

# Poskusi z žarki X

## Fizikalni Praktikum V

Matevž Demšar

15. 12. 2025

## 1 Uvod

Vaja ima tri glavne cilje:

1. Izmeriti povprečno jakost doze v snopu žarkov X
2. Izmeriti polariziranost primarnih žarkov X
3. Izmeriti polariziranost sipanih žarkov X

Poleg tega bomo poskusili z žarki X slikati nekaj predmetov.

## 2 Meritve

### 2.1 Merjenje jakosti doze snopa

Snop žarkov X pošljemo skozi kondenzator pod napetostjo  $U_0$ . Ko v žarki trčijo v molekule zraka, pride do fotoefekta in molekule zraka se ionizirajo. Napetost med ploščama ionizirane molekule usmeri proti eni od plošč in pride do merljivega električnega toka. Opomniti pa je treba na še eno pomembno podrobnost: ni nujno, da vse molekule dosežejo ploščo kondenzatorja. Pri dovolj velikih hitrostih ekspozicijske doze pride do nasičenja in odvisnost postane konstantna.

Hitrost ekspozicijske doze sicer definiramo kot:

$$\frac{dX}{dt} = \Delta I / \rho \Delta V$$

Tu je  $\Delta I$  izmerjeni tok skozi kondenzator,  $\rho$  gostota zraka in  $\Delta V$  prostornina med ploščama. Gostoto na podlagi temperature zraka v prostoru ocenimo na  $\rho = (1,19 \pm 0,01) \text{ kg/m}^3$ ,  $\Delta V$  pa pridobimo iz dimenzij kondenzatorja: Ta je v obliki trapezne prizme s prostornino  $(640 \pm 30) \text{ cm}^3$ . Na sliko 1 narišimo nekaj grafov hitrosti ekspozicijske doze v odvisnosti od napetosti na kondenzatorju. To storimo pri različnih napetostih na rentgenski cevi, kar označimo kot parameter  $U_0$ .

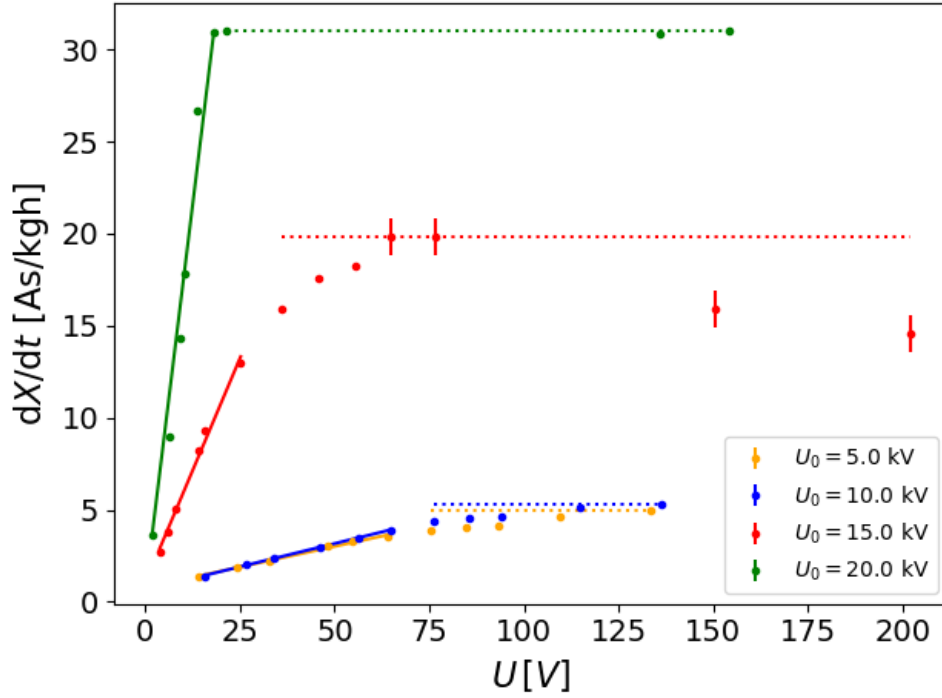
Ker na sliki 1 vidimo, da pri različnih napetostih na rentgenski cevi dobimo različne nasičene vrednosti hitrosti ekspozicijske doze, se seveda lahko vprašamo, za kakšno odvisnost gre. Narišimo nekaj merskih točk  $dX/dt(U_0)$ , na podlagi katerega bomo lahko ocenili to odvisnost. Graf najdemo na sliki 2.

### 2.2 Polariziranost žarkov X

#### 2.2.1 Primarni žarki

Polariziranost merimo tako, da žarke X pošljemo skozi polarizator in z Geiger-Mullerjevim števcem izmerimo število sunkov na fiksni časovni interval (1 s). To storimo pri kotih  $\alpha = 0^\circ$  in  $\alpha = 90^\circ$ , da dobimo  $I_x$  in  $I_z$ , ki nam omogočata izračun polarizacije kot

$$\eta = \frac{I_z - I_x}{I_z + I_x}$$



Slika 1: Lepo vidimo opisani pojav nasičenja: Pri določeni vrednosti  $U$  postane odvisnost  $I(U)$  (iz katere dobimo hitrost ekspozicijske doze) konstantna. Nasičena vrednost je očitno odvisna od napetosti na rentgenski cevi  $U_0$ .

Če je katera od vrednosti  $I_x$  in  $I_z$  enaka 0, govorimo o linearni polarizaciji. Sicer pa je polarizacija porazdeljena po elipsi (ki je v primeru  $\eta = 0$  krožnica, torej  $\eta$  verjetno predstavlja ekscentričnost elipse).

$$\begin{aligned}\alpha = 0^\circ : \quad I_x &= (1930 \pm 30) s^{-1} \\ \alpha = 90^\circ : \quad I_z &= (2150 \pm 40) s^{-1}\end{aligned}$$

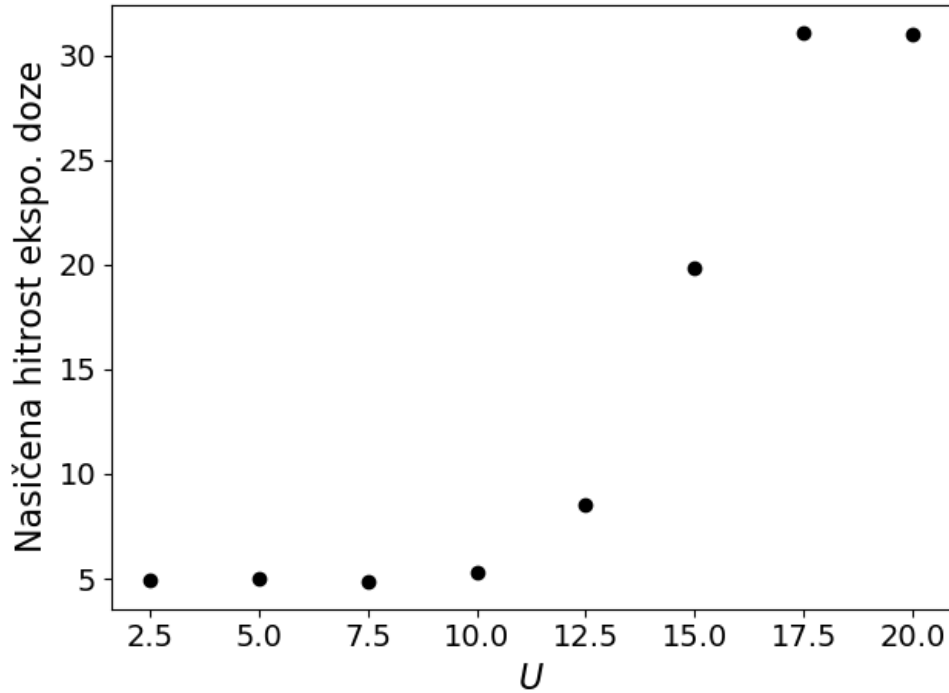
Za primarne žarke tako dobimo  $\eta = 0.054 \pm 0.019$ . Napaka je visoka zaradi raličke  $I_z - I_x$ , primarni izvor napake pa je statistična deviacija števila razpadov.

### 2.2.2 Sipani žarki

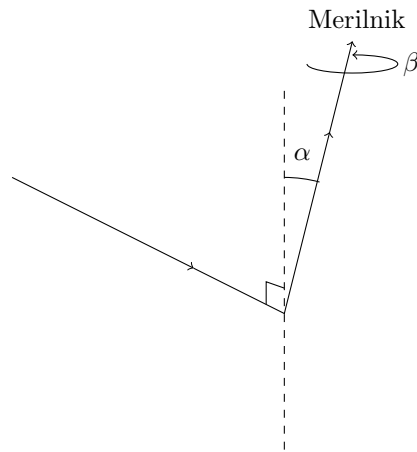
Žarke sipamo pod kotom  $90^\circ$  v smeri  $\alpha \in [0, 90^\circ]$  in nato ponovno izmerimo njihovo polarizacijo v različnih smereh (tokrat označimo kot  $\beta \in [0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ]$ ). Za lažjo predstavbo je bralcu na voljo skica 3.

Meritve  $I(\beta)$  narišemo na graf 4.

Na sliki 4 vidimo, da se  $I(\beta)$  spreminja glede na kot zasuka  $\alpha$ , verjetno v obliki nekakšne faze. S tem se ne bomo preveč ukvarjali, ker nas najbolj zanima polarizacija  $\eta$ . To bomo posebej izračunali pri  $\alpha = 0^\circ$  in  $\alpha = 90^\circ$ .



Slika 2: Takoj opozorimo na dejstvo, da vrednosti nasičenih hitrosti ekspozicijske doze še zdaleč niso natančne, saj smo večino meritev opravili na območju, ko je zveza med hitrostjo ekspozicijske doze in napetosti na kondenzatorju linearna. Za nasičeno dozo torej vzamemo maksimalno izmerjeno vrednost in upamo, da to zadošča. Dobljena odvisnost je na prvi pogled eksponentna, nenavadno pa je, da sta vrednosti pri  $U_0 = 17,5 \text{ kV}$  in  $U_0 = 20,0 \text{ kV}$  enaki.



Slika 3: Skica meritve polarizacije sipanih žarkov.  $\alpha$  predstavlja smer sipanja,  $\beta$  pa smer merjene polariziranosti.

$$\alpha = 0^\circ :$$

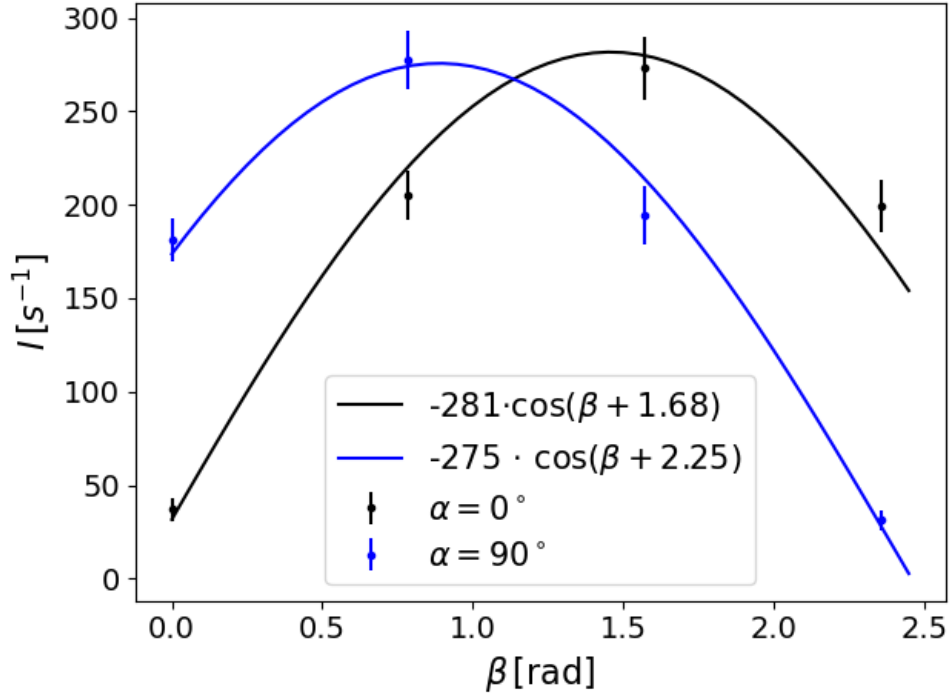
$$\beta = 0^\circ : I_x = (37 \pm 6) [\text{s}^{-1}]$$

$$\beta = 90^\circ : I_z = (273 \pm 17) [\text{s}^{-1}]$$

$$\alpha = 90^\circ :$$

$$\beta = 0^\circ : I_x = (181 \pm 11) [\text{s}^{-1}]$$

$$\beta = 90^\circ : I_z = (194 \pm 16) [\text{s}^{-1}]$$



Slika 4: Na podlagi meritvenih točk sumimo, da gre za kosinusno odvisnost oblike  $I = I_0 \cos(\beta + \delta)$ . Tako parametra  $I_0$  kot  $\delta$  sta načeloma lahko odvisna od  $\alpha$ , je pa odvisnost očitnejša pri  $\delta$ .

Tako izračunamo  $\eta(\alpha = 0^\circ) = 0.76 \pm 0.13$  in  $\eta(\alpha = 90^\circ) = 0.03 \pm 0.07$ .

### 3 Rezultati in zaključek

Pri vaji smo naredili sledeče:

1. Izmerili hitrost ekspozicijske doze v snopu žarkov  $X$  (slike 1) in ocenili, da ima nasičena hitrost ekspozicijske doze eksponentno odvisnost od napetosti na rentgenski cevi (slika 2)
2. Izmerili polariziranost primarnih žarkov kot  $\eta = 0.054 \pm 0.019$ .
3. Izmerili polariziranost sipanih žarkov pri kotih sipanja  $\alpha = 0^\circ$  in  $\alpha = 90^\circ$ . Na sliki 4 smo ocenili tudi porazdelitev polariziranosti  $I(\beta)$ , glavni rezultat tega dela vaje pa je

$$\eta(\alpha = 0^\circ) = 0.76 \pm 0.13$$

$$\eta(\alpha = 90^\circ) = 0.03 \pm 0.07$$