

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za matematiko in fiziko*



Oddelek za fiziko

Sevanje črnega telesa

Poročilo pri fizikalnem praktikumu IV

Kristofer Č. Povšič

Asistentka: Jelena Vesić

Uvod

Planckov zakon nam poda gostoto energije elektromagnetnega valovanja z neko frekvenco ν v votlini pri neki konstantni temperaturi T :

$$w(\nu, T) = \frac{8\pi h\nu^3}{c^3} \frac{1}{\exp \frac{h\nu}{kT} - 1} \quad (1)$$

kjer je h Planckova konstanta in c hitrost svetlobe v vakuumu. Skozi majhno luknjo te votline dobimo najboljši približek sevanja črnega telesa.

Z integracijo Planckovega zakona po frekvenci nam poda Stefanov zakon

$$\frac{P}{S} = \sigma T^4 \quad (2)$$

ki podaja moč, izsevano iz površine S v celoten prostor.

Prepustnost silicijevega filter, s katerim v drugem delu eksperimenta zastremo žarnico, lahko precej dobro opišemo kot stopničasto funkcijo, ki prepušča vse fotone z energijo manjšo kot $E_0 = 1.1\text{eV}$. Analitično nerešljiv integral prepustnosti na prve 3 decimalke in s temperaturo 3000K podaja naslednji približek

$$\frac{P'_{Si}}{P} \approx 1 - \frac{15}{\pi^4} [\ln(1 - e^{-y}) + e^{-y}(3y^2 + 6y + 6)] \quad (3)$$

Zaradi loma na površinah filtra imamo še dodatne izgube, ki jih lahko prestavimo s preprostim faktorjem

$$\eta = \frac{2n}{n^2 + 1} \quad (4)$$

tako da je skozi filter zares prepuščena moč $P_{Si} = \eta P'_{Si}$. Pri tem je n lomni količnik.

Naloga

- Izmerite odvisnost svetlobnega toka halogene žarnice v razponu od rahlega žarenja do maksimalne moči. Pri tem merite tudi moč, ki se troši na žarnici.
- Narišite graf celotne izsevane moči kot funkcijo električne moči.
- Določite električno upornost žarnice kot funkcijo temperature.
- Narišite graf razmerja - skozi Si okno - prepuščenim in nemotenim svetlobnim tokom kot funkcijo temperature žarilne nitke.

Potrebščine

- merilec moči - wattmeter in električni multimeter
- halogena žarnica nazivne moči 30W z nazivno barvno temperaturo 2700K
- nastavljivi transformator - variac
- merilnik sevanja
- plošča iz kristalnega silicija.

Navodilo

Postavim vajo glede na navodila. Z multimetrom izmerim upornost žarilne nitke v žarnici pri sobni temperaturi. Halogeno žarnico priključim na variac, na katerem spreminjam napetost in posledično moč žarnice. Spreminjam moč žarnice v korakih po 5% in si v tabelo zapisujem električno moč, tok in napetost na žarnici ter moč svetlobnega toka. Izmerim tudi moč sevanja, ki doseže detektor skozi okno iz kristalnega silicija, v odvisnost od moči žarnice v istem intervalu kot zgoraj in jo na grafu primerjam s teoretično napovedjo.

Obdelava podatkov

Žarnica se nahaja na razdalji

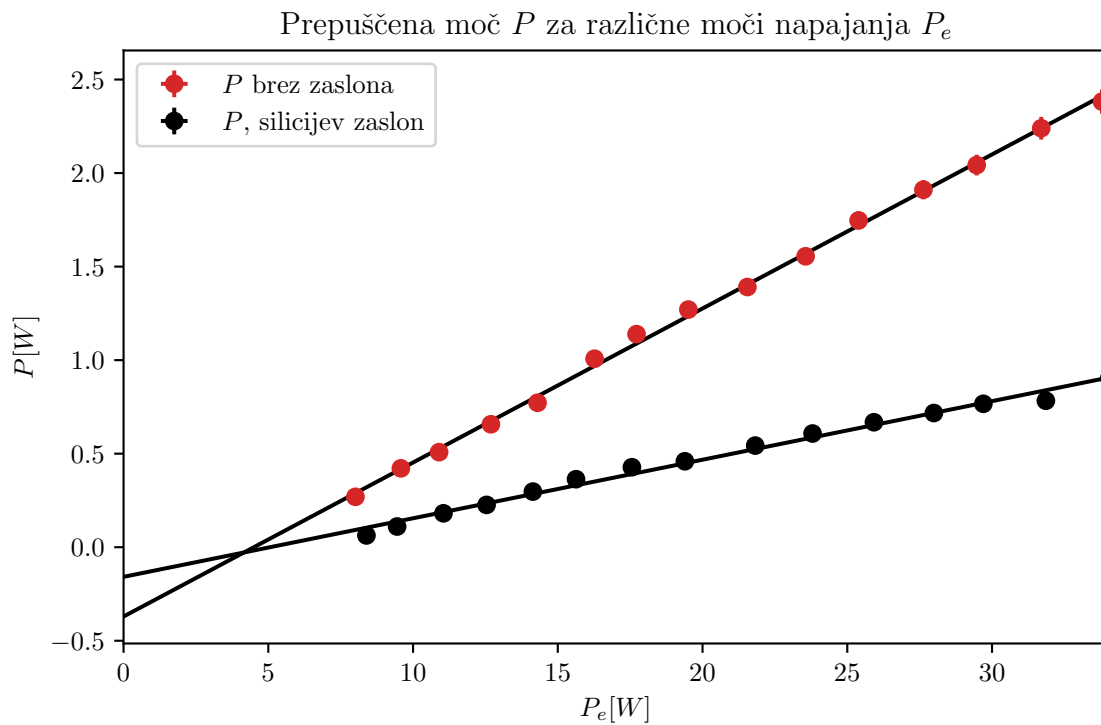
$$d = (74 \pm 1)cm$$

Prostorski kot senzorja izražen z razdaljo in površino senzorja je:

$$\Omega = \frac{S}{d^2} \tag{5}$$

kjer je $S = 1cm^2$. Ko pomerim odvisnost na bolometru zaznane moči $P'(P_e)$ od električne moči, je celotna v prostor izsevana moč žarnice

$$P = \frac{P'}{\Omega} \tag{6}$$



Slika 1: Vsa v prostor izsevana moč žarnice pri različnih električnih močeh

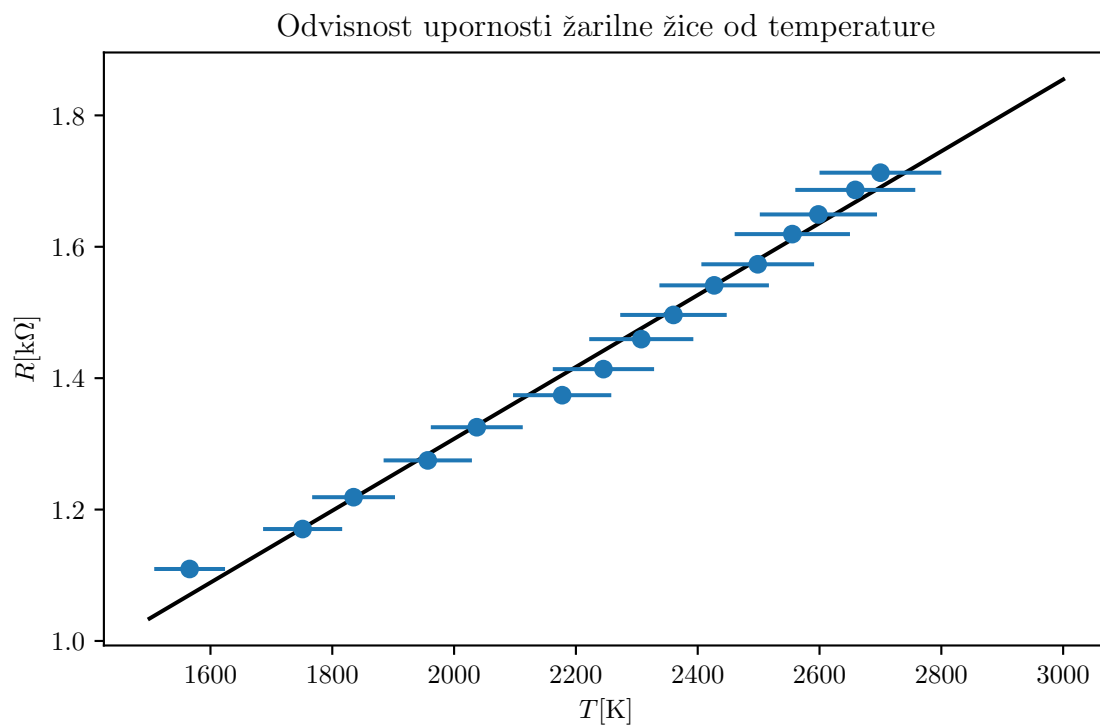
Naklona premice sta

$$k_1 = 0.082 \pm 0.002$$

$$k_2 = 0.031 \pm 0.002$$

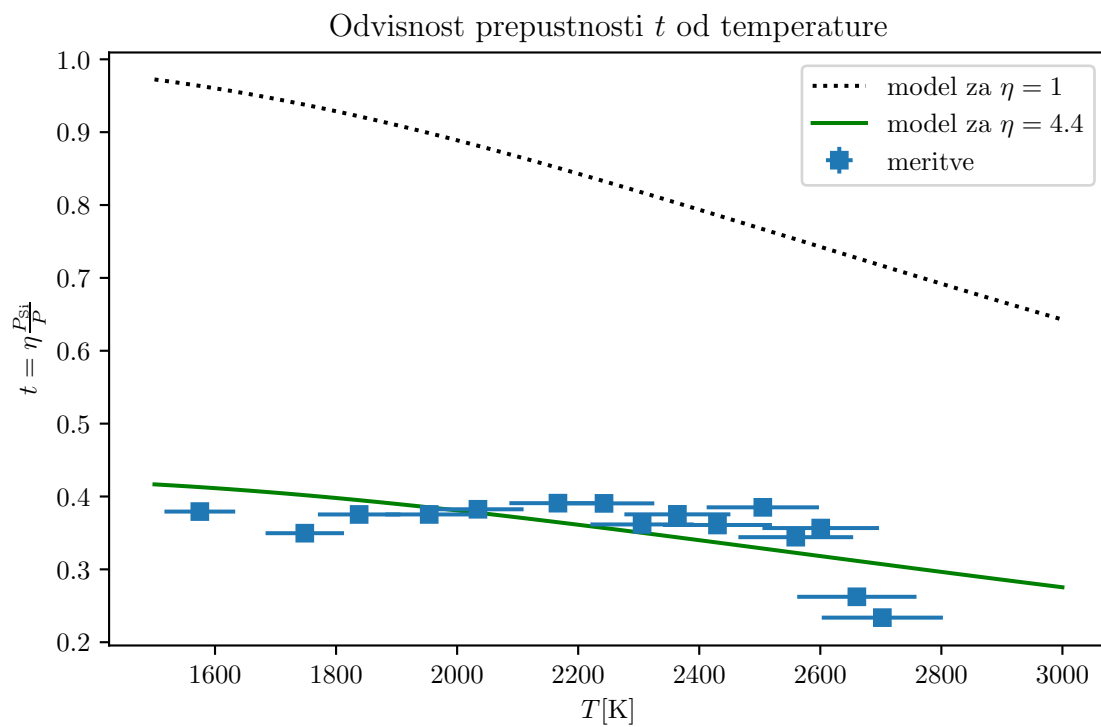
in prvi naklon predstavlja izkoristek te žarnice. Z meritvijo tok in napetosti na žarnici in predpostavka, da ima žarnici pri moči 30W temperaturo žarilne žice $T = (2700 \pm 100)\text{K}$. Upor žarilne žice dobimo preko regresije, kjer velja enačba

$$R(T) = k_T T + R_0 \quad (7)$$



Slika 2: Graf prikazuje odvisnost upornosti žarilne žice od temperature z naklonom $k_T = 0.54 \pm 0.01$ in $R_0 = (210 \pm 30)\Omega$

Preverim še model za prepustnost silicijevega filtra. Ko jo prilagodimo meritvam, dobimo



Slika 3: Izmerjene vrednosti prevodnosti s prilagojeno modelsko krivuljo (neprekinjena črta) in modelsko krivuljo, če ne bi upoštevali odbojev na površinah filtra (črtkana črta)

$$\eta = 0.43 \pm 0.01$$

iz česar izračunamo še lomni količnik silicija

$$n = 4.4 \pm 0.1$$