

Zadaci za vježbu, četvrti dio

1 Zadatak: Žarna nit duljine $\ell = 1 \text{ m}$ i promjera $d = 1 \text{ mm}$ priključena je na napon $U = 220 \text{ V}$ te njome teče struja $I = 1 \text{ A}$. Pretpostavljajući da nit apsorbira i emitira termalno zračenje u skladu sa zakonom zračenja crnog tijela te da nisu prisutni drugi mehanizmi odvođenja topline odredi temperaturu niti ako je temperatura okoline $T_0 = 300 \text{ K}$. (Štefan–Boltzmannova konstanta $\sigma = 5.670 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$.)

$$\text{Rj: } T = (T_0^4 + UI/d\pi\ell\sigma)^{1/4} \simeq 1056 \text{ K}$$

2 Zadatak: Odredi silu kojom Sunčev zračenje djeluje na Zemlju pretpostavljajući da Zemlja apsorbira svo zračenje koje na nju pada. Ukupna snaga Sunčeva zračenja (tzv. luminozitet Sunca) $L_\odot = 3.839 \times 10^{26} \text{ W}$, polumjer Zemlje $R = 6371 \text{ km}$, a srednja udaljenost Zemlje od Sunca $a = 149.6 \times 10^6 \text{ km}$. (Brzina svjetlosti $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.)

$$\text{Rj: } F = R^2 L_\odot / 4a^2 c \simeq 5.125 \times 10^8 \text{ N.}$$

3 Zadatak: Pri Comptonovu raspršenju fotona na elektronu, foton je raspršen pod kutem 60° , a njegova energija nakon raspršenja iznosi 0.7 MeV . Odredi energiju fotona prije raspršenja. (Masa elektrona $m_e = 0.511 \text{ MeV}/c^2$.)

$$\text{Rj: } E_{\text{fot.}}' = E_{\text{fot.}}' / (1 - (E_{\text{fot.}}'/m_e c^2)(1 - \cos \theta_{\text{fot.}}')) \simeq 2.222 \text{ MeV}$$

4 Zadatak: Odredi najveću energiju koju elektron može primiti u Comptonovu raspršenju ako je valna duljina fotona prije raspršenja $\lambda = 0.1 \text{ nm}$. (Planckova konstanta $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$, masa elektrona $m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$, brzina svjetlosti $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$, elementarni naboј $e = 1.602 \times 10^{-19}$)

$$\text{Rj: } (\Delta E)_{\text{max}} \simeq 573.9 \text{ eV}$$

5 Zadatak: Proučavanjem fotoelektričnog efekta na uzorku nekog metala uočeno je da svjetlost valne duljine $\lambda_1 = 410 \text{ nm}$ s njegove površine izbacuje elektrone koji savladavaju zaustavni potencijal do $\Delta U_1 = 1 \text{ V}$. Odredi gornju granicu na valnu duljinu svjetlosti koja bi proizvela fotone koji savladavaju zaustavni potencijal $\Delta U_2 = 2 \text{ V}$. (Planckova konstanta $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$, brzina svjetlosti $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$, elementarni naboј $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$.)

$$\text{Rj: } \lambda_2 \leq (1/\lambda_1 + (e/hc)(\Delta U_2 - \Delta U_1))^{-1} \simeq 308.1 \text{ nm}$$

6 Zadatak: Pri prelasku elektrona iz stanja više u stanje niže energije u vodikovu atomu emitiran je foton valne duljine $\lambda \simeq 486$ nm. Odredi glavne kvantne brojeve tih dvaju stanja. (Energija ionizacije vodika $E_I = 13.6$ eV)

Rj: $n = 4, n' = 2$

7 Zadatak: Čestica μ^- (mion) i proton mogu činiti vezano stanje nalik vodikovu atomu. Koristeći Bohrov model atoma procijeni energiju fotona emitiranog prilikom prelaska miona iz prvog pobuđenog u osnovno energijsko stanje na osnovu podataka da energija ionizacije vodikova atoma iznosi približno 13.6 eV te da je masa miona približno 207 puta veća od mase elektrona.

Rj: $E_{21}^{(\mu)} \simeq 2.1$ keV

8 Zadatak: Pretpostavimo da se čestica mase m giba u kružnim orbitama pod djelovanjem privlačne centralne sile čemu odgovara potencijalna energija čestice opisana izrazom

$$E_{\text{pot.}}[r] = \frac{1}{2}kr^2,$$

gdje je k konstanta, a r je udaljenost čestice od središta. U skladu s postulatom o kvantizaciji kutne količine gibanja ($L_n = n\hbar, n = 1, 2, \dots$) izvedi izraz za energijske nivoe čestice.

Rj: $E_n = n\hbar\sqrt{k/m}, n = 1, 2, \dots$

9 Zadatak: Prepostavljajući da sva energija Sunčeva zračenja potiče iz pretvorbe vodika (${}^1_1\text{H}$) u helij (${}^4_2\text{He}$) i pritom zanemarujući energiju nastalih neutrina procijeni masu vodika koju Sunce troši u jedinici jedinici vremena. Ukupna snaga Sunčeva zračenja (tzv. luminozitet sunca) $L_\odot = 3.839 \times 10^{26}$ W, masa vodikova atoma $m^*[{}^1_1\text{H}] = 1.007825$ u, masa helijeva atoma $m^*[{}^4_2\text{He}] = 4.002603$ u, brzina svjetlosti $c = 2.998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.

Rj: $dm/dt = (1 - m^*[{}^4_2\text{He}]/4m^*[{}^1_1\text{H}])^{-1}L_\odot/c^2 \simeq 6.0 \times 10^{11} \text{ kg s}^{-1}$

10 Zadatak: Nekim fizikalnim procesom čija aktivnost A_1 je stalna u vremenu nastaju jezgre aktivnog izotopa 2 s konstantom raspada λ_2 . Odredi ovisnost aktivnosti izotopa 2 o vremenu ako je ona u početnom trenutku bila jednaka nuli.

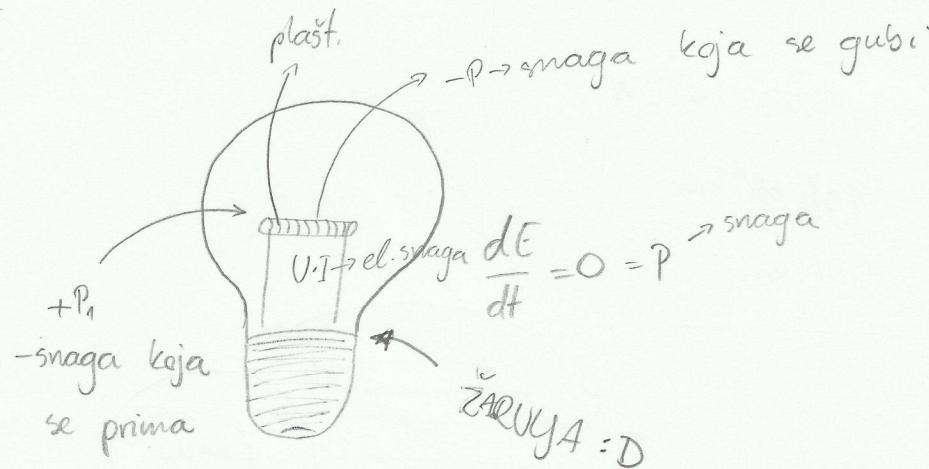
Rj: $A_2[t] = A_1(1 - e^{-\lambda_2 t})$

ZADATAK 1.

$$l = 1 \text{ m}$$

$$d = 1 \text{ mm} \rightarrow \text{pravljjer}$$

$$U = 220 \text{ V}$$



Stef-B: $P_{el} = U \cdot I + S \sigma T_0^4 - S \sigma T^4 = 0$

\rightarrow površina plasta
 $S = d \pi l$

$$T^4 = T_0^4 + \frac{UI}{S\sigma} = T_0^4 + \frac{UI}{d\pi l \cdot \sigma}$$

$$T = 1056 \text{ K}$$

2 ZADATAK

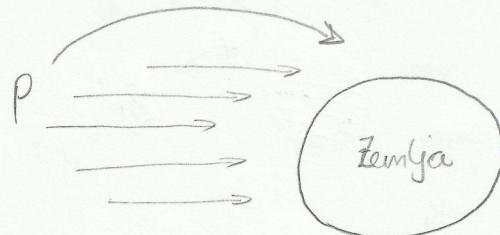
$$L_{\odot} = 3.839 \cdot 10^{26} \text{ W}$$

$$a = 149.6 \cdot 10^6 \text{ km}$$

$$R_{\odot} = 6371 \text{ km}$$

$$F = ?$$

$$F = \frac{dp}{dt}$$



$$\Delta p_z + \Delta p_{aps} = 0$$

$$\Delta p_z = F \cdot \Delta t$$

↳ sile fotona

↳ kolicina gibanja koju zemlja primi

$\Rightarrow 0 \Rightarrow$ jer se sve apsorbiralo

$$\Delta p_{aps} = \sum_{i \in st} (p'_i - p_i)$$

$$= - \sum_{i \in st} p_i = -\Delta p_z$$

$$F = \frac{\Delta p_z}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t} \sum_i p_i$$

$$p_i = \frac{E_i}{c} = \frac{1}{\Delta t} \sum_i \frac{E_i}{c}$$

$$= \frac{1}{c} \frac{\Delta E_{aps}}{\Delta t}$$

$$= \frac{1}{c} P_{aps}$$

$$\frac{P_{aps}}{L_{\odot}} = \frac{Q^2 J}{4a^2 c}$$

$$\Rightarrow F = \frac{Q^2 L_{\odot}}{4a^2 c} = 5.125 \cdot 10^6 \text{ N}$$

ZADATAK 3

↳ svake godine na ispitu



$$\theta = 60^\circ$$

$\lambda' > \lambda \rightarrow$ mora biti, inace je krivo

$$E_{\text{fot}} = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda' < \lambda$$

Comptonova formula

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

$$\frac{hc}{E_{\text{fot}}} - \frac{hc}{\cancel{E_{\text{fot}}}} = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta)$$

$$= \dots \Rightarrow E_{\text{fot}} = \underline{\underline{2.22 \text{ MeV}}}$$

ZADATAK 4

$$\lambda = 0.1 \text{ nm}$$

$$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

...

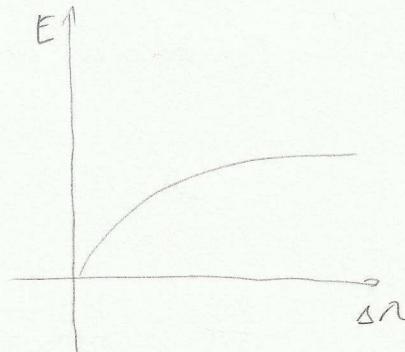
$$\Delta E_{\text{fot}} = ?$$

$$\Delta E_{\text{fot}} = E_{\text{fot}} - E'_{\text{fot}} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} , \text{ iz } \lambda' > \lambda \Rightarrow \lambda' = \lambda + \Delta \lambda$$

$$\Delta E_{\text{fot}} = hc \frac{\Delta \lambda}{\lambda(\lambda + \Delta \lambda)}$$

↳ nema ekstrema,

al onda mako izvucemo tak da
skrivimo da za porast $\Delta \lambda$
raste E , pa uvrstimo $\Delta \lambda_{\text{max}}$



$$\lambda' - \lambda = \Delta \lambda = \left(\frac{h}{m_e c} \right) (1 - \cos \theta)$$

↓ konst.

↳ za $\underbrace{\theta = \pi}_{\text{uvjet ekstrema}} \Rightarrow 1 - \cos \theta = 2$

$$\Delta \lambda_{\text{max}} = \frac{2h}{m_e c}$$

$$\Delta E_{\text{max}} = \frac{2h^2 c}{\lambda (\lambda m_e c + 2h)}$$

ZADATAK 5.

$$E_{\text{tot}} = \frac{hc}{\lambda} \geq W_{\text{iz}} + e \cdot \Delta U \quad \left(+ \frac{mv^2}{2} \right)$$

\hookrightarrow uvjet za f-e efekt

\hookrightarrow kad bi se još

$$\frac{hc}{\lambda_1} = W_{\text{iz}} + e \Delta U_1 \Rightarrow W_{\text{iz}} \dots$$

zadala brzina e^- u rad

$$\frac{hc}{\lambda_2} \geq W_{\text{iz}} + e \Delta U_2$$

$$\geq \frac{hc}{\lambda_1} + e (\Delta U_2 - \Delta U_1)$$

$$\Rightarrow \lambda_2 \leq \left(\frac{1}{\lambda_1} + \frac{e}{hc} (\Delta U_2 - \Delta U_1) \right)^{-1}$$

za samo savlađavanje

$$= 308.1 \text{ m}$$

ZADATAK 6.

$$\lambda \approx 486 \text{ nm} \Rightarrow E_{\text{fot}} = \frac{hc}{\lambda} = 2.55 \text{ eV}$$

$$E_I = 13.6 \text{ eV}$$

↳ razlika izmedu 2 stanja e^-

$$E_n = -\frac{1}{h^2} E_I, \quad n = 1, 2, \dots$$

$$\text{za } n=1 \quad -13.6 \text{ eV}$$

$$\underbrace{\quad}_{n=2} \quad -3.4 \text{ eV}$$

$$\underbrace{\quad}_{n=3} \quad -1.51 \text{ eV}$$

$$\underbrace{\quad}_{n=4} \quad -0.85 \text{ eV}$$

$$n=5 \quad -0.54 \text{ eV}$$

$$E_i - E_j = 2.55 \text{ eV} \quad n=4 \\ n'=2$$

ZADATAK 7.

$$E_{mn} = \left| \frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right| E_I$$

$$E_A = z^2 \cdot E_I$$

↳ E vodika

E nekoj atoma

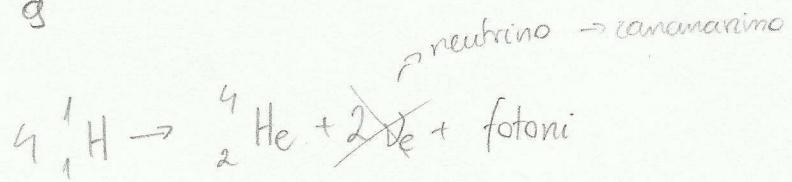
$$\begin{aligned} \rightarrow n &= 1 \\ \rightarrow m &= 2 \end{aligned} \quad E_{21}^{(m)} = \frac{3}{4} E_I^{(n)} = \frac{3}{4} \cdot 204 \cdot E_I = 2.1 \text{ keV}$$

$$\mu_e = \frac{m_e m_p}{m_e + m_p}$$

↳ reducirana masa elektrana

8 → na fer2

ZADATAK 8



$$E_H = \left[m^* [{}^1_1 H] - \frac{1}{4} m^* [{}^4_2 He] \right] c^2$$

\hookrightarrow masa se pretvara u energiju

$$\frac{dm}{dt} = ? = \frac{dm}{dE} \cdot \left(\frac{dE}{dt} \right)$$

$P = L_\odot$

$$\frac{dE}{dm} = \frac{E_H}{m^* [{}^1_1 H]} = \left(1 - \frac{m^* [{}^4_2 He]}{4 m^* [{}^1_1 H]} \right)$$

pa masi vodila

$$\frac{dm}{dt} = \left(\frac{dE}{dm} \right)^{-1} \cdot L_\odot = \left(1 - \frac{m^* [{}^4_2 He]}{4 m^* [{}^1_1 H]} \right)^{-1} \frac{L_\odot}{c^2}$$

= ... neki lor

10. ZADATAK

$$dN_2 = \underbrace{A_1 dt}_{+} - \underbrace{\lambda_2 N_2 dt}_{-}$$

+ → postupanje -

$$\frac{dN_2}{-N_2 + \frac{A_1}{\lambda_2}} = \lambda_2 dt \quad | \int$$

$$-\ln \left[-N_2 + \frac{A_1}{\lambda_2} \right] = \lambda_2 t + C \quad A_2 = \lambda_2 \cdot N_2 \quad (+) \Rightarrow A_2(t)$$

$$A_2(t) = A_1 - \lambda_2 e^{-(\lambda_2 t + C)}$$

$$A_2(0) = 0 \Rightarrow C = \ln \frac{A_2}{A_1}$$

konačno

$$A_2(t) = A_1 \left(1 - e^{-\lambda_2 t} \right)$$