

# Absorbcija žarkov $\gamma$ in $\beta$

Urh Trinko

12. november 2020

# 1 UVOD

Pri radioaktivnem razpadu so primarna sevanja alpha, beta in gama. Za gama sevanje velja, da je približno monoenergetskega tipa, v snovi pa se ti žarki sipljejo in absorbirajo. Za tok žarkov skozi snov debeline  $x$  velja enačba:

$$\Phi_{\gamma}(x) = \Phi_0 \cdot e^{-\mu x} = \Phi_0 \cdot 2^{-\frac{x}{l_{1/2}}} \quad (1)$$

( $\mu$  - absorpcijski/ekstinkcijski koeficient,  $l_{1/2}$  - razpolovna debelina)

$$s = \varphi \cdot x \quad (2)$$

( $s$  - površinska gostota snovi)

Elektroni se pri prehodu skoti snov sipajo ter izgubljajo energijo z vzbujanjem in absorbiranjem atomov. Debelina  $R_0(W_{\beta})$ , pri kateri snov popolnoma zadrži elektrone z določeno vstopno energijo  $W_{\beta}$  imenujemo DOSEG. Pri debelinah, ki so majhne v primerjavi z dosegom lahko tudi za  $\Phi_{\beta}^{tot}(x)$  uporabimo enačbo (1).

## 2 POTREBŠČINE

- radioaktivni izvor  $^{137}_{55}\text{Cs}$
- GM cev na stojalu in števec ST360
- škatala s ploščicami
- dodatne Al in Pb ploščice različnih debelin

## 3 NALOGA

1. Preveri, da aktivnost sevanja pada s kvadratom razdalje od izvora.
2. Izmeri sevanje ozadja.
3. Izmeri odvisnost  $\Phi_{\beta}^{tot}(x)$  za sevanje  $\beta$  iz izvora in določi dosega  $\beta$  za Al.
4. Določi razpolovno debelino za Al in Pb za  $\gamma$  žarke iz izvora.

## 4 MERITVE

### A) Aktivnost v odvisnosti od oddaljenosti

časovni interval = 20 s

St. predalcka	Stevilo sunkov
-----	-----
1	1489
2	890
3	514
4	343
5	284
6	200
7	169
8	115
9	109
10	85

### B) Aktivnost v odvisnosti od površinske gostote za Al

časovni interval = 40 s

s [mg/cm <sup>2</sup> ]	Stevilo sunkov
0	1133
4.5	994
6.5	955
11	901
23.5	857
25.5	827
26.5	835
52	670
64.5	448
66.5	444
71	437
112	350
125.5	181
129	105
161	68
206	62
258	56
328	48
419	55

### C) Aktivnost v odvisnosti od debeline svinčenega ščita

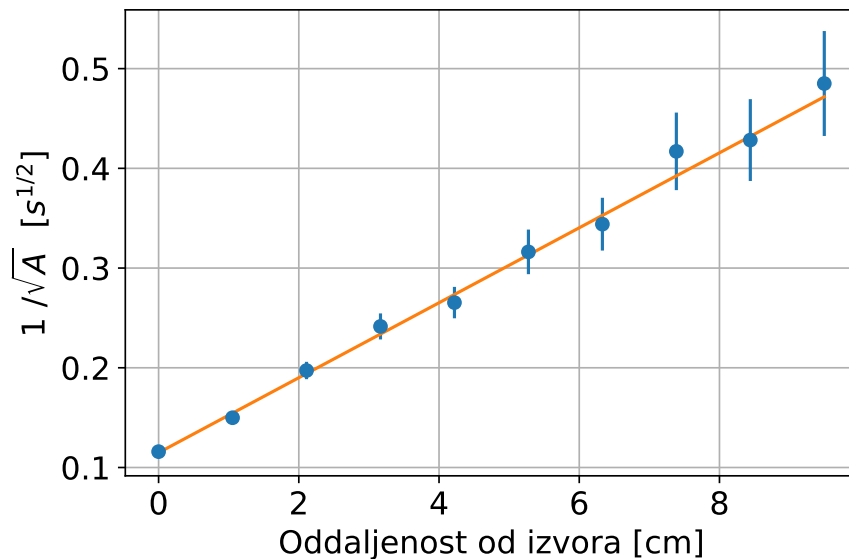
časovni interval = 500 s

debelina svinca [mm]	Stevilo sunkov
0	498
0.8	475
1.6	460
3.2	397
6.4	334
9.6	326

## 5 IZRAČUNI

### 5.1 Aktivnost v odvisnosti od oddaljenosti od izvora

Na sliki 1 vidimo, da med točkami lahko potegnemo premico, kar pomeni, da aktivnost res pada s kvadratom oddaljenosti od izvora. Naklon premice sem določil s pomočjo Python kode, znaša pa  $k = 3.7 \frac{\sqrt{s}}{m}$  ( $1 \pm 0.045$ ) (napako sem prevtako pridobil s kodo).



Slika 1: Odvisnost obratne vrednosti korena aktivnosti od oddaljenosti od izvora.

Na podlagi enačbe  $A = K/(r + r_{GM})^2$  sem ocenil še efektivno razdaljo med izvorom v najvišji legi ter detektorjem. Enačbo lahko preoblikujemo tako, da v izrazu prepoznamo enačbo premice  $\frac{1}{\sqrt{A}} = \frac{1}{\sqrt{K}} \cdot r + \frac{r_{GM}}{\sqrt{K}}$ , ki predstavlja odvisnost  $1/\sqrt{A}$  ( $r$ ). Naklon je pri tem enak  $\frac{1}{\sqrt{K}}$ , začetna vrednost pa  $\frac{r_{GM}}{\sqrt{K}}$ . Iz podatkov na grafu s like 1, lahko tako določimo neznani količini  $K$  in  $r_{GM}$ , saj velja:

$$k = \frac{1}{\sqrt{K}} = 0.0375 \frac{s^{1/2}}{cm} (1 \pm 0.042)$$

$$n = 0.114 s^{1/2} (1 \pm 0.009)$$

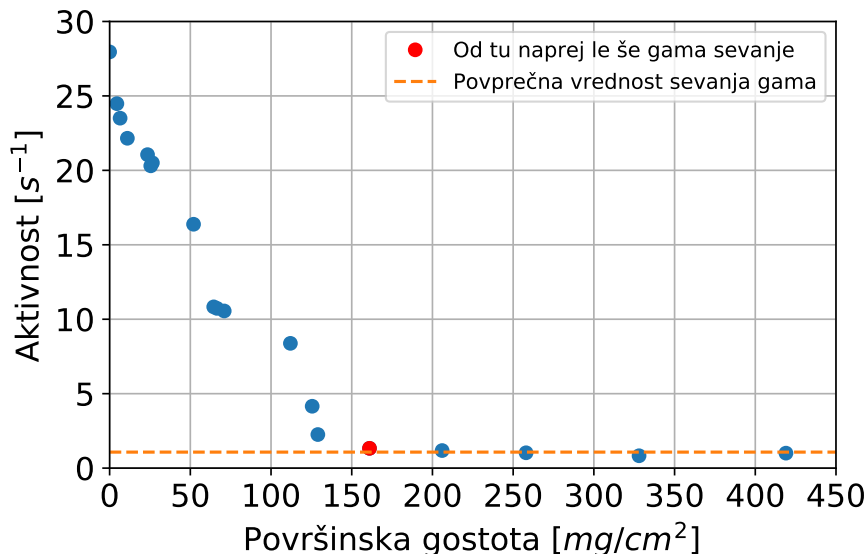
$$n = \frac{r_{GM}}{\sqrt{K}} \rightarrow r_{GM} = n \cdot \sqrt{K} = 3.0 cm (1 \pm 0.0429)$$

Napake naklona in začetne vrednosti sem dololočil s kodo, ki je narisala graf, napako  $r_{GM}$  pa s sešetavnjem relativnih napak  $\frac{1}{\sqrt{K}}$  in  $n$ .

Izmeril sem tudi aktivnost ozadja, in sicer tako, da sem sunke meril petnajst minut ko je bil izvor v svinčenem ohišju in je bil detektor postavljen čim dlje stran. Znašala je  $A_b = 0.37 s^{-1} (1 \pm 0.055)$ .

## 5.2 Aktivnost v odvisnosti od površinske gostote

V drugem delu naloge sem med izvor ter detektor postavljajal aluminijaste ploščice in opazoval, kako se pri tem spreminja aktivnost. Pri računanju aktivnosti sem upošteval enačbo  $A = N/t - A_b$ .



Slika 2: Aktivnost v odvisnosti od površinske gostote.

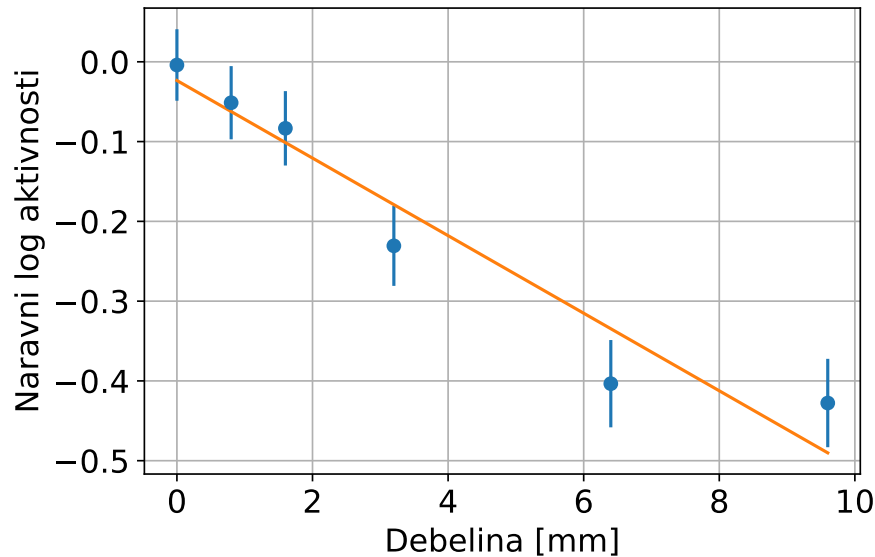
Iz slike 2 je razvidno, da od rdeče točke naprej aktivnost ostaja nespremenjena, kljub temu, da se močno večja površinska gostota. To je posledica tega, da smo nekje pri tej točki že presegli doseg beta sevanja za aluminij, zato zaznavamo samo še gama sevanje, ki pa ima pri aluminiju zelo veliko razplovono debelino, zato je ob dodajanju aluminijastih ovir večinoma nespremenjeno.

Iz slike 2 lahko tako ocenimo doseg sevanja beta za aluminij. Pri določanju dosega sem si pomagal tudi s povprečno vrednostjo sevanja gama (glej sklika 2), ki sem jo izračunal na podlagi zadnjih petih točk z grafa. Vrednost je znašala  $A_\gamma = 1.1 \text{ s}^{-1} \pm 0.2 \text{ s}^{-1}$ . Iz slike 2 sem nato sklepal, da je vrednost dosega tam, kjer črtasta premica prvič seka točko, ki predstavlja odvisnost aktivnosti od površinske gostote. Napako dosega sem ocenil iz napake števila sunkov  $\frac{\sqrt{N}}{N}$ . Iz tega podatka sem ocenil območje, na katerem bi se lahko rdeča točka premikala gor ali dol in bi se ustrezno spremenil tudi doseg. To območje sem omejil s kvadratom, ki ima stranico velikosti  $\frac{\sqrt{N}}{N} * A$  (v rdeči točki). Ta vrednost je znašala  $161 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2}$  ( $1 \pm 0.001$ ).

Iz enačbe  $A_\beta \approx A - A_\gamma$  lahko dobimo aktivnost sevanja beta. Graf  $A_\beta$  (s) bi se razlikoval od tistega na sliki 2 le po tem, da bi vse točke prestavili v y smeri za  $A_\gamma$  navzdol. Črtkana črta bi se v tem primeru pokrivala z abscizno osjo.

### 5.3 Aktivnost gama sevanja v odvisnosti od debeline svinčnega ščita

Pri reševanju te naloge sem si pomagal z enačbo (1), s pomočjo katere sem ugotovil, da je absorpcijski koeficient snovi,  $\mu$  enak naklonu grafa, ki predstavlja naravni logaritem aktivnosti v odvisnosti od debeline ovire.



Slika 3: Naravni logaritem aktivnosti v odvisnosti od debeline svinčene ovire.

Naklon premice na grafu s slike 3, sem določil s Pythonom, znašal pa je  $-0.048 \text{ mm}^{-1}$  ( $1 \pm 0.13$ ). Iz zveze  $k = -\mu = \frac{\ln 2}{d_{1/2}}$  sem nato lahko izračunal razpolovno debelino. Ta je znašala 14 mm ( $1 \pm 0.13$ ), relativna napaka pa je ista kot pri naklonu (absorpcijskemu koeficientu) - določena z grafa.

## 6 Povzetek in komentar

V prvem delu naloge sem na podlagi grafa na sliki 1 ugotovil, da aktivnost sevanja pada s kvadratom razdalje. Pri računanju napake sem se osredotočil le na napako  $\sqrt{N}$ , saj je ta bistveno večja v primerjavi z napako razdalje med predalčkoma, katere vrednost je približno 0.002 %. Meritev je natančen, saj sem jo opravil s kljunastim merilom. Na podlagi enačbe  $A = K/(r + r_{GM})$  in podatkov z grafa sem določil tudi efektivno razdaljo med detektorjem in izvorom v najvišji legi,  $r_{GM}$ . Znašala je  $3.0 \text{ cm} \pm (1 \pm 0.0429)$ .

V drugem delu naloge sem z dodajanjem vedno večjega aluminijastega ščita iskal odvisnost aktivnosti beta sevanja od površinske gostote ščita. Iz podatkov prikazanih na sliki 2 sem lahko ocenil doseg sevanja beta za aluminiji, površinsko gostoto, od katere dalje aluminiji ne prepušča več sevanja beta, zato zaznamo samo še konstantno gama sevanje. Ocena je znašala  $161 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2}$  ( $1 \pm 0.001$ ).

V zadnjem delu naloge pa sem s pomočjo grafa na sliki 3 ter enačbe (1) izračunal razpolovno debelino svinca za gama sevanje. Ta je znašala 14 mm ( $1 \pm 0.13$ ), kar se ujema s podatki v 4. poglavju, in sicer tabeli C.