

Vaja 69: Gama žarki

Matevž Demšar

21. april 2024

Opis. Pri vaji smo opazovali absorpcijo gama žarkov in frekvenco radioaktivnega razpada.

Uvod. V Izmeriti želimo manjšanje pretoka gama žarkov pri prehodu skozi snov. Pričakujemo, da je odvisnost med debelino ovire in pretokom gama žarkov eksponentno padajoča, in sicer velja formula:

$$\Phi = \Phi_0 e^{-\mu d},$$

v kateri Φ_0 predstavlja pretok v vpadnem curku, μ koeficient absorpcije, d pa debelino ovire. V drugem delu vaje smo se posvetili frekvenci radioaktivnega razpada. V nekem časovnem intervalu z Geigerjevim števcem naštejemo N radioaktivnih razpadov. Če meritev ponovimo večkrat, dobimo povprečno vrednost \bar{N} . Pričakujemo, da bo raztresenost meritev okoli povprečne vrednosti ustrezala Poissonovi porazdelitvi

$$W_N = \frac{\bar{N}^N}{N!} e^{-\bar{N}}$$

z relativnim odmikom od povprečja $\sigma = \sqrt{\bar{N}}$.

Meritve. Uvodno meritev smo opravili tako, da smo na dvajsetih časovnih intervalih dolžine $\Delta t = 1 \text{ min}$ prešteli število razpadov. S tem smo izmerili tudi pretok v vpadnem curku Φ_0 . Ker na število razpadov, ki jih zazna Geigerjev števec, vpliva tudi sevanje ozadja, je treba izmeriti tudi to in število sunkov, ki so prišli iz ozadja, odšteti od drugih meritev.

n	N	n	N
1	165	11	165
2	146	12	162
3	160	13	133
4	146	14	134
5	143	15	158
6	149	16	143
7	135	17	144
8	133	18	179
9	141	19	150
10	150	20	160

Sevanje ozadja: $\Phi_b = 12 / \text{min}$

$$\bar{N} - \Phi_b \Delta t = 132$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (\bar{N} - N_i)^2}{n}}$$

$$\sigma = 12,2$$

$$\sqrt{\bar{N} - \Phi_b \Delta t} = 11,5$$

Vrednosti σ in \sqrt{N} se razlikujeta za približno 6%. Razlika bi bila verjetno še manjša, če bi opravili več meritev.

$$\Phi_0 = 132 /min$$

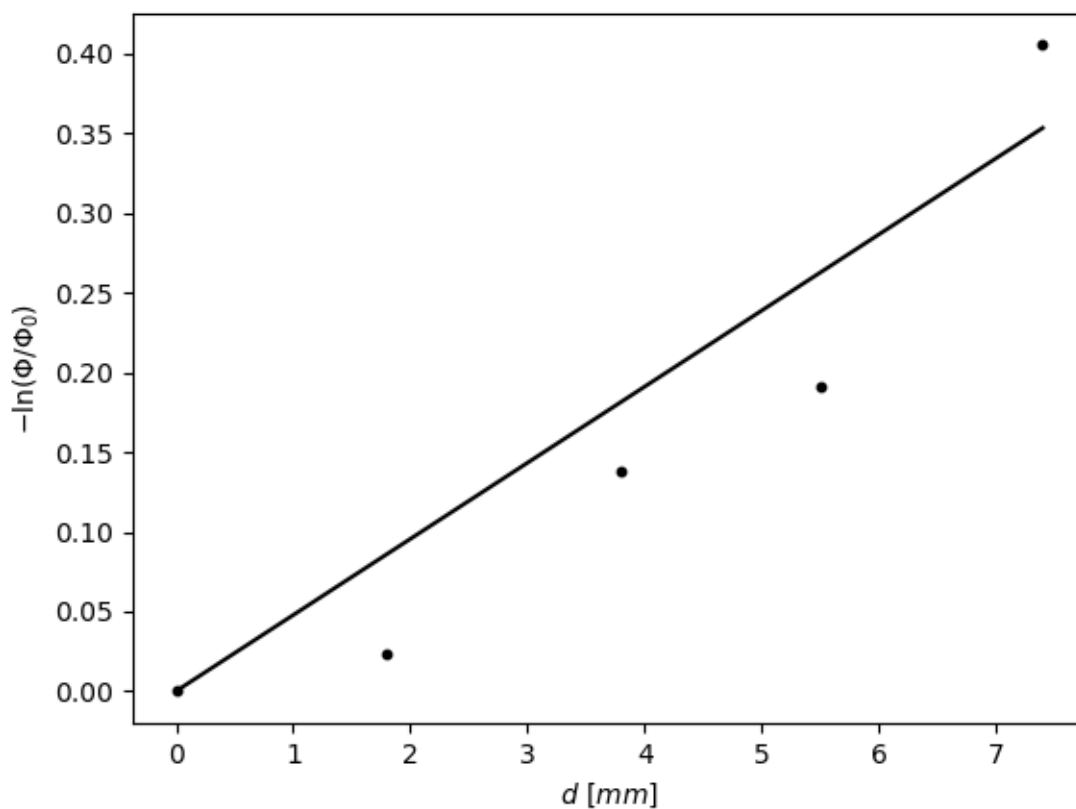
Meritve nadaljujemo tako, da med vzorec in merilnik postavljamo svinčene ploščice. Vsaki izmerimo debelino, nato štejemo število sunkov v časovnih intervalih $\Delta t = 1 \text{ min}$. Pretok žarkov lahko izrazimo kot

$$\Phi = \frac{\sum_i N_i}{n \Delta t} - \Phi_b$$

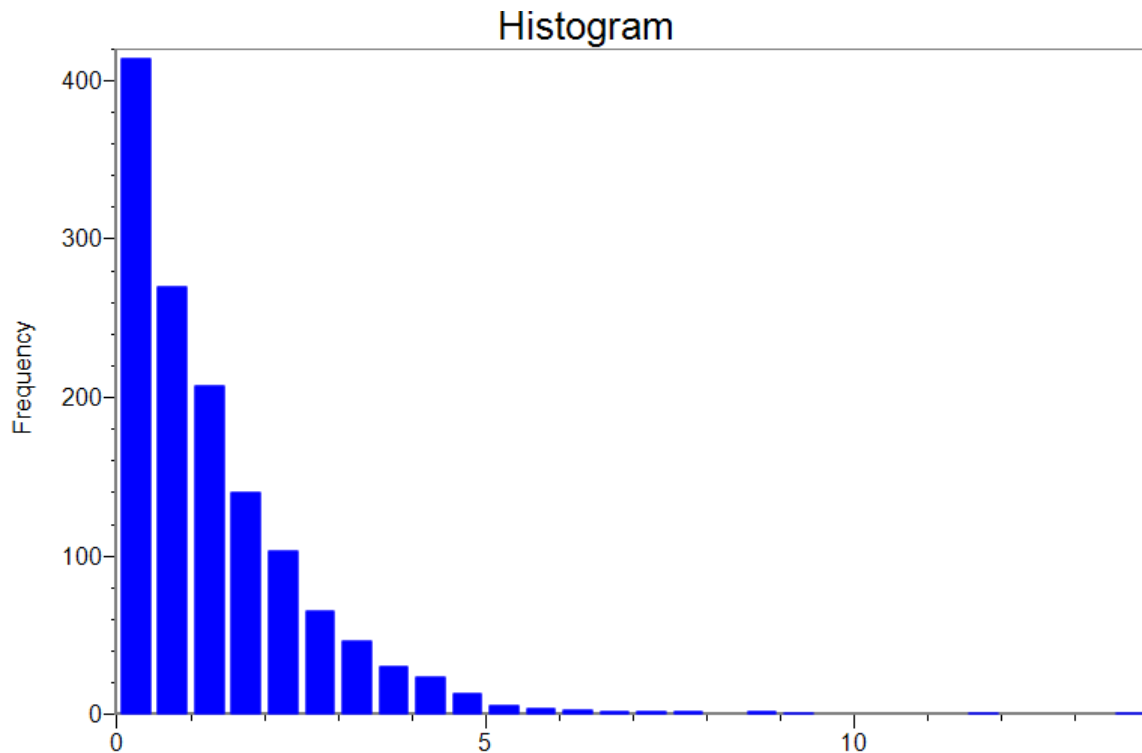
Koeficient absorpcije razberemo iz grafa $-\ln(\Phi/\Phi_0)(d)$. Pri tem d predstavlja skupno debelino svinčenih ploščic med vzorcem in števcem, n pa število meritev.

$d \text{ [mm]}$	$\Phi \text{ [/min]}$
0	132
1,8	129
3,8	115
5,5	109
7,4	88

Iz koeficienta premice na grafu na Sliki 1 razberemo koeficient absorpcije $\mu = 0,05/mm$.



Slika 1: Iz strmine premice določimo koeficient absorpcije za svinec.



Slika 2: Histogram prikazuje pogostost (frekvenco) določene dolžine intervala med razpadoma. Kot vidimo, je dolžina časovnega intervala med razpadoma najpogostejše manjša od pol sekunde in običajno manjša od dveh sekund.

Na podlagi koeficienta absorpcije lahko izračunamo razpolovno debeline svinca za sevanje gama, ki ga oddaja vzorec.

$$\begin{aligned}\Phi &= \frac{1}{2} \Phi_0 \\ \Phi_0 e^{-\mu d} &= \frac{1}{2} \Phi_0 \\ d &= -\frac{\ln(1/2)}{\mu} \\ d &= 14 \text{ mm}\end{aligned}$$

Porazdelitev časovnih intervalov med razpadi. Z računalnikom lahko izmerimo časovni interval med razpadoma. Podatke vnesemo v histogram, ki je prikazan na Sliki 2.

Ocena napake. Vrednost razpolovne debeline za svinec se zdi verjetna. Možni vzroki za napake so premajhno število meritev, nenatančno izmerjena debelina svinčenih ploščic, saj ta verjetno ni bila konstantna, in morebitne napake pri oceni vpliva sevanja ozadja na meritve. Omeniti je treba tudi, da števec ni zaznal vseh žarkov, ki jih je oddajal vzorec, saj smo meritev opravljali le z ene strani, poleg tega pa števec zazna le vsak stoti foton. Če vrednost absolutne napake debeline d ocenimo na $\pm 0,5 \text{ mm}$, predvidena napaka koeficienta absorpcije znaša največ $\pm 30\%$ ali $\pm 0,01 / \text{mm}$.

Pythonova knjižnica *scipy.optimize* ocenjuje napako pri fittanju grafa premice na Sliki 1 na 678%, vendar se glede na graf zdi znatno manjša.