

MASS (B1)

$$\textcircled{1} \quad \lambda_1 = 0,65 \mu\text{m}$$

$$\alpha = 45^\circ$$

$$\lambda_2 = 0,5 \mu\text{m}$$

$$d \sin \theta_1 = m \lambda_1$$

$$d \sin 45^\circ = 2 \lambda_1$$

$$d = 1,84 \mu\text{m}$$

$$d \sin \theta_2 = 3 \lambda_2$$

$$\sin \theta_2 = \frac{3 \lambda_2}{d}$$

$$\theta_2 = 54,7^\circ$$

$$\textcircled{2} \quad y_{MA} = 2,7 \text{ cm}$$

$$y_{MB} = 3,2 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{d_A} = 2000 \text{ m}^{-1}$$

$$\frac{1}{d_B} = ?$$

$$\frac{y_{MA}}{D} = \frac{m \lambda_1}{d_A}$$

$$\frac{y_{MB}}{D} = \frac{m \lambda_1}{d_B}$$

$$\frac{y_{MA}}{y_{MB}} = \frac{d_B}{d_A}$$

$$\frac{1}{d_B} = \frac{1}{d_A} \cdot \frac{y_{MB}}{y_{MA}}$$

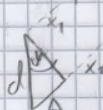
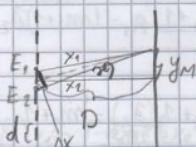
$$\frac{1}{d_B} = 2000 \cdot \frac{3,2}{2,7} = 2370 \text{ m}^{-1}$$

2. Dvije difrakcijske rešetke A i B nalaze se na istoj udaljenosti od zastora. Obasjane su svjetlošću iste valne duljine. Udaljenost između susjednih maksimuma za rešetku A je 2,7 cm, a za rešetku B je 3,2 cm. Rešetka A ima 2000 zareza po metru. Koliko zareza po metru ima rešetka B? (Može se koristiti $\sin \theta \approx \tan \theta$.)

(Rješenje: $1/d_B = 2370,4 \text{ 1/m}$).

1. Svetlost upada okomito na optičku rešetku. Maksimum 2. reda za valnu duljinu $\lambda_1 = 0,65 \mu\text{m}$ se pod kutom 45° . Pod kojim se kutom vidi maksimum 3. reda za valnu duljinu $\lambda_2 = 0,5 \mu\text{m}$?
 (Rješenje: $\theta_2 = 54,697^\circ$).

IZVOD:



$$\tan \theta = \frac{y_M}{d}$$

$$\sin \theta \approx \frac{\Delta x}{d}$$

$$\frac{y_M}{D} = \frac{\Delta x}{d} \Rightarrow \boxed{\frac{y_M}{D} = \frac{m \lambda}{d}}$$

$$E_1 = E_0 \sin(Wt - kx_1)$$

$$E_2 = E_0 \sin(Wt - kx_2)$$

$$E_1 + E_2 = 2 E_0 \sin(Wt - kx_1) \cos \left(\frac{k(x_1 - x_2)}{2} \right)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\frac{2\pi}{\lambda} \Delta x = m\pi$$

$$\Delta x = m\lambda$$

$$\textcircled{3} \quad R = 1 \text{ m} \\ t = 20^\circ\text{C} \Rightarrow T = \quad \text{K}$$

$$P = ?$$

$$I = \sigma T^4$$

$$\frac{P}{S} = \sigma T^4$$

$$P = 4\pi R^2 \sigma T^4 = 5262 \text{ W}$$

3. Crno tijelo ima oblik sfere polumjera $R = 1 \text{ m}$ i temperaturu 20°C . Izračunajte snagu zračenja tog crnog tijela.
(Rješenje: $P = 5262 \text{ W}$).

$$\textcircled{4} \quad T_s = 5700 \text{ K}$$

$$T_z = 20^\circ\text{C}$$

$$R_s = 7 \cdot 10^5 \text{ km}$$

$$I = \sigma T^4$$

$$P_s = 4\pi R_s^2 \sigma T_s^4$$

$$P_z = 4\pi R_z^2 \sigma T_z^4$$

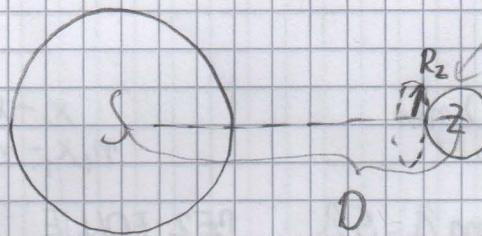
$$I = \frac{P_s}{4\pi D^2} = \frac{P_A}{R_z^2 \pi}$$

$$P_A = P_z$$

$$\frac{4\pi R_s^2 \sigma T_s^4}{4\pi D^2} = \frac{4\pi R_z^2 \sigma T_z^4}{R_z^2 \pi}$$

$$D^2 = \frac{T_s^4}{T_z^4} \frac{R_s^2}{4}$$

$$D = \left(\frac{T_s}{T_z}\right)^2 \frac{R_s}{2} = 132,5 \cdot 10^6 \text{ km}$$



gleda se samo
zraka
zračenje
jer je to
jedini
čim koji
prava
zračenje

4. Prepostavite da Sunce zrači kao crno tijelo temperature $T_s = 5700 \text{ K}$. Na kojoj udaljenosti od Sunca bi trebala biti Zemlja u slučaju da zrači kao crno tijelo (sobne) temperature $T_z = 20^\circ\text{C}$. Uzmite da je polumjer Sunca jednak $R_s = 7 \cdot 10^5 \text{ km}$, te rezultat usporedite sa stvarnom udaljenošću između Zemlje i Sunca $D = 150 \cdot 10^6 \text{ km}$.
(Rješenje: $D = 132,5 \cdot 10^6 \text{ km}$).

$$\textcircled{5} \quad \frac{E}{t} = 5.7 \cdot 10^9 \text{ J}$$

$$t = 1 \text{ min}$$

$$\lambda_M = 710 \text{ nm}$$

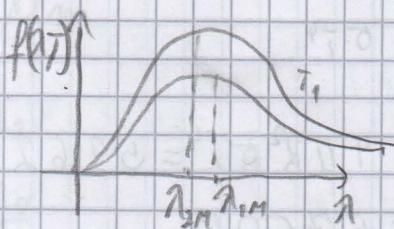
$$P = \frac{E}{t} = 95 \cdot 10^6 \text{ W}$$

$$\frac{P}{S} = \sigma T^4$$

$$S = \frac{P}{\sigma T^4} \quad \lambda_M T = k_w$$

$$T = \frac{k_w}{\lambda_M}$$

$$S = 6 \text{ m}^2$$



$$\textcircled{6} \quad \lambda = 480 \text{ nm}$$

$$n = 1.56$$

$$x_1 - x_2 = m\lambda$$

$$n_1 x_1 - n_2 x_2 = m\lambda$$

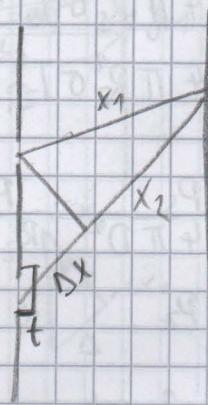
$$|x_1 - x_2| = m\lambda = 5\lambda \quad \text{BEZ FOLJE}$$

$$x_1 - (x_2 - t) - nt = \frac{2m-1}{2}\lambda \quad \text{S FOLJOM}$$

$$x_1 - x_2 = 5\lambda \quad x_1 - x_2 + t - nt = \frac{3}{2}\lambda$$

$$5\lambda + t(1-n) = \frac{3}{2}\lambda$$

$$t = \frac{\lambda}{1-n} \left(\frac{3}{2} - 5 \right) = 3 \mu\text{m}$$



6. U Youngovu pokusu dvije su pukotine obasjane monokromatskom svjetlošću valne duljine 480 nm. Prekrije li se jedna pukotina tankom folijom čiji je indeks loma 1,56 drugi minimum se pomakne na mjesto prijašnjeg petog maksimuma. Kolika je debljina folije?
(Rješenje: $t = 3 \mu\text{m}$).

P42

14

$$\lambda = 532 \text{ nm}$$

$$P = 5 \text{ mW}$$

$$W_i = 2,14 \text{ eV}$$

$$N_e = 0,6 N_F$$

$$h\nu > W_i$$

$\frac{h\nu}{\pi} > W_i$ - ako ne vrijedi, nema struje, gubitak zadatka

$$\frac{\Delta E}{\Delta N_F} = h\nu$$

$$dE = h\nu dN_F/dt$$

$$\frac{dE}{dt} = h\nu \frac{dN_F}{dt}$$

$$\frac{dN_F}{dt} = \frac{h\nu}{P}$$

$$\frac{dN_F}{dt} \cdot 0,6 = \frac{dN_e}{dt}$$

$$I = \frac{dQ}{dt} = e \frac{dN_e}{dt}$$

$$I = e \cdot 0,6 \cdot \frac{P}{h\nu}$$

$$I = e \cdot 0,6 \cdot \frac{P}{h\nu} = 1,29 \text{ mA}$$

15

$$M = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$R = 7 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$T = 5700 \text{ K}$$

$$t = ?$$

$$I = \sigma T^4$$

$$\frac{P}{S} = \sigma T^4$$

$$P = 4\pi r^2 \sigma T^4 = \text{konst.}$$

$$\frac{dE}{dt} = P \quad \frac{E}{t} = P$$

$$E = Mc^2$$

$$E_{1\%} = 0,01 M c^2 = P \cdot t$$

14. Snop monokromatske svjetlosti valne duljine 532 nm i snage 5 mW pada na pločicu cezija (izlazni rad je 2.14 eV). Ako je između pločice cezija (fotokatoda) i anode narinut napon koji ubrzava izbačene elektrone, te ako je vjerojatnost da će upadni foton uzrokovati fotoelektrični efekt 60%, kolika je struja koja teče između katode i anode?

(Rješenje: $I = 1,29 \text{ mA}$).

15. Izračunajte za koliko vremena će se masa Sunca smanjiti za 1% ako Sunce zrači kao crno tijelo. Masa Sunca je $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$, polumjer Sunca je $7 \cdot 10^8 \text{ m}$, a temperatura Sunca je 5700 K.

(Rješenje: $t = 4,88 \cdot 10^{18} \text{ s}$).

$$t = \frac{0,01 \cdot M c^2}{P}$$

$$t = 4,88 \cdot 10^{18} \text{ s}$$

(16)

$$\lambda_2 = 100 \text{ pm}$$

$$\lambda_1 = 50 \text{ nm}$$

$$E^2 = \frac{h^2 c^2}{\lambda^2} + m^2 c^4$$

$$P = \frac{h}{\lambda}$$

$$E_1 = \sqrt{\frac{h^2 c^2}{\lambda_1^2} + m^2 c^4}$$

$$E_2 = \sqrt{\frac{h^2 c^2}{\lambda_2^2} + m^2 c^4}$$

$$\Delta E = E_1 - E_2 = \sqrt{\frac{h^2 c^2}{\lambda_1^2} + m^2 c^4} - \sqrt{\frac{h^2 c^2}{\lambda_2^2} + m^2 c^4}$$

$$= 449 \text{ eV}$$

ili:

$$\Delta E = \frac{n_1^2}{2m} - \frac{n_2^2}{2m} = \frac{h^2}{2m\lambda_1^2} - \frac{h^2}{2m\lambda_2^2} = 452 \text{ eV}$$

(17)

$$\lambda_1 = 400 \text{ nm}$$

$$E_1 = 1,10 \text{ eV}$$

$$\lambda_2 = 300 \text{ nm}$$

17. Kad ultraljubičasta svjetlost valne duljine 400 nm pada na metalnu površinu, maksimalna kinetička energija emitiranih fotoelektrona je 1,10 eV. Kolika je maksimalna kinetička energija fotoelektrona kad svjetlost valne duljine 300 nm pada na tu površinu?
(Rješenje: $E = 2.135 \text{ eV}$).

$$h\nu = E + W_i$$

$$\frac{h\nu}{\lambda_1} = E_1 + W_i \Rightarrow W_i = \frac{h\nu}{\lambda_1} - E_1 = 2,006 \text{ eV}$$

$$= 2,01 \text{ eV} \quad (\text{za dane 2 deči znamenke})$$

$$\frac{h\nu}{\lambda_2} = E_2 + W_i \Rightarrow E_2 = \frac{h\nu}{\lambda_2} - W_i = 2,14 \text{ eV}$$

18. Svjetlost koja se sastoji od dva monokromatska zračenja valnih duljina $\lambda_1 = 700 \text{ nm}$ i $\lambda_2 = 500 \text{ nm}$ upada na tanku pločicu indeksa loma $n = 1.5$. U reflektiranoj svjetlosti, ispunjenje uvjeta maksimuma m -tog reda svjetlosti valne duljine λ_1 i $(m+1)$ reda svjetlosti valne duljine λ_2 dobiva se pod upadnim kutom 45° . Izračunajte debljinu pločice.
(Rješenje: $d = 661 \text{ nm}$).

$$2d \sqrt{n^2 - \sin^2 45^\circ} = 2m + 1 \lambda_1$$

$$m = \frac{3\lambda_2 - \lambda_1}{2(\lambda_1 - \lambda_2)}$$

$$2d \sqrt{n^2 - \sin^2 45^\circ} = 2(m+1) + 1 \lambda_2$$

$$m = 2$$

$$(2m+1)\lambda_1 = (2m+3)\lambda_2$$

$$d = \frac{5}{2} \frac{\lambda_1}{\sqrt{n^2 - \sin^2 45^\circ}} = 661 \text{ nm}$$

$$2m(\lambda_1 - \lambda_2) = 3\lambda_2 - \lambda_1$$

(19) $R = 5 \text{ nm}$
 $\lambda = 200 \text{ nm}$
 $W_i = 4,7 \text{ eV}$

19. Izolirana bakrena sfera polujmjera 5 cm, početno nenabijena, osvjetljena je ultraljubičastom svjetlošću valne duljine 200 nm. Izlazni rad bakra je 4.7 eV. Koliki najveći naboj fotoelektrični efekt inducira na sferi.
(Rješenje: $Q = 8.73 \cdot 10^{-12} \text{ C}$).

$$\frac{hc}{\lambda} = E_k + W_i \Rightarrow E_k = \frac{hc}{\lambda} - W_i = 1,57 \text{ eV}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{eQ}{R} = E_k \Rightarrow Q = \frac{R \cdot 4\pi\epsilon_0 \cdot E_k}{e} = 8.73 \cdot 10^{-12} \text{ C}$$

(20) $U(x) = \frac{kx^2}{2}$

$$\psi(x) = A e^{-\alpha x^2}$$

$$dE = ?$$

$$\frac{\hbar^2}{2m} + U = E / \circ \psi$$

$$E \rightarrow i\hbar \frac{\partial}{\partial t}$$

$$p = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$$

IMAGINARNA
EDINICA $i = \sqrt{-1}$

$$\frac{-\hbar^2}{2m} \psi'' + U(x)\psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} \quad \gamma = |\psi(t)|$$

$$\boxed{\frac{-\hbar^2}{2m} \cdot \frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} + U(x)\psi(x) = E\psi(x)}$$

$$\int |\psi|^2 dx$$

$$\psi(t) \psi^*(t) = |\psi(t)|^2 = 1$$

$$\psi(x) = A e^{-\alpha x^2} (-2\alpha x)$$

$$\psi'(x) = -2A\alpha x e^{-\alpha x^2} + 4A\alpha^2 x^2 e^{-\alpha x^2}$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} A e^{-\alpha x^2} (4\alpha x^2 - 2\alpha) + \frac{k\alpha}{2} A e^{-\alpha x^2} = E A e^{-\alpha x^2}$$

$$\boxed{-2\frac{\hbar^2 \alpha^2}{m} x + \frac{\hbar^2 \alpha}{2m} \cdot \frac{(kx)^2}{2} - E = 0}$$

$$\frac{\hbar^2}{m} \frac{d}{dx} = E$$

$$-\frac{2\hbar^2 L^2}{m} = -\frac{\hbar^2}{2}$$

$$L = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$E = \frac{1}{m} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{1}{2} \hbar \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$E = \frac{1}{2} \hbar w$$

(21) $\psi_1(x) = 0 \quad x < 0$

$$\psi_2(x) = A \sqrt{2} e^{-\frac{x}{4}} \quad x \geq 0$$

$$L = 1 \text{ nm}$$

a) $\int_{-\infty}^{\infty} \psi_1^2 dx = 1$

$$\int_{-\infty}^0 \psi_1^2(x) dx + \int_0^{\infty} \psi_2^2(x) dx = 1$$

$$\int_0^{\infty} A^2 2 e^{-\frac{2x}{L}} dx = A^2 2 \left(-\frac{L}{2}\right) e^{-\frac{2x}{L}} \Big|_0^{\infty}$$

$$= A^2 L = 1$$

$$A = \frac{1}{\sqrt{L}}$$

b) $\int_L^{\infty} \frac{1}{L} e^{-\frac{2x}{L}} dx = \frac{2}{L} \left(-\frac{L}{2}\right) e^{-\frac{2x}{L}} \Big|_L^{\infty}$

$$= 0 + e^{-\frac{2L}{L}} = e^{-2}$$

21. Jednodimenzionalna kvantomehanička čestica opisana je valnom funkcijom:

$$\begin{aligned} \psi(x) &= 0 & x < 0, \\ \psi(x) &= A \sqrt{2} e^{-\frac{|x|}{L}} & x \geq 0. \end{aligned}$$

gdje je $L = 1 \text{ nm}$.

a) Normiranjem valne funkcije izračunajte konstantu A .

b) Izračunajte vjerojatnost nalaženja čestice u području $x \geq 1 \text{ nm}$.
(Rješenje: $A = \frac{1}{\sqrt{L}}$, $P = e^{-2}$).

$$(2) \psi(x) = Ax e^{-ax} \quad x \geq 0$$

$$\int_0^\infty A^2 x^2 e^{-2ax} dx = 1$$

$$= A^2 \left(-\frac{x^2}{2a} - \frac{2x}{4a^2} - \frac{2}{8a^3} \right) e^{-2ax} \Big|_0^\infty$$

$$1 = A^2 \cdot \left(\frac{1}{4a^3} \right) \quad A = 2\sqrt{a^3}$$

22. Normirajte valnu funkciju:

$$\psi(x) = \begin{cases} 0, & \text{ako } x < 0, \\ Axe^{-ax}, & \text{ako } x \geq 0, \end{cases}$$

gdje je $a > 0$ neka konstanta.

(Rješenje: $A = 2\sqrt{a^3}$).