

Spektrometrija žarkov γ s scintilacijskim spektrometrom

Fizikalni Praktikum V

Matevž Demšar

24. 11. 2025

1 Uvod

Pri vaji smo s scintilacijskim detektorjem merili spektre različnih radioaktivnih virov. Vaja je imela šest delov:

1. Posneti skico signala iz scintilacijskega detektorja s pomočjo osciloskopa
2. Z enokanalnim analizatorjem analizirati spekter ^{22}Na
3. S pomočjo znanih črt γ iz spektra ^{22}Na umeriti meritve spektrometra. Znani črti imata vrednosti energije 0,51 MeV in 1,277 MeV. Nato želimo izmeriti še spekter ^{137}Cs in ^{60}Co .
4. Izmeriti energijsko ločljivost vrhov za vrh popolne absorpcije in ugotoviti, ali se ločljivost spreminja z energijo
5. Izračunati izkoristek kristala za vrh popolne absorpcije
6. Oceniti energijo vrha povratnega sipanja

2 Meritve

Signal scintilacijskega detektorja. Signal na osciloskopu je videti kot množica sunkov z različnimi višinami vrhov. Na podlagi tega posnetka ne moremo določiti spektra radioaktivnega vira, lahko pa pridemo do nekaterih sklepov o delovanju scintilatorja. Najdemo ga na Sliki 1.

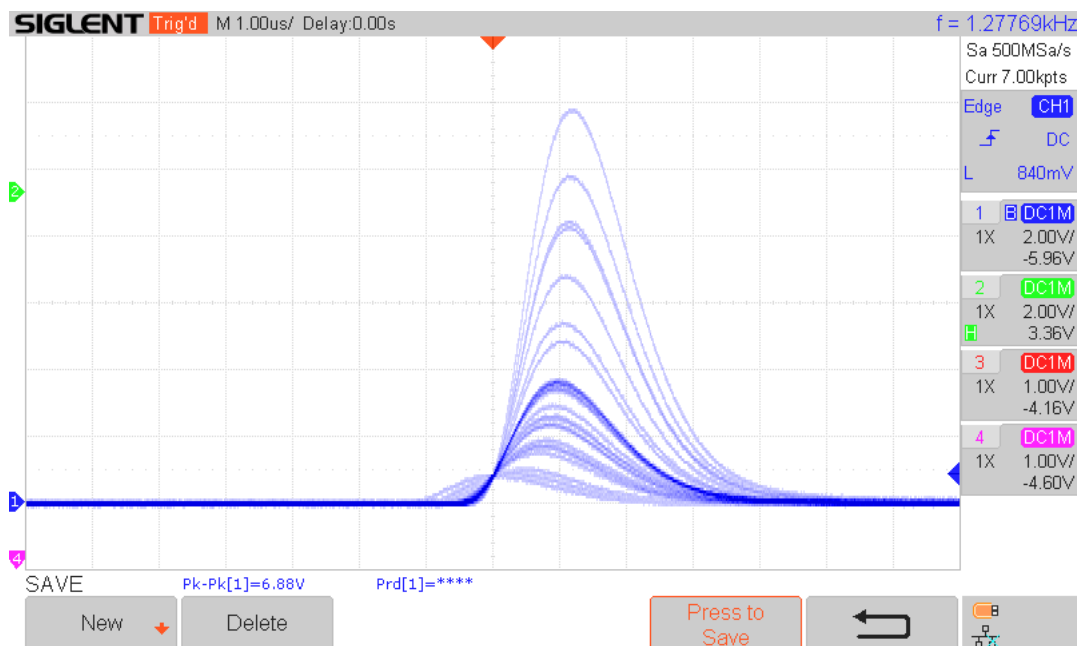
Natrijev spekter Na Natrijevem spektru smo dobili le en očiten vrh, in sicer vrh pri 0.511 keV. Predvidevali bomo, da lahko za drugo umeritveno točko uporabimo točko 0.

Spektra ^{137}Cs in ^{60}Co . Zdaj, ko smo umerili meritve na podlagi znanih vrednosti v natrijevem spektru, lahko analiziramo spektra cezija in kobalta. Najdemo ju na slikah 2 in 3.

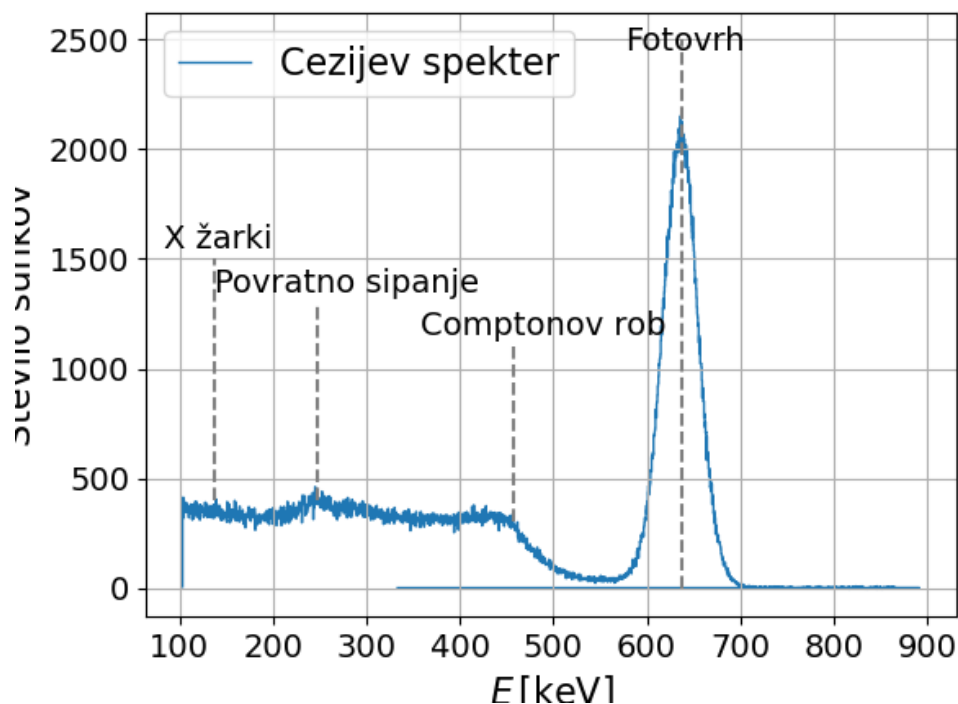
Ločljivost vrha popolne absorpcije. Pri natrijevem in cezijevem spektru smo na grafu spektra dobili vrh popolne ločljivosti ali fotovrh. Izmerili bomo njuno širino, in sicer tako, da ji prilagodimo funkcijo Gaussove porazdelitve:

$$f(x) = C e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} \quad (1)$$

Grafa za fotovrh natrijevega in cezijevega spektra najdemo na sliki 4.

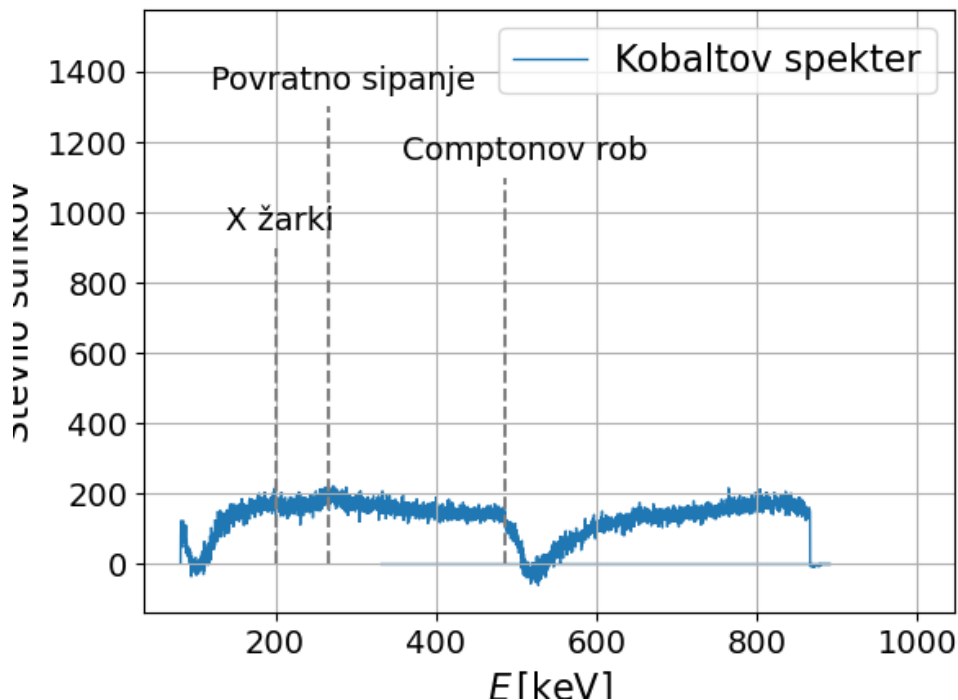


Slika 1: Posnetek zaslona osciloskopa pri merjenju sunkov scintilacijskega detektorja. Predvidevamo, da višina vrha predstavlja energijo sunka. Vidimo, da se večina sunkov dogaja pri nizkih energijah, opazimo tudi črto, pri kateri smo dobili še posebej veliko sunkov.



Slika 2: Na Cezijevem spektru se lepo vidi fotovrh (v navodilih imenovan tudi vrh popolne absorpcije) pri približno (636 ± 2) keV, vrh povratnega sipanja pri (247 ± 2) keV in Comptonov rob pri približno 450 keV.

Izkoristek kristala. Zanima nas, kolikšen delež žarkov, ki jih izseva ^{137}Cs , scintilacijski detektor zazna znotraj fotovrha. Iz meritve spektra ocenimo, da je na intervalu $E \in [\mu - \sigma, \mu + \sigma]$ v 600 sekundah merjenja detektor zaznal približno 164 000 fotonov. Da izračunamo izkoristek, pa moramo ugotoviti še,



Slika 3: Na kobaltovem spektru ne vidimo fotovrha, pa tudi ostali vrhovi so zelo neočitni. Comptonov rob vidimo pri 480 keV, vrh povratnega sipanja je verjetno okoli 265 keV, vrha X žarkov pa ne vidimo, vendar sklepamo, da je pri < 100 keV

Vir	μ [keV]	σ [keV]
Natrij	511	17
Cezij	635	19

Tabela 1: Ker za kobalt nismo izmerili fotovrha, imamo le dve merilni točki, zato o odvisnosti σ od energije vrha ne moremo zanesljivo reči skoraj ničesar. Videti pa je, da gre trend navzgor.

koliko fotonov je v tem časovnem intervalu oddal atom cezija.

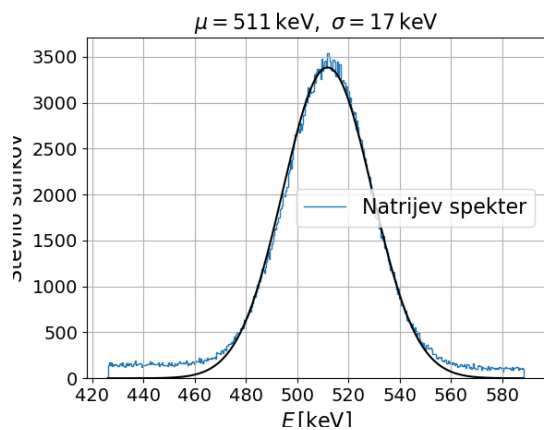
Vemo, da je aktivnost izvora januarja 2013 znašala $A_0 = 9250$ Bq in da je razpolovna doba cezija enaka $\tau_{1/2} = 30.07$ let. Časovna odvisnost aktivnosti je enaka

$$A(t) = A_0 2^{-t/\tau_{1/2}} \quad (2)$$

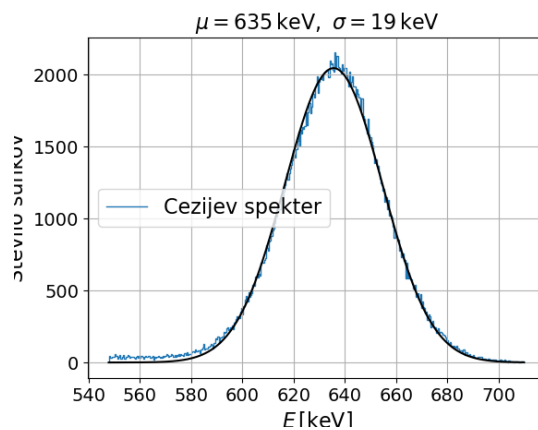
Vajo sem izvajal novembra 2025, torej je od prvotne meritve aktivnosti minilo 12 let in 10 mesecev. Po enačbi 2 dobimo, da je aktivnost vira med merjenjem enaka $A = (6880 \pm 15)$ Bq. Aktivnost obravnavamo kot konstantno, saj je čas merjenja zelo majhen v primerjavi z razpolovnim časom.

$$N_{\text{vsi}} = A \cdot t = 4\,129\,000 \pm 8000$$

$$\eta = \frac{N_{\text{foto}}}{N_{\text{vsi}}} = 3.97\%$$



(a) Fotovrh na spektru natrija 22. Nanj prilagodimo Gaussovo funkcijo, opisano v enačbi 1 z navedenima parametroma μ in σ .



(b) Fotovrh na spektru cezija 137. Nanj prilagodimo Gaussovo funkcijo, opisano v enačbi 1 z navedenima parametroma μ in σ .

Slika 4: Zanima nas ločljivost fotovrha popolne absorpcije za različne radioaktivne vire, med drugim bi radi vedeli, ali ločljivost z energijo narašča ali pada. Parametra μ in σ imata oba napako fita okoli 40%, vendar vidimo, da se krivulji lepo prilegata. Očitno so parametri močno korelirani med seboj.

3 Zaključek

Za različne izotope smo dobili sledeče rezultate:

Vir	Vrh povratnega sipanja	Vir	Comptonov rob
^{137}Cs	$(247 \pm 2) \text{ keV}$	^{137}Cs	$(460 \pm 10) \text{ keV}$
^{60}Co	$(265 \pm 2) \text{ keV}$	^{60}Co	$(480 \pm 10) \text{ keV}$

Vaja je bila težavna, saj se vrhov pogosto ni dobro videlo. Posebej nenavadna je bila odsotnost fotovrha na kobaltovem spektru. Tako za svoje rezultate ne morem trditi, da so zanesljivi.