



## Fizikalni praktikum II

### Poročilo

# Vaja 69: Sevanje gama

Simon Bukovšek

Datum vaje: 29. marec 2022  
Datum oddaje poročila: 5. marec 2022

## 1 Teoretični uvod

Radioaktivni razpadi so naključni dogodki. Število razpadlih delcev nam narekuje enačba:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

z rešitvijo

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}.$$

Pri tem je  $N$  število preostalih radioaktivnih delcev,  $N_0$  začetno število radioaktivnih delcev in  $\lambda$  razpadna konstanta. Razpolovni čas je enak  $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ . Če merimo, koliko delcev razpade v časovnem obdobju  $t$ , pri čemer je  $t \ll 1/\lambda$ , je pričakovana vrednost števila razpada v tem času enaka  $\bar{N} = N_0 \lambda t = \Lambda t$ . Pri tem smo vpeljali novo vrednost  $\Lambda$ , ki podaja pričakovano število razpadov v eni enoti. Za število izmerjenih naključnih dogodkov v časovnem obdobju velja Poissonova porazdelitev:

$$p(N, \bar{N}) = \frac{\bar{N}^N}{N!} e^{-\bar{N}}.$$

Napaka ene meritve pri Poissonovi porazdelitvi je  $\sigma = \sqrt{\bar{N}}$ , z večanjem števila meritev pa napaka pada s korenem meritev. Porazdelitev časov med zaporednima dogodkoma pri Poissonovi porazdelitvi dobimo na sledeč način:

$$p(T > t) = p(N_{\text{interval } t} = 0) = \frac{(\Lambda t)^0}{0!} e^{-\Lambda t} = e^{-\Lambda t}.$$

Tako je verjetnostna gostota časa med dvema zaporednima razpadoma enaka:

$$\frac{dp(T = t)}{dt} = \Lambda e^{-\Lambda t}$$

in povprečen čas med razpadoma je  $1/\Lambda$ .

Materiali absorbirajo gama sevanje po enačbi:

$$j = j_0 e^{-\mu x},$$

kjer je  $j_0$  začetna gostota sevlanelega toka,  $x$  je debelina materiala in  $\mu$  je absorpcijski koeficient.

## 2 Pripomočki

- Kobaltov izvor sevanja gama
- Geigerjev števec in Vernierjev vmesnik
- Svinčena omarica za hranjenje izvora
- Svinčene ploščice

## 3 Meritve

Večkrat smo izmerili število izevanih delcev v enakem časovnem intervalu in preverili, če distribucija ustreza Poissonovi. Nato smo merili število žarkov, ki so prebili različne plasti svinca in tako določili absorpcijski koeficient svinca. Na koncu smo še preverili, kateri distribuciji ustreza porazdelitev časovnih intervalov med dvema dogodkoma.

## 4 Izmerjeni podatki

Prva meritev je bila dvajset inetrvalov po  $t_1 = 3$  s. Dobljeni podatki števila zaznanih fotonov so:

[14, 9, 13, 9, 8, 7, 11, 12, 6, 10, 11, 5, 8, 8, 5, 6, 9, 6, 7, 11]

Prva meritev je bila dvajset inetrvalov po  $t_2 = 6$  s. Dobljeni podatki števila zaznanih fotonov so:

[21, 15, 17, 18, 15, 19, 12, 11, 15, 21, 15, 23, 22, 13, 17, 22, 24, 12, 19, 19]

V spodnji tabeli so podatki o številu zaznanih fotonov pri različnih številih vmesnih svinčenih ploščic. Čas zbiranja je bil v vseh primerih  $t_0 = 60$  s. Za izmerek sevanja ozadja je bil čas izpostavitve enak  $t'_0 = 180$  s.

št. ploščic	$N_1$	$N_2$
0	94	117
1	88	85
2	77	80
3	58	61
4	80	77
ozadje	41	

Debeline ploščic (po vrsti) so bile:

- $d_1 = (1,65 \pm 0,05)$  mm,
- $d_1 = (1,905 \pm 5)$  mm,
- $d_1 = (1,75 \pm 0,05)$  mm,
- $d_1 = (1,75 \pm 0,05)$  mm.

Podatki o časih med zaporednimi dogodki so v dodatku.

## 5 Analiza podatkov

Za prvi set podatkov pri zbiralnem času  $t_1 = 3$  s je povprečje zbranih fotonov enako  $\overline{N}_1 = 8,75$ . Kvadrati odstopanj od povprečja so podani v naslednjem seznamu.

$$[27,56, 0,06, 18,06, 0,06, 0,56, 3,06, 5,06, 10,56, 7,56, 1,56, \\ 5,06, 14,06, 0,56, 0,56, 14,06, 7,56, 0,06, 7,56, 3,06, 5,06]$$

Povprečje teh vrednosti bi moralo biti zelo blizu povprečju prvotnih vrednosti in je enako  $\sigma^2 = 6,59$ . Gre sicer za 25% odstopanje, ampak pri tako malem številu podatkov to ni niti najmanj presenetljivo. Povprečna aktivnost snovi je tako približno  $\Lambda = 2,9$  Bq oziroma 2,9 razpada na sekundo.

Za drugi set podatkov pri zbiralnem času  $t_2 = 6$  s je povprečje zbranih fotonov enako  $\overline{N}_1 = 17,5$ . Kvadrati odstopanj od povprečja so podani v naslednjem seznamu.

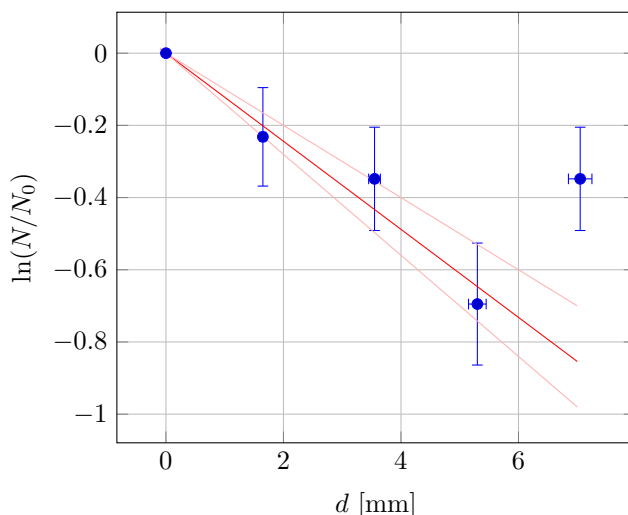
$$[12,25, 6,25, 0,25, 0,25, 6,25, 2,25, 30,25, 42,25, 6,25, 12,25, 6,25, \\ 30,25, 20,25, 20,25, 0,25, 20,25, 42,25, 30,25, 2,25, 2,25]$$

Povprečje teh vrednosti bi moralo biti zelo blizu povprečju prvotnih vrednosti in je enako  $\sigma^2 = 14,65$ . Gre za 16% odstopanje, kar je boljše kot v prejšnjem primeru. Povprečna aktivnost snovi je tako približno  $\Lambda = 2,9$  Bq kar je identično kot prej. To dejstvo pa je dokaj naključno, saj bi za tako dobro ujemanje potrebovali dosti več podatkov. Zaradi premajhnega števila podatkov je tudi nesmiselno risati porazdelitvenih diagramov. Priti bi morala neke vrste Poissonova porazdelitev, ki bi izgledala kot Gaussova.

Za izračun absorpcijskega koeficienta svinca moramo vzeti povprečje danim podatkom in jim odšteti šum ozadja. Nato moramo vzeti logaritem razmerja med sevanjem pri debelini svinca  $x$  in sevanjem brez svičene ovire ter narisati graf logaritma tega razmerja z debelino svinca. Naklon premice nam da negativno vrednost absorpcijskega koeficienta.

$N' = (N_2 + N_1)/2$	$\overline{N} = N' - N_{\text{ozadje}}$	$\overline{N}/\overline{N}_0$	$\ln(\overline{N}/\overline{N}_0)$	$d$
$105,5 \pm 7,3$	$91,8 \pm 8,1$	1,000	0	0,00
$86,5 \pm 6,6$	$72,8 \pm 7,5$	$0,793 \pm 0,108$	$-0,231\ 801\ 614 \pm 0,136\ 399\ 994$	$1,65 \pm 0,05$
$78,5 \pm 6,3$	$64,8 \pm 7,3$	$0,706 \pm 0,101$	$-0,348\ 155\ 466 \pm 0,143\ 054\ 535$	$3,55 \pm 0,10$
$59,5 \pm 5,5$	$45,8 \pm 6,6$	$0,499 \pm 0,084$	$-0,694\ 963\ 711 \pm 0,168\ 947\ 438$	$5,30 \pm 0,15$
$78,5 \pm 6,3$	$64,8 \pm 7,3$	$0,706 \pm 0,101$	$-0,348\ 155\ 466 \pm 0,143\ 054\ 535$	$7,05 \pm 0,20$

Odvisnost logaritma zaznave fotonov od debeline svinčene pregrade

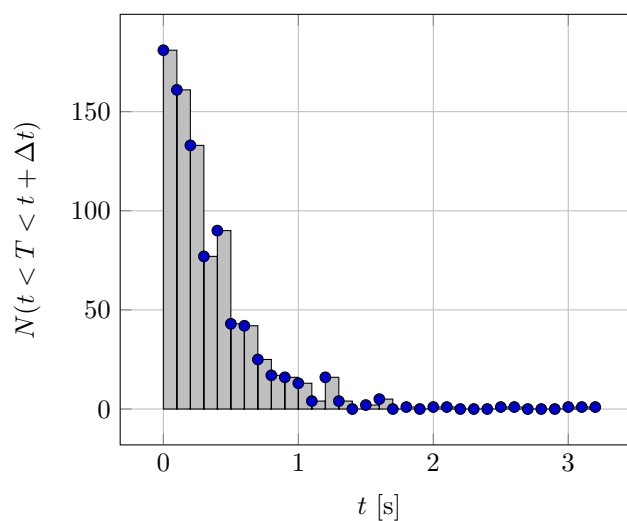


Naklon premice je enak  $k = (-0,12 \pm 0,02) \text{ mm}^{-1}$ , torej je absorpcijski koeficient svinca približno enak  $\mu = (0,12 \pm 0,02) \text{ mm}^{-1}$ . Pri računanju naklona zadnji podatek ni bil upoštevan, saj je očitno nekoliko napačen.

Za konec narišimo še porazdelitev časov med povprečnimi zaznanimi fotoni. Razdelimo jih v gruče s časovnim intervalom  $\Delta t = 0,05$  s. Rezultati so podani v spodnji tabeli in grafih. Narisana sta histogram porazdelitve in graf verjetnosti, da je vmesni čas daljši od  $t$ .

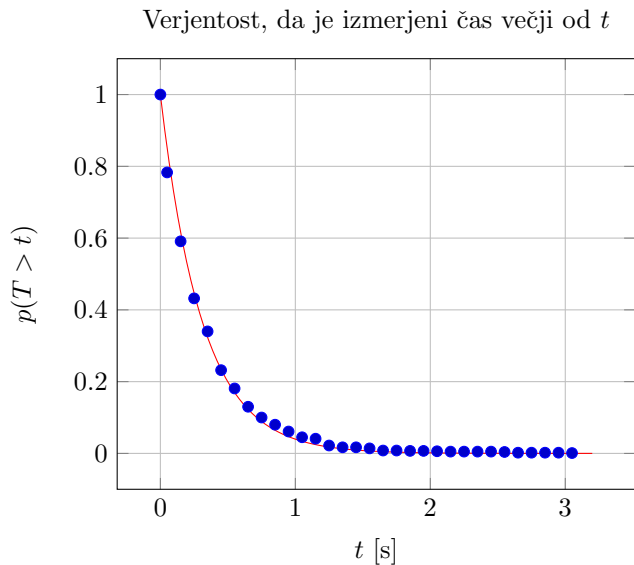
čas med razpadoma ( $t_0$ )	$N(t_0 < t < t_0 - \Delta t)$	$p(t > t_0) =$
0,00	181	1,000
0,05	161	0,783
0,15	133	0,591
0,25	77	0,432
0,35	90	0,340
0,45	43	0,232
0,55	42	0,181
0,65	25	0,130
0,75	17	0,100
0,85	16	0,080
0,95	13	0,061
1,05	4	0,045
1,15	16	0,041
1,25	4	0,022
1,35	0	0,017
1,45	2	0,017
1,55	5	0,014
1,65	0	0,008
1,75	1	0,008
1,85	0	0,007
1,95	1	0,007
2,05	1	0,006
2,15	0	0,005
2,25	0	0,005
2,35	0	0,005
2,45	1	0,005
2,55	1	0,004
2,65	0	0,002
2,75	0	0,002
2,85	0	0,002
2,95	1	0,002
3,05	1	0,001

Histogram števila razpadov



Drugi graf mora prikazovati odvisnost:

$$p(T > t) = e^{-\Lambda t}.$$



Če fitamo na izračunane točke tako funkcijo, dobimo za najboljši odgovor  $\Lambda = (3,22 \pm 0,06)$  Bq. Ta vrednost se dokaj ujema s prej izračunano ( $\Lambda = 2,9$  Bq), vendar bi zaradi dosti večjega števila podatkov v zadnjem delu zadnjemu rezultatu pripisal večjo gotovost. Rezultata iz prvega in zadnjega dela se razlikujeta za 10%.

## 6 Dodatek

[0,52, 0,24, 0,20, 0,04, 0,24, 0,04, 0,56, 0,44, 1,68, 0,16, 0,44, 0,52, 0,20, 0,04, 0,24, 0,32, 0,92, 0,08, 0,08, 0,04, 0,20, 0,16, 1,32, 0,16, 0,16, 0,44, 0,32, 0,04, 0,40, 0,16, 0,04, 0,56, 0,04, 0,40, 0,04, 0,56, 0,52, 0,08, 0,40, 0,16, 1,00, 0,52, 0,12, 0,36, 0,40, 0,16, 0,36, 0,08, 0,12, 0,68, 0,48, 0,48, 0,08, 0,16, 0,48, 0,16, 0,04, 0,16, 0,72, 0,76, 1,04, 0,16, 0,08, 0,04, 0,12, 0,04, 0,68, 0,24, 0,04, 0,48, 0,16, 0,52, 0,16, 0,48, 0,44, 0,60, 0,84, 0,08, 0,20, 0,16, 0,64, 0,04, 0,36, 0,04, 0,76, 0,12, 2,00, 0,16, 0,16, 0,20, 0,52, 0,04, 0,12, 0,24, 0,36, 0,44, 0,08, 0,16, 1,24, 0,24, 0,24, 0,12, 0,24, 0,08, 0,16, 0,32, 0,08, 0,24, 0,36, 0,04, 0,32, 0,08, 0,52, 0,44, 0,08, 0,08, 0,04, 0,16, 0,44, 0,28, 0,12, 0,12, 0,44, 0,56, 0,04, 0,36, 0,60, 0,40, 0,32, 0,32, 0,16, 0,36, 0,24, 0,04, 0,40, 0,20, 1,04, 0,48, 0,16, 0,52, 0,04, 0,40, 0,04, 0,08, 0,12, 0,12, 0,04, 0,96, 0,12, 0,16, 0,32, 0,32, 0,24, 0,16, 0,08, 0,04, 0,16, 0,08, 0,56, 0,32, 0,20, 0,08, 0,52, 0,72, 0,20, 0,04, 0,48, 0,52, 0,48, 0,20, 0,84, 0,16, 0,04, 0,04, 0,36, 0,04, 0,40, 0,12, 0,56, 0,08, 0,20, 0,04, 0,48, 0,28, 0,32, 0,92, 0,12, 0,08, 0,36, 1,36, 0,16, 0,32, 0,08, 0,24, 0,40, 0,84, 0,28, 0,28, 0,04, 0,28, 0,04, 0,28, 0,04, 0,16, 0,04, 0,12, 0,56, 0,72, 0,08, 0,20, 0,52, 0,12, 0,64, 0,16, 0,68, 0,80, 0,08, 0,44, 0,20, 0,12, 0,40, 0,04, 0,28, 0,04, 0,12, 0,20, 0,64, 0,12, 1,16, 0,12, 1,28, 0,40, 0,20, 0,44, 0,04, 0,92, 0,52, 0,12, 0,04, 0,04, 0,72, 0,28, 1,52, 0,04, 0,36, 0,04, 0,16, 0,12, 0,12, 0,32, 0,60, 0,24, 0,36, 0,28, 0,12, 0,36, 0,04, 0,80, 1,20, 0,32, 1,68, 0,04, 0,16, 0,04, 0,16, 0,08, 0,44, 0,36, 0,12, 0,20, 0,28, 0,12, 1,00, 0,16, 0,04, 0,56, 0,12, 1,16, 0,24, 0,24, 0,04, 0,40, 0,24, 1,24, 0,24, 0,24, 0,52, 0,36, 0,12, 0,16, 1,24, 0,20, 0,04, 0,48, 0,28, 2,56, 0,20, 0,44, 0,08, 1,04, 0,80, 1,04, 0,32, 0,20, 0,04, 0,60, 0,12, 0,36, 0,64, 0,44, 0,96, 0,16, 0,48, 0,08, 0,32, 0,16, 0,16, 0,48, 0,04, 0,20, 1,00, 0,44, 0,40, 0,88, 0,04, 0,04, 0,48, 0,04, 0,36, 0,08, 0,04, 0,16, 0,36, 0,24, 0,36, 0,12, 0,64, 0,36, 0,24, 0,20, 0,12, 0,28, 0,16, 0,48, 0,40, 0,68, 1,60, 0,40, 0,28, 0,16, 0,20, 0,08, 0,04, 0,88, 0,08, 0,12, 0,16, 0,28, 0,04, 0,08, 0,20, 0,04, 0,32, 0,20, 0,04, 0,36, 0,40, 0,16, 0,52, 0,24, 0,08, 0,16, 0,20, 0,32, 0,08, 0,08, 0,48, 0,12, 0,36, 0,08, 0,28, 0,48, 0,04, 0,16, 0,12, 0,32, 0,12, 0,44, 0,04, 0,92, 0,16, 0,56, 0,08, 0,12, 0,44, 0,40, 0,76, 0,48, 0,04, 0,52, 0,76, 0,12, 0,24, 0,24, 0,60, 0,44, 0,84, 0,04, 1,24, 0,16, 1,04, 0,40, 0,44, 0,32, 0,40, 0,12, 0,48, 0,24, 0,08, 0,28, 0,64, 0,20, 0,20, 0,76, 0,44, 0,72, 0,12, 0,20, 0,12, 1,24, 0,16, 0,08, 0,20, 0,88, 0,24, 0,04, 0,52, 0,28, 0,08, 0,24, 0,12, 0,08, 0,28, 0,72, 0,08, 0,04, 0,16, 0,32, 0,04, 0,12, 0,64, 0,04, 1,36, 0,28, 0,12, 0,08, 0,20, 0,36, 0,44, 0,72, 0,68, 0,04, 0,08, 0,24, 1,04, 1,28, 0,16, 0,96, 0,28, 0,40, 0,12, 0,04, 0,16, 0,32, 0,68, 0,40, 0,16, 0,44, 0,68, 0,64, 0,52, 0,88, 0,20, 0,16, 0,20, 0,48, 0,16, 0,32, 1,32, 0,16, 2,60, 0,12, 0,12, 0,48, 0,16, 0,24, 0,44, 0,08, 0,08, 0,12, 0,16, 0,40, 0,32, 0,68, 0,36, 0,08, 0,48, 0,08, 0,04, 0,28, 0,08, 0,04, 0,64, 1,28, 0,12, 0,12, 0,44, 0,08, 0,28, 0,16, 0,20, 0,04, 0,08, 0,04, 0,04, 0,04, 0,08, 0,20, 0,56, 0,20, 0,68, 0,16, 0,08, 0,44, 0,08, 0,12, 0,04, 0,24, 0,08, 0,92, 0,32, 1,68, 0,68, 0,36, 0,12, 0,40, 0,60, 0,08, 0,32, 0,76, 0,72,

0,52, 1,08, 0,12, 0,12, 0,44, 0,08, 0,32, 0,12, 1,20, 0,76, 0,32, 0,12, 0,28, 0,76, 0,48, 0,20, 0,24, 0,64, 0,12, 1,16, 0,52, 1,20, 0,36, 0,56, 0,64, 0,04, 0,04, 0,36, 0,80, 0,12, 0,28, 0,04, 0,12, 0,16, 0,60, 0,56, 0,16, 0,80, 0,72, 0,96, 0,48, 0,36, 0,48, 0,60, 0,04, 0,08, 0,16, 0,16, 0,28, 0,24, 0,48, 0,28, 0,12, 0,12, 0,36, 0,20, 0,28, 0,16, 1,00, 0,12, 0,32, 0,32, 0,04, 0,56, 0,04, 0,08, 0,92, 0,12, 0,96, 0,04, 0,12, 0,96, 0,40, 0,08, 0,04, 0,08, 3,08, 0,56, 0,24, 0,20, 0,60, 1,08, 0,52, 0,08, 0,12, 1,20, 0,04, 0,20, 0,36, 0,12, 0,08, 0,28, 0,24, 0,72, 0,92, 0,16, 0,08, 0,80, 0,12, 0,64, 0,24, 0,40, 0,04, 0,20, 0,60, 0,04, 0,36, 0,16, 0,40, 0,20, 0,56, 0,64, 0,04, 0,24, 0,28, 0,52, 0,12, 0,08, 0,04, 0,48, 0,20, 0,12, 0,40, 0,56, 0,24, 0,72, 3,16, 0,76, 0,40, 0,20, 0,24, 0,04, 0,04, 0,20, 0,24, 0,92, 0,64, 0,12, 1,52, 0,40, 0,32, 0,16, 0,24, 0,12, 0,52, 0,08, 0,24, 1,20, 0,60, 0,04, 0,32, 0,16, 0,48, 0,56, 1,68, 0,04, 0,36, 0,44, 0,04, 0,08, 1,28, 0,12, 0,48, 1,24, 0,24, 0,20, 1,04, 0,72, 0,04, 0,12, 0,04, 1,12, 0,12, 0,16, 0,04, 0,96, 0,60, 0,44, 0,08, 0,68, 0,36, 1,20, 0,08, 0,20, 0,12, 0,24, 0,32, 0,36, 0,08, 0,36, 0,04, 0,20, 0,12, 0,64, 0,76, 0,12, 0,08, 0,04, 0,16, 0,12, 0,44, 0,24, 0,64, 0,64, 0,04, 0,08, 0,24, 0,36, 0,28, 0,04, 0,76, 0,44, 0,16, 0,84, 0,12, 0,08, 0,32, 0,16, 2,16, 0,08, 0,08, 0,04, 0,28, 0,24, 0,28, 0,36, 0,04, 0,12, 0,12, 0,12, 0,40, 0,32, 0,04, 0,16, 0,40, 0,28, 0,28, 0,04, 1,88, 0,16, 0,04, 0,92, 0,08, 0,24, 0,24, 0,12, 0,08, 0,20, 0,84, 0,36, 0,52, 0,36, 0,16, 0,52, 0,76, 0,16, 0,32, 0,16, 0,28, 0,28, 0,68, 0,60, 0,16, 0,36, 0,44, 0,52, 0,20, 0,80, 0,56, 0,36, 0,76, 0,48, 0,12, 0,28, 0,08, 0,32, 0,16, 0,16, 0,04, 0,32, 0,04, 0,04, 0,04, 0,24, 0,12]