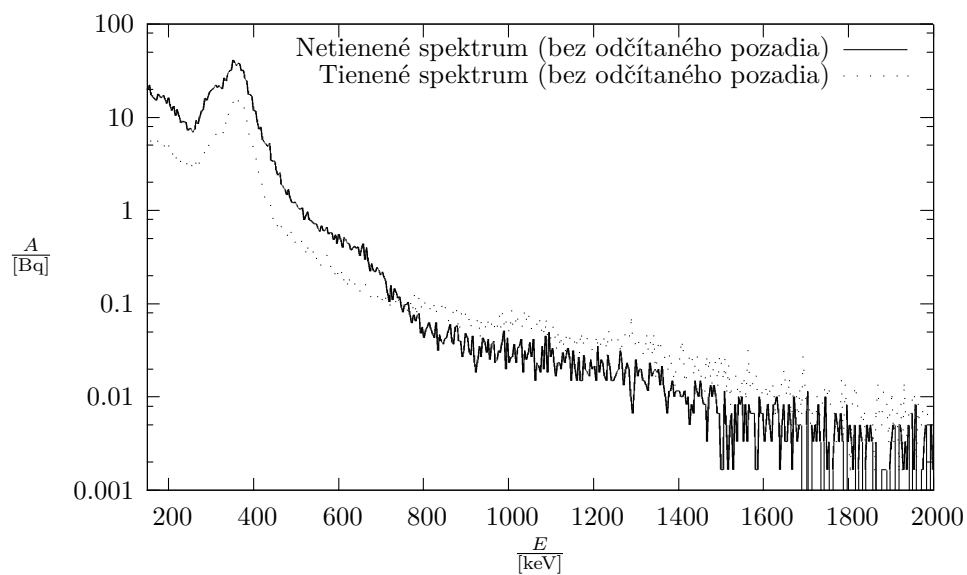
Obr. 6: kalibračná krivka kde E_t je tabuľková hodnota a E' je hodnota nameraná.



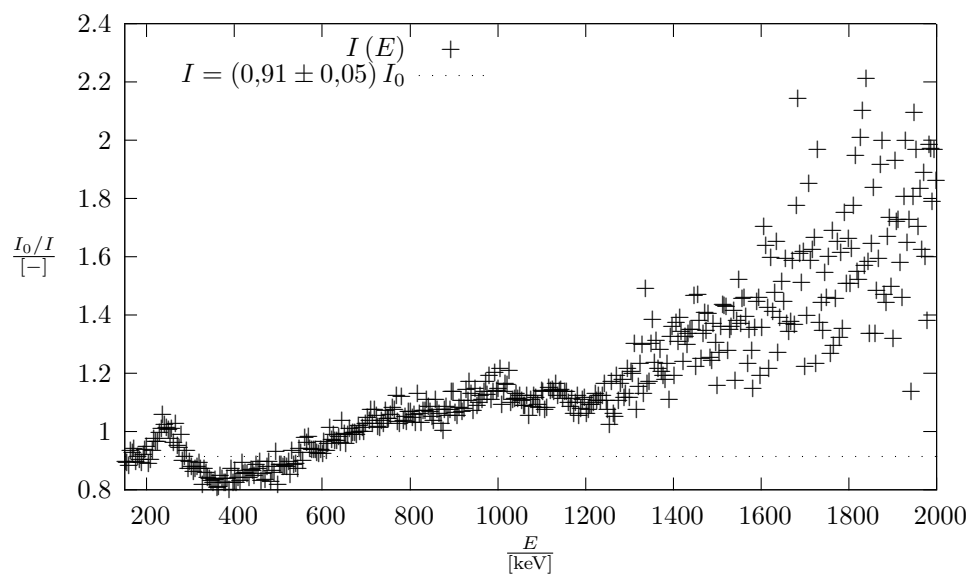
Obr. 7: Závislost FWHM píkuv na energii E .



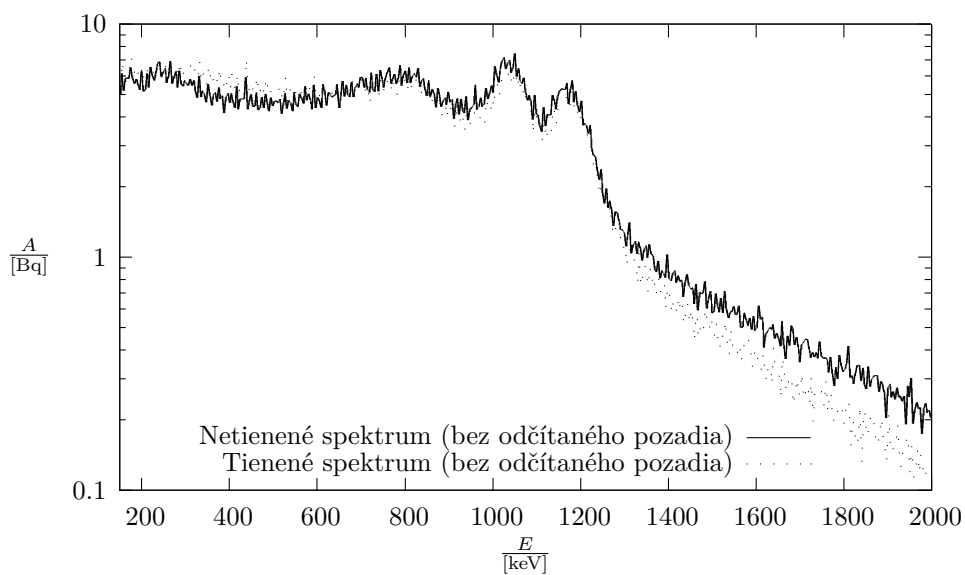
Obr. 8: Pomer aktivity tieneného a netieného vzorku I v závislosti na energii I pre ^{133}Ba . A vypočítaný koeficient útlmu.



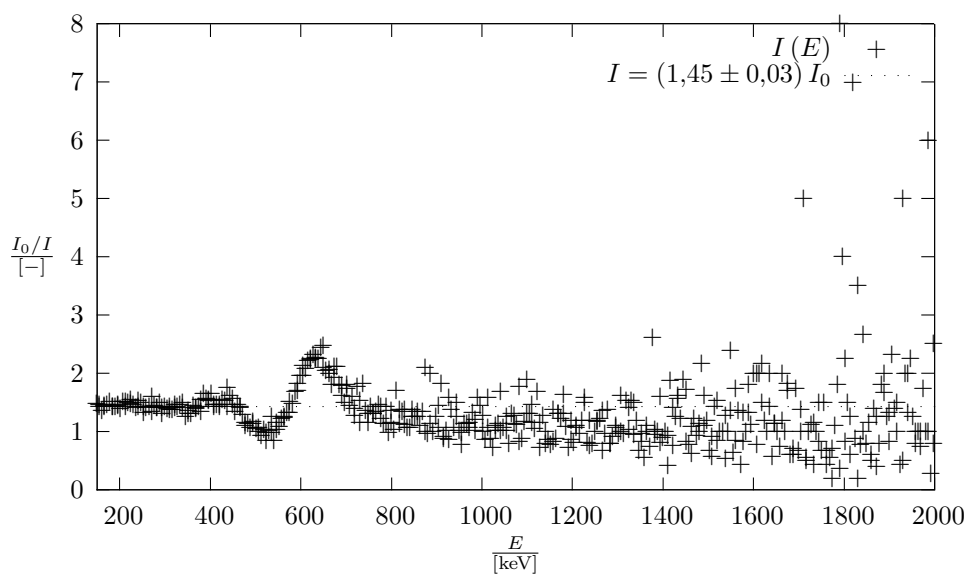
Obr. 9: Porovnanie Aktivít tieneného a netieneného vzorku v závislosti na energii pre ^{133}Ba .



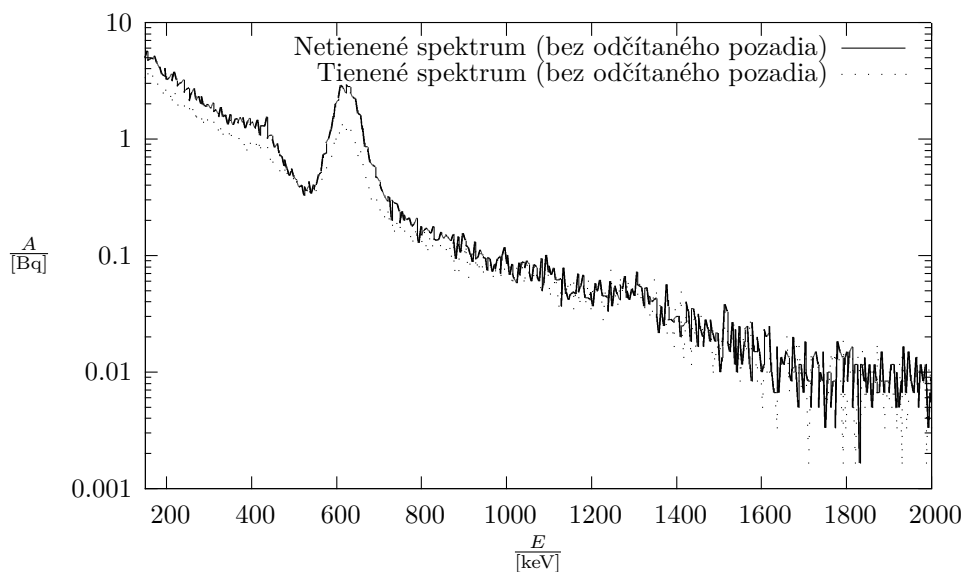
Obr. 10: Pomer aktivít tieneného a netieneného vzorku I v závislosti na energii I pre ^{60}Co . A vypočítaný koeficient útlmu.



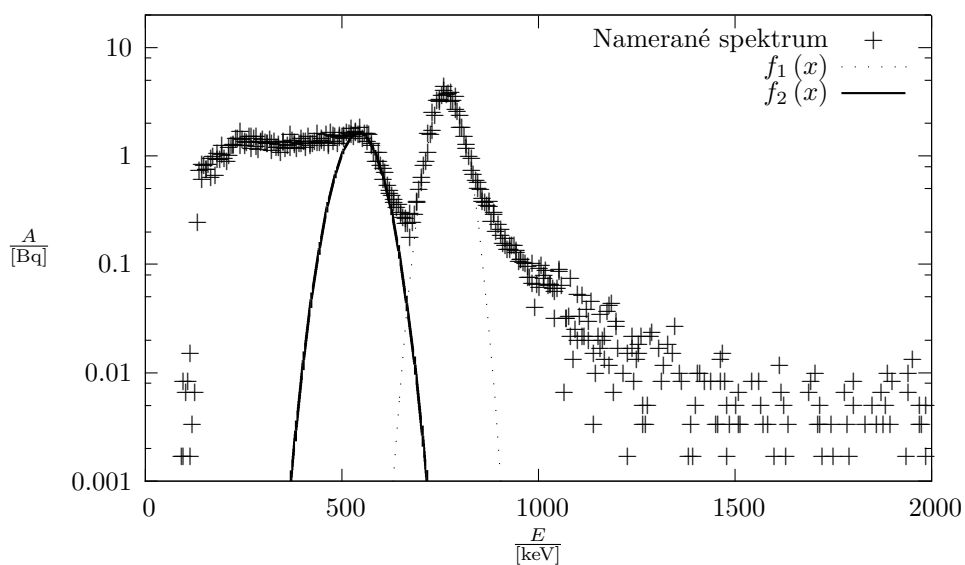
Obr. 11: Porovnanie Aktivity tieneného a netieneného vzorku v závislosti na energii pre ^{60}Co .



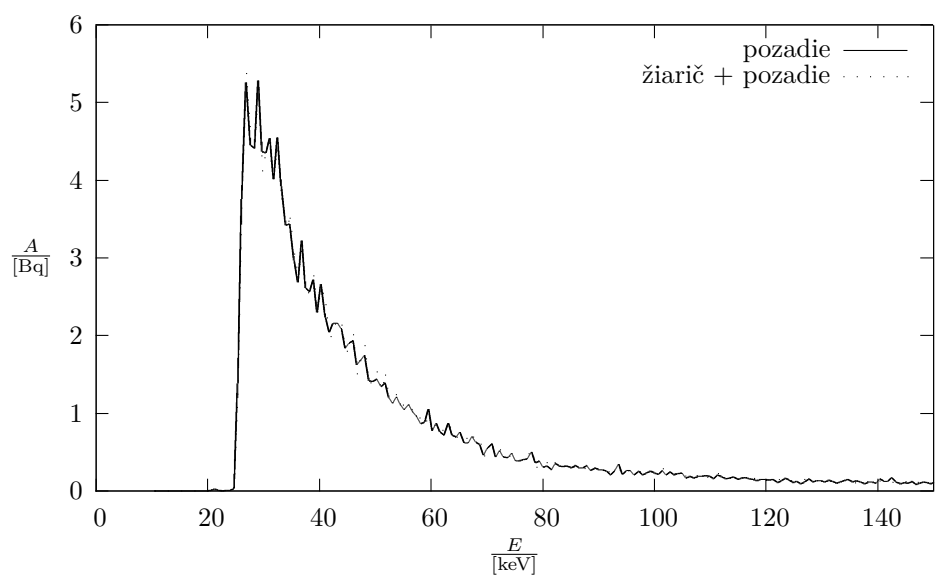
Obr. 12: Pomer aktivity tieneného a netieneného vzorku I v závislosti na energii I pre ^{137}Cs . A vypočítaný koeficient útlmu.



Obr. 13: Porovnanie Aktivity tieneného a netieneného vzorku v závislosti na energii pre ^{137}Cs .



Obr. 14: Spektrum známeho vzorku. Závislosť aktivity A na zkalibrovanej energii E , s fitnutým pikom $f(x) = (3.82 \pm 0.09) \cdot \exp\left(-\frac{(x-(767.68 \pm 0.90))^2}{2(33.72 \pm 0.94)^2}\right)$.



Obr. 15: Spektrum ^{241}Am s pozadím a samostatné pozadie, kde E je energia a A je aktivita.