

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta *za matematiko in fiziko*



Oddelek za fiziko

# Absorpcija žarkov $\gamma$ in $\beta$

Poročilo pri fizikalnem praktikumu III

avtor: Kristofer Čepon Povšič

Asistentka: Jelena Vesić

December, 2022

# Uvod

Poznamo 3 vrste razpada:

- $\alpha$  (helijeva jedra)
- $\beta$  (elektron + antinevtrini, protoni + nevtrini)
- $\gamma$  (fotoni)

Žarki  $\gamma$  iz radioaktivnega vira so približno monoenergijski, se v snovi absorpirajo in sipljejo. Tok sevanja  $\phi_\gamma$  se pri prehodu skozi tanko rezino debeline  $dx$  zmanjša za  $d\phi_\gamma = -\mu\phi_\gamma dx$ , kjer je  $\mu$  ekstinkcijski (absorpcijski) koeficient. Prepušteni tok pojema z večanjem debeline eksponentno:

$$\phi_\gamma = \phi_0 e^{-\mu x} = \phi_0 2^{-\frac{x}{l_{1/2}}} \quad (1)$$

kjer je  $l_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}$  in označuje razpolovno debelino.

Pri elektronu predpostavimo monoenergijski elektron z vstopno energijo  $W_p$ . Pri prehodu se sipljejo in izgubljajo energijo z ioniziranjem in vzbujanjem atomov. Z zmanjšanjem hitrosti elektrona se verjetnost za sipljanje povečuje. Snov ima debelino  $R_0(W_\beta)$ , kjer se elektron v njej popolnoma ustavi. Debelina je ponavadi podana v enotah t.i. površinske gostote  $s = \rho x$ , kjer je  $\rho$  gostota materiala.

Doseg  $R_0(W_\beta)$  je obratno sorazmeren z gostoto materiala  $\rho$ .

Elektroni pri sevanju  $\beta$  nimajo vsi enakih energij  $W_\beta$ , saj si energijsko razliko med končnim in začetnim  $W_{\beta max}$  razdelijo z nevtrini. Pri debelinah  $x \ll R_0(W_{\beta max})$  je odvisnost  $\phi_0^{tot}$  približno eksponentna in enaka  $\phi_\gamma$

# Naloga

1. Preveri, da izmerjena aktivnost sevanja pada s kvadratom razdalje
2. Izmeri sevanje ozadja
3. Izmeri odvisnost  $\phi_0^{tot}(x)$  za sevanje  $\beta$  in  $^{137}_{55}\text{Cs}$  in določi doseg  $\beta$  za aluminij
4. Izmeri razpolovno debelino aluminija in svinca za žarke  $\gamma$  iz  $^{137}_{55}\text{Cs}$

# Potrebščine

- radioaktiven izvor  $^{137}_{55}\text{Cs}$  v svinčevem ohišju
- Geiger-Müllerjeva (GM) cev na stojalu in števec ST360
- škatla s ploščicami različnih površinskih gostot od  $4.5 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2}$  do  $7435 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2}$
- dodatne aluminijaste in svinčene ploščice različnih debelin

# Navodilo

$^{137}_{55}\text{Cs}$  ima razpolovni čas 30.1 let, zato lahko privzamemo, da je aktivnost konstantna. Razpad poteka na dva načina, neposredno v osnovno stanje  $^{137}_{56}\text{Ba}$ , po-

sredno preko vzbujenega stanja  $^{137}_{56}\text{Ba}$ . Pri neposrednem (5.6% prehodov) dobimo  $\beta$  z  $W_{\beta\max} = 1.176\text{MeV}$ . Pri posrednem (94.4%) dobimo  $\beta$  z  $W_{\beta\max} = 0.514\text{MeV}$  in  $\gamma$  z  $W_{\gamma\max} = 0.66\text{MeV}$ . Sevanje zaznavamo z Geiger-Müllerjevo cevjo.

Napetost na GM cevi nastavimo na 900V. Števec nam v nastavljenem času šteje razpade. Razpadi so slučajni pojav, zato večkratne meritve niso enake. Efektiven odmik je  $\sqrt{N}$ , če je  $N$  prešteti sunkov v GM cevi.

1. Izmerimo v najvišjem prekату vsaj 1000 sunkov. To storim podobno še za druge oddaljenosti.
2. Odstanimo  $^{137}_{55}\text{Ca}$  in 15 minut merimo razpade.
3. Vrnemo vir in dobimo čas za 1000 razpadov tako, da sta dva prekata pod virom in GM prosta. Merim aktivnost in vstavljam različne ovire različnih debelin.
4. Z aluminijastim ščitom ustavimo  $\beta$  sevanje. Z merjenjem aktivnosti za vsak material (ko vstavljamo ovire iz njega različnih debelin) lahko določimo  $t_{1/2}$ .

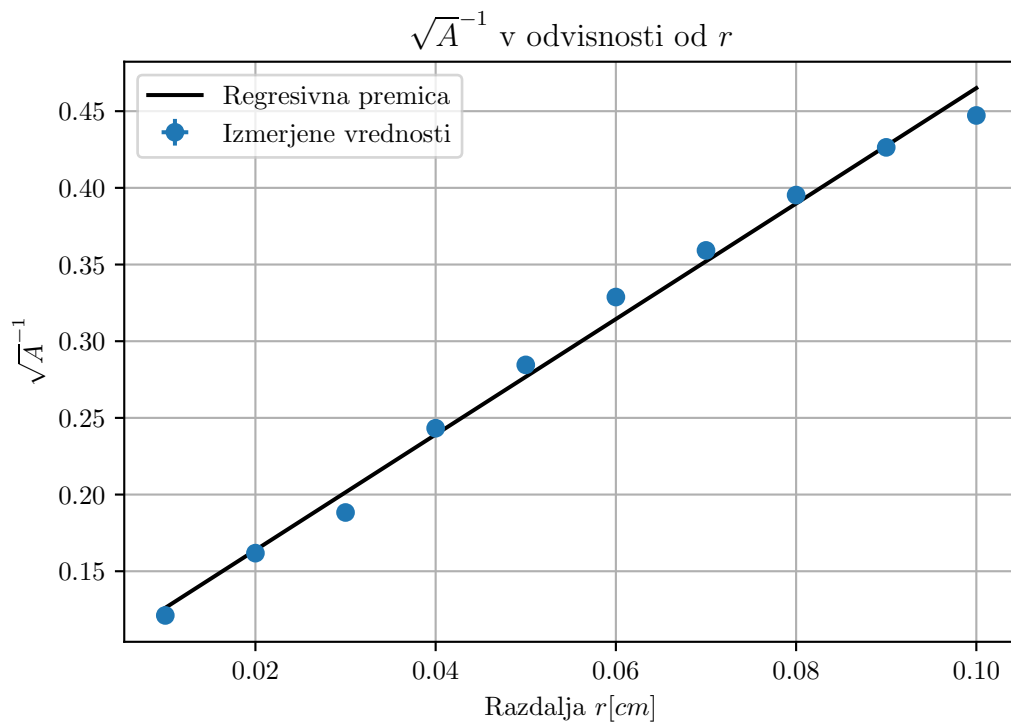
# Rezultati

## Sunki v odvisnosti od oddaljenosti in sevanje ozadja

Izmeril in izračunal sem sledeče vrednosti za čas  $t = 20s$  zbiranja podatkov:

| $d[cm]$ | $N$     | $A[Bq]$ | $\sqrt{A}^{-1}$ |
|---------|---------|---------|-----------------|
| 0.01    | 1362.00 | 68.10   | 0.12            |
| 0.02    | 764.00  | 38.20   | 0.16            |
| 0.03    | 564.00  | 28.20   | 0.19            |
| 0.04    | 338.00  | 16.90   | 0.24            |
| 0.05    | 247.00  | 12.35   | 0.28            |
| 0.06    | 185.00  | 9.25    | 0.33            |
| 0.07    | 155.00  | 7.75    | 0.36            |
| 0.08    | 128.00  | 6.40    | 0.40            |
| 0.09    | 110.00  | 5.50    | 0.43            |
| 0.10    | 100.00  | 5.00    | 0.45            |

Naredim graf  $\sqrt{A}^{-1}$  v odvisnosti od razdalje:

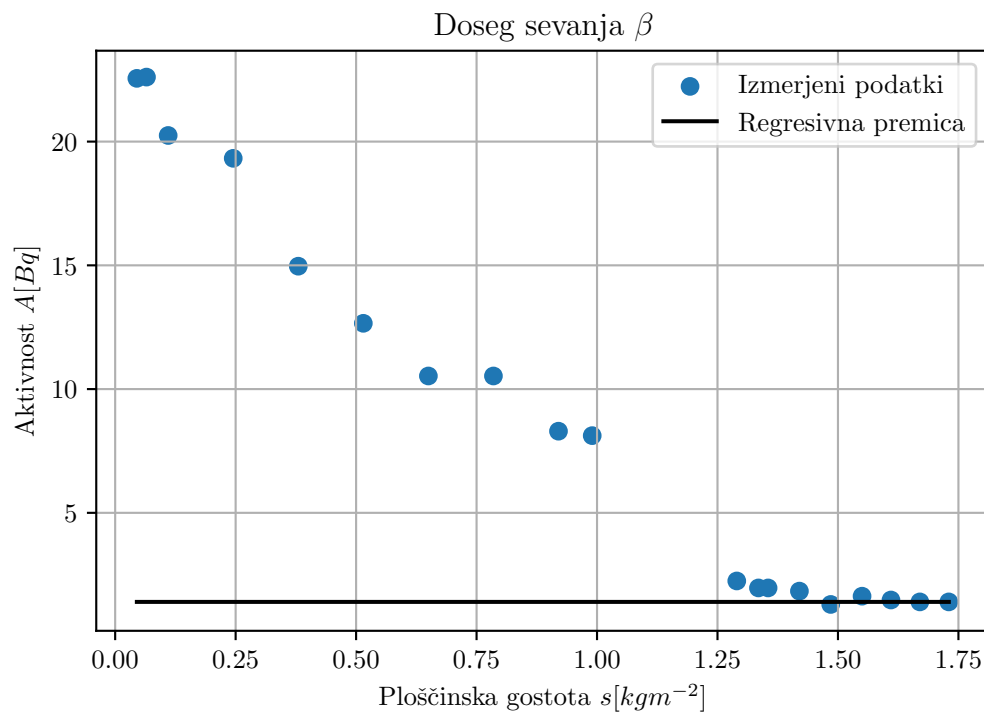


Slika 1: Graf prikazuje aktivnost v odvisnosti od razdalje.

Izmerimo tudi sevanje ozadja in dobimo vrednost  $A_B = 331 Bq$

## Doseg sevanja $\beta$ za aluminij

Z izmerjenimi podatki dobim sledeč graf:

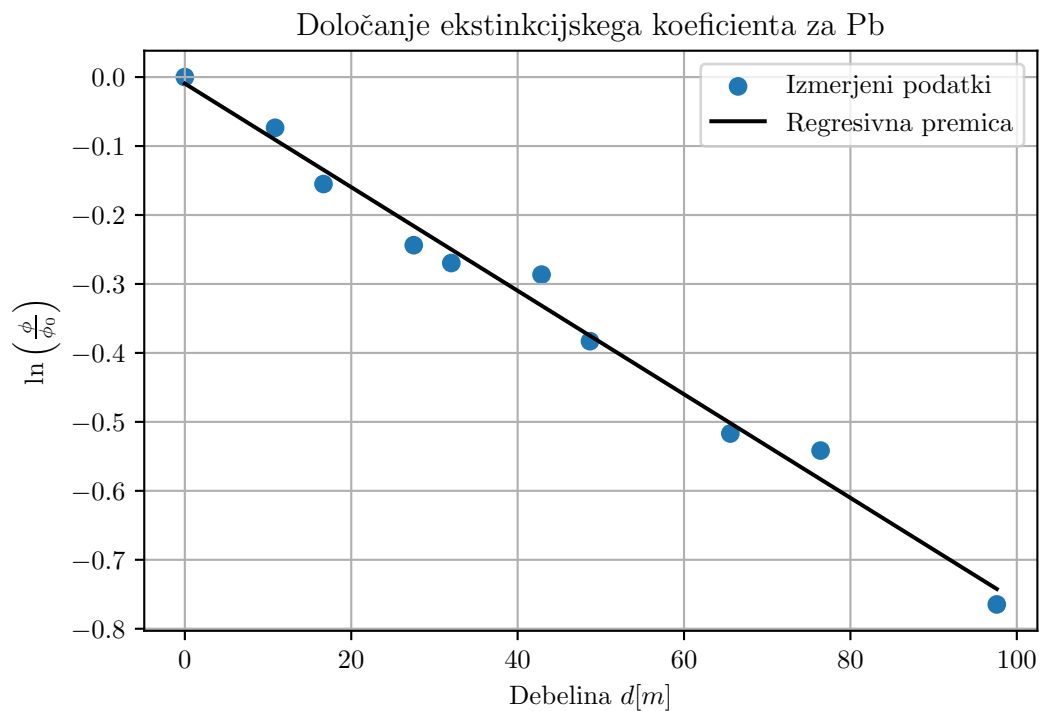


Slika 2: Graf prikazuje doseg  $\beta$  sevanja za aluminij. Vidimo, da

Regresivna premica prečka ordinatno os pri  $s = (1.6 \pm 0.1) \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ , kar je tudi doseg sevanja  $\beta$ .

## Razpolovna debelina svınca za sevanje $\gamma$

Z izmerjenimi podatki dobim sledeč graf:



Slika 3: Graf prikazuje logaritemsko razmerje toka v odvisnosti od debeline plasti svinca

Iz enačbe izrazimo  $x$ :

$$\ln\left(\frac{\phi}{\phi_0}\right) = e^{-\mu x} \quad (2)$$

in iz grafa in naklonjenosti regresivne premice, ki predstavlja vrednost  $\mu$ , dobimo sledečo vrednost razpolovne debeline svinca  $l_{1/2} = (9.2 \pm 0.4)mm$