

5.1. Zračenje crnog tijela

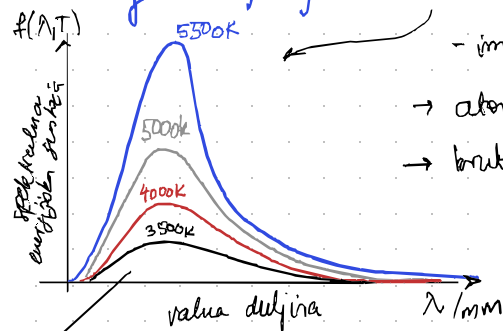
Granice klasične teorije

klasična mehanika — gibanje nebeskih tijela

klasična Termodin. i stat. fiz. — procesi, fuzni prijelazi

klasična EM teorija — uređeni sustav (Maxwell 1860)

Zračenje crnog tijela — kontinuirani spektar $I = \frac{P}{S} = \sigma T^4$



— imamo diskret. spektar i zbrajamo diskret. energije

→ atom bez međudjelovanja = linjski spektar

→ bruto tijelo (atomi povezani s jakim međudjel.) = kontinuirani spektar

klasična teorija predviđa da zračenje
maga rasti u beskonačnost za $\lambda \rightarrow 0$

→ površina ispod krivulje je intenzitet

$$I = \int_0^{\infty} f(\lambda, T) d\lambda = \sigma T^4$$

Srednja energija kvantnog oscilatora

$$\bar{E} = \frac{h\nu}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1}$$

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

Planckova konstanta

→ u dva slučaja koristimo Boltzmannovu
raspodjelu po energijama: $P(E) \propto e^{-\frac{E}{kT}}$

uvrstimo u Rayleigh-Jeansov izot

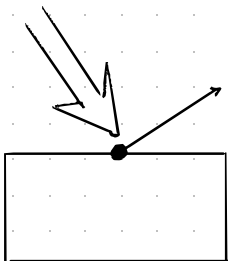
$$f(\lambda, T) = 2\pi c \frac{kT}{\lambda^4}$$

$$f(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1}$$

► Integracijom po kontinuiranoj raspodjeli = klasična distribucija

► Diskretni račun = ovisnost srednje energije o frekvenciji

Fotodelektrični efekt



→ izljuje e^- iz metala prilikom obzraćivanja metala svjetlošću

- pojaćavanjem INTENZITETA nema promjene

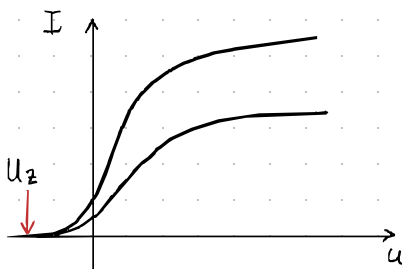
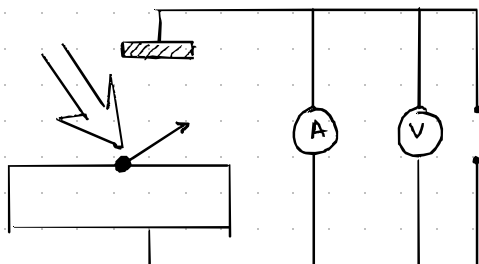
- promjena FREKVENCije → PROMJENA!

→ granična vrijednost ne može se doći povećavanjem intenziteta, već samo promjenom frekvencije

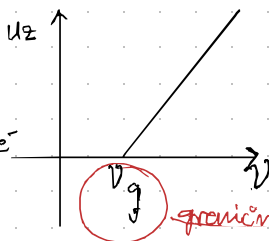
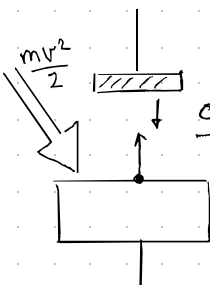
• e^- su slabo vezani

→ pojavu "izlaznog rada" (fotofekta)

• EM val preda energiju elektronima → e^- se oslobađaju iz metala



Zaustavni napon: napon koji treba primijeniti kako bi se zaustavio fotoefekt za neku frekvenciju svjetlosti



→ mjerenja leže na istom principu

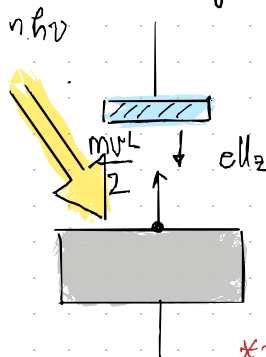
ALI namamo kontinuirani spektar

granična f

ovisi o izlaznom radu

→ e^- neće moći preći preko kada je $\frac{mv^2}{2}$ i eU_z najmanje

Einsteinovo objašnjenje fotod. efekta



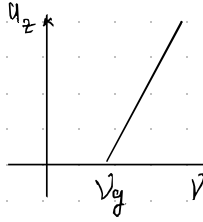
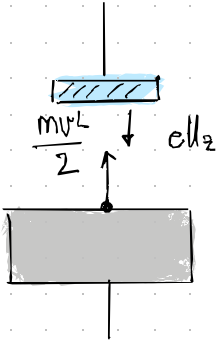
svjetlost predaje energiju po (e^-) u kvantima (dijeli po $h\nu$)
→ čestice prirode = uveli se koncept fotona

• svjetlost se promatra kao naj fotona, svaki energije $E = h\nu$
i količine gibanja $p = \frac{E}{c} = \frac{h}{\lambda}$

• pri interakciji fotona s $e^- \Rightarrow$ foton predaje svu en. $h\nu \rightarrow e^-$

• veći intenzitet svjetlosti znači više fotona ($n h\nu$), no svaki preda energiju pojedinom e^- i dalje je $h\nu$ (ovisi o f)

Fotodelektrni efekt - Einsteinovo objašnjenje



za elektrone maksimalne E_k

$$\frac{mc v^2}{2} = h\nu - h\nu_0 = h\nu - W_i$$

tj. situacija:

kada je E_k koja se predaje e^- toliko istovremeno zaustavljena zaustavnom naponom

$$\frac{mc v^2}{2} = eU_z \rightarrow U_z = \frac{h}{e}\nu - \frac{W_i}{e}$$

što ako $\frac{mv^2}{2} \neq eU_z$

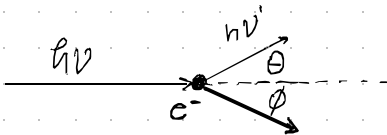
$$h\nu = \underbrace{\frac{mv^2}{2}}_{E_k} + W_i + \underbrace{eU}_{E_{\text{potenc.}}} \rightarrow \text{kada je } \nu = 0 \rightarrow \text{kinetička en. iščezava}$$

eU_z je onda zaustavni potencijal

Comptonov efekt (not that important)

raspršujućim visokom. EM valova na ugljiku pojavljuju se frekv. „pomaknute“ u odnosu na frekv. upadnog zračenja

Compton: pretpostavka fotona-čestice koji se sudara sa $e^- \rightarrow$ raspršuje fotona na e^-



$$\text{ZOE: } E = E'$$

$$\frac{hc}{\lambda} + mc^2 = \frac{hc}{\lambda'} + \gamma mc^2$$

$$\text{ZOKG: } p_x = p'_x \quad p_y = p'_y$$

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{h}{\lambda'} \cos \theta + \gamma m v \cos \phi$$

$$0 = \frac{h}{\lambda} \sin \theta - \gamma m v \sin \phi$$

$$\rightarrow \lambda' - \lambda = \Delta \lambda = \frac{h}{mc} (1 - \cos \theta)$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \quad f = \frac{c}{\lambda}$$