

Sevanje črnega telesa

Miha Pompe

April 2021

1 Teorija

Gostota energije elektromagnetnega valovanja z neko frekvenco ν v votlini pri konstantni temperaturi T je podana s Planckovo formulo

$$w(\nu, T) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{1}{e^{h\nu/k_B T} - 1}$$

ker je ν frekvenca valovanja, h Planckova konstanta in c hitrost svetlobe v vakuumu. Iz take votline izhaja skozi majhno luknjo najboljši približek sevanja črnega telesa. Gostota energijskega toka skozi luknjico z neko frekvenco je

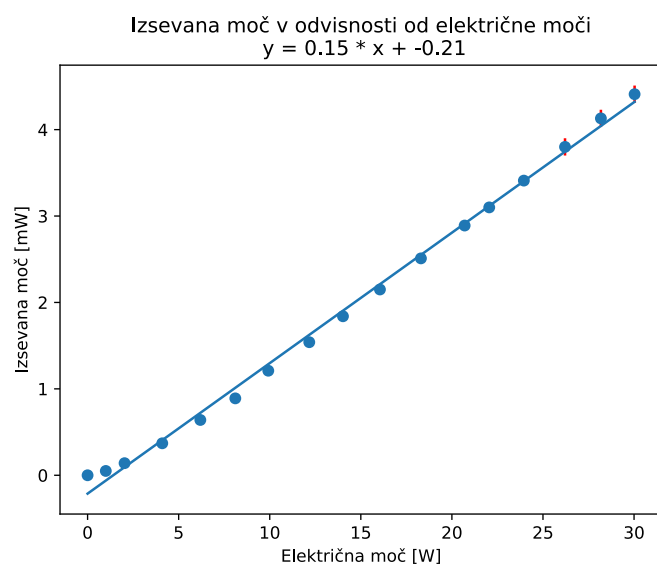
$$j(\nu, T) = \frac{1}{4} c w(\nu, T)$$

Iz luknjice svetloba seva v prostor po Lambertovem cosinusnem zakonu. Tudi volframska nitka v žarnici je dober približek. Za primerjavo, sončna radiacija je približno črno telo pri približno 5800 K.

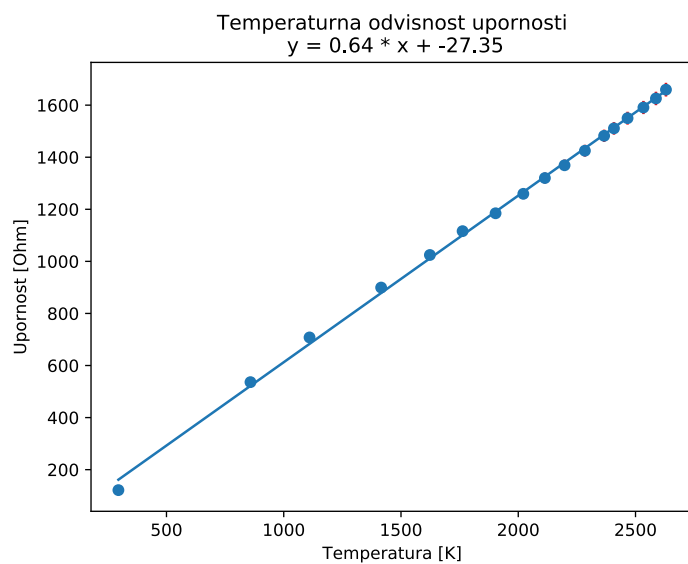
2 Rezultati

Pri vaji smo merili električno moč, napetost in tok na žarnici ter moč izsevane svetlobe. Drugi set meritev smo opravili z dodatkom silicijevega stekla, katerega smo postavili med žarnico in detektor. Z analizo teh podatkov lahko pridemo do naslednjih odvisnosti.

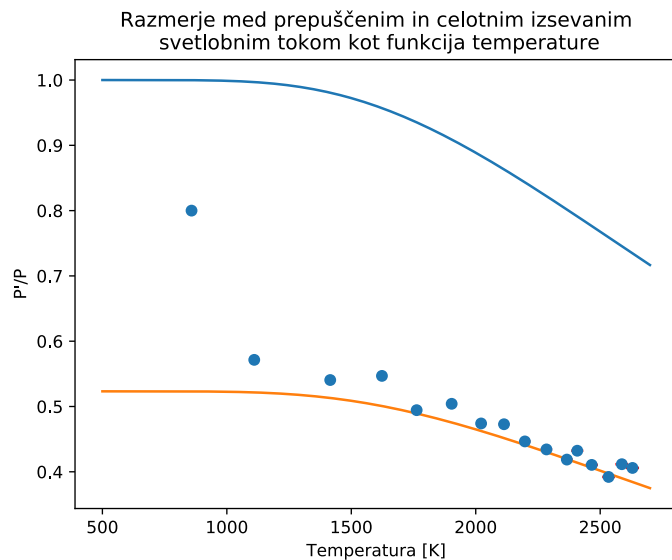
Primerjamo lahko odvisnost med izsevano močjo in električno močjo. Opazimo linearno odvisnost, kar je tudi pričakovano. Ta odvisnost propade pri nižjih močeh, saj takrat žarnica potrebuje več moči, da se segreje in začne oddajati svetlobo. Iz naklona premice bi lahko izračunali izkoristek žarnice.



Graf 1: Izsevana moč v odvisnosti od električne moči.



Graf 2: Temperaturna odvisnost upornosti žarnice.



Graf 3: Razmerje med prepuščenim in celotnim izsevanim svetlobnim tokom kot funkcija temperature.

Merjenje odvisnosti upornosti žarnice od temperature pokaže linearno odvisnost na danem temperaturnem območju. Pri višjih temperaturah bi opazili hitrejša naraščanja upornosti. Temperaturo smo izračunali iz moči preko Stefanovega zakona.

Meritev razmerja prepuščenega in celotnega izsevanega svetlobnega toka se sklada s teoretično vrednostjo skalirano za faktor $T = \frac{2n}{1+n^2}$. Teoretične vrednost je:

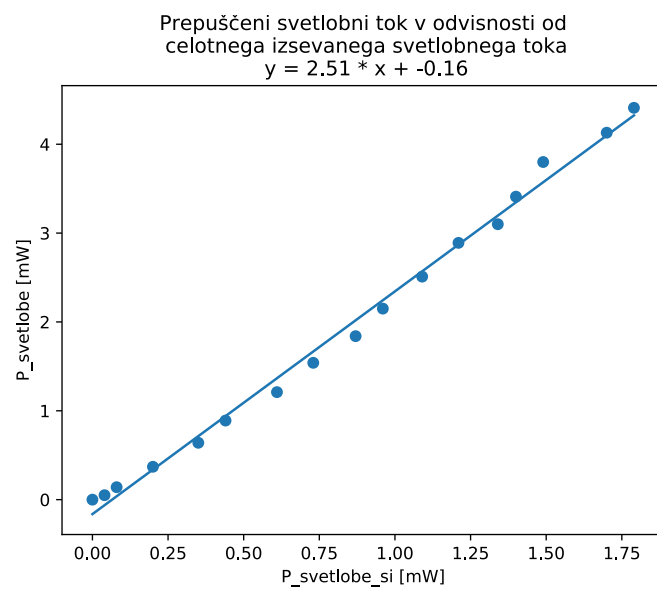
$$\frac{P(T)}{P} = 1 - \frac{15}{\pi^4}(-y^3 \log(1 - e^{-y}) + (6 + 6y + 3y^2)e^{-y}) + O(e^{-y}); y = \frac{1.1\text{eV}}{k_B T}$$

Iz fita zgornje funkcije in skalirnega faktorja bi lahko izmerili lomni količnik Si stekla. Lomni količnik lahko izračunamo iz naklona premice na Grafu 4, vendar le v prvem približku, ko nimamo odvisnosti od temperature.

Napake meritev so predstavljene na grafih, vendar jih je večina manjših od pike, ki predstavlja meritev.

3 Diskusija

Pri vaji smo potrdili teoretično osnovo za sevanje črnega teles v okviru napak. Potrdili smo linearnost odvisnosti izsevane moči od električne moči in



Graf 4: Prepušeni svetlobni tok v odvisnosti od celotnega izsevanega svetlobnega toka

temperaturno odvisnost upornosti, na danem intervalu.