

7. travnja 2005.

ŽUPANIJSKO NATJECANJE IZ FIZIKE
Srednje škole – 4. grupa

Zadatak 1. (10 bodova)

Za leću žarišne daljine f izračunajte najmanju moguću udaljenost između predmeta i njegove realne slike! Osim aritmetički, zadatak možete riješiti i grafički, ili i nekom trećom metodom.

Zadatak 2. (10 bodova)

Iz tankera se izlila nafta i rasporedila po površini mora. S visine iz helikoptera ustanovljeno je da je mrlja kružna i da joj je promjer 90km. Preljetanjem cijele mrlje i promatranjem okomito na njenu površinu uočeno je da se boja mrlje mijenja od zelene (528nm) pri rubu do crvene (648nm) na sredini mrlje i to tako da se valna duljina najintenzivnije reflektirane svjetlosti mijenja linearno u navedenom intervalu te ne dolazi do ponavljanja boja. Mrlja je najdeblja na sredini, a najtanja na rubu. Koliko se nafte izlilo iz tankera ako je poznato da je on nosio najviše 1000 tona nafte? Zašto je važan podatak o maksimalnoj nosivosti? Gustoća nafte je 910kg/m^3 , a indeks loma 1,48. Indeks loma morske vode je 1,33.

Zadatak 3. (10 bodova)

Sunce zrači približno kao crno tijelo temperature 5700K. Savršeno crna bakrena sfera nalazi se na udaljenosti 1a.j. (astronomska jedinica) od Sunca, a gotovo isto toliko je od Sunca udaljena i Zemlja. Kolika je ravnotežna temperatura sfere? Kutni promjer Sunca gledano sa Zemlje je $0,5^\circ$. Kad ne bi bilo stakleničkog efekta, ali i drugih "realnosti" Zemlje, i ona bi postigla toliku temperaturu.

Zadatak 4. (10 bodova)

Vodikov atom koji je u osnovnom stanju sudara se s drugim atomom vodika koji je također u osnovnom stanju i miruje. Kolika je najmanja brzina prvog atoma za koju bi sudar mogao biti neelastičan? Energija ionizacije je 13,6eV.

Zadatak 5. (10 bodova)

Pretpostavite da je udaljenost ravnina kristalne rešetke moguće određivati difrakcijom snopa elektrona. Kut otklona zrake pri kojem se javlja Braggov maksimum refleksije u prvom redu difrakcije iznosi 46° . Koliki se razmak ravnina dobije u slučaju ako se zanemari relativistički efekt u snopu elektrona i u slučaju ako se on ne zanemari. Brzina elektrona u snopu je $1,5 \cdot 10^7\text{m/s}$, a masa mirovanja $9,11 \cdot 10^{-31}\text{kg}$.

Konstante:

Planckova konstanta: $h=6,626 \cdot 10^{-34}\text{Js}$

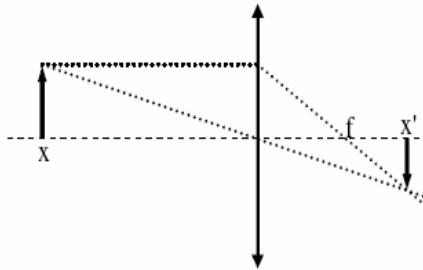
brzina svjetlosti: $c=3 \cdot 10^8\text{m/s}$

elementarni naboj: $e=1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$

Županijsko natjecanje iz fizike 2005
Srednja škola - 4. grupa - rješenja zadataka i bodovanje

Zadatak 1. (10 bodova)

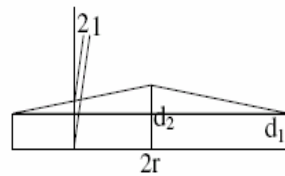
Slika: 1bod

Za udaljenost predmeta od leće x i slike od leće x' vrijedi $\frac{1}{x} + \frac{1}{x'} = \frac{1}{f}$ (f je žarišna dalj.) 1bodAko je slika realna, onda su $x, x' > 0$, pa je udaljenost slike od predmeta $d = x + x'$. 1bodIz jednadžbe leće slijedi $x' = \frac{xf}{x-f}$ pa je

$$d = x + \frac{xf}{x-f} = \frac{x^2}{x-f}. \quad \text{2boda}$$

Minimalna vrijednost za d dobije se za onaj x za koji je derivacija jednaka nuli.

$$\frac{dd}{dx} = \frac{x^2 - 2fx}{(x-f)^2} = 0, \text{ tj. za } x = 2f. \quad \text{3boda}$$

Za taj x je $d = 4f$, što je najmanja udaljenost slike od predmeta. 2bodaCrtanjem različitih situacija ($x < f, x > f, x > 2f, \dots$) može se lako doći do zaključka da slika i predmet mogu biti međusobno najbliži $4f$ i to kad su i slika i predmet na udaljenosti $2f$ od leće. I to se priznaje kao potpuno rješenje, pod uvjetom da su nacrtani svi slučajevi potrebni za zaključak.**Zadatak 2. (10 bodova)**

Presjek mrlje dan je na slici. 0,5boda

Iznad nje i pored nje je zrak, a ispod nje more.

Sloj će biti one boje za čiju se valnu duljinu ostvari konstruktivna interferencija zraka 1 i 2. 1bod

Razlika optičkih puteva zraka 1 i 2 je $\Delta = 2nd - \frac{\lambda}{2}$, 1bodgdje $\lambda/2$ dolazi zbog refleksije zrake 2 na optički gušćem sredstvu, $n=1,48$ je indeks loma nafte, a d je debljina sloja nafte.Za konstruktivnu interferenciju mora biti $2nd - \frac{\lambda}{2} = k\lambda$, gdje je $k=0,1,2,3,\dots$ 1bodZnači da debljina sloja na mjestu gdje mrlja ima boju valne duljine λ iznosi $d = \frac{\lambda(k+1/2)}{2n}$. 1bodAko λ raste linearno od ruba do sredine, onda i debljina sloja raste također linearno, pa je mrlja spoj valjka i stošca (čiji je presjek dan na slici). 0,5bodaVolumen takvog tijela je $V = d_1 r^2 \pi + \frac{1}{3}(d_2 - d_1)r^2 \pi = \left(\frac{2}{3}d_1 + \frac{1}{3}d_2\right)r^2 \pi$, 1bodgdje je $r=45\text{km}$ polumjer mrlje, $d_1=132\text{nm}$ (zbog $\lambda_1=528\text{nm}$ i $k=0$), $d_2=162\text{nm}$ (zbog $\lambda_1=648\text{nm}$ i $k=0$). 1bodTada je volumen $V=903\text{m}^3$, a masa $m=\rho V=822$ tone. 1bodZa $k=1$ mrlja bi izgledala istih boja, no tada bi visine bile 3 puta veće, a time i volumen, ali tanker nije nosio toliko nafte, pa je ovo izračunato i jedino rješenje. 2boda**Zadatak 3. (10 bodova)**Sunce zrači snagom $P = 4\pi R_s^2 \sigma T_s^4$ (T_s je temperatura površine, a R_s polumjer Sunca). 1bod

7. travnja 2005.

Intenzitet na udaljenosti d od njegovog središta iznosi $I = \frac{4\pi R_s^2 \sigma T_s^4}{4\pi d^2}$. **1bod**

Sfera apsorbira zračenje kao krug polumjera r , **1bod**

pa je apsorbirana snaga $P_a = Ir^2\pi = \frac{R_s^2 \sigma T_s^4}{d^2} \cdot \pi r^2$. **1bod**

Sfera zrači jednoliko u svim smjerovima snagu $P_z = 4\pi r^2 \sigma T^4$. **1bod**

U ravnoteži apsorbirana snaga je emitirana, **1bod**

pa se iz $P_a = P_z$ dobije $T = T_s \sqrt[4]{\left(\frac{R_s}{2d}\right)^2}$. **1bod**

Kutni promjer Sunca je $\varphi = \frac{2R_s}{d}$, koji inače iznosi $\varphi = 0,5^\circ = 0,008727\text{rad}$. **1bod**

Slijedi $T = T_s \frac{\sqrt{\varphi}}{2} = 266,2\text{K}$. **2boda**

Zadatak 4. (10 bodova)

Do neelastičnog sudara atoma dolazi kada je kinetička energija takva da se jedan atom pobudi u prvo pobuđeno stanje. **1bod**

To znači da se od kinetičke energije potroši $Q = -13,6\text{eV} \cdot \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{1^2}\right) = 1,163 \cdot 10^{-18}\text{J}$. **2boda**

v_0 je početna brzina prvog atoma, v_1 (v_2) brzina prvog (drugog) atoma nakon sudara.

Zakon očuvanja energije je $\frac{m}{2}v_0^2 = \frac{m}{2}v_1^2 + \frac{m}{2}v_2^2 + Q$. **1bod**

Zakon očuvanja količine gibanja je $m\bar{v}_0 = m\bar{v}_1 + m\bar{v}_2$. **1bod**

Uvrštavanjem $\bar{v}_1 = \bar{v}_0 - \bar{v}_2$ u očuvanje energije dobije se $Q = m\bar{v}_0 \cdot \bar{v}_2 - m\bar{v}_2^2$, a uvrštavanjem

$\bar{v}_2 = \bar{v}_0 - \bar{v}_1$ dobije se $Q = m\bar{v}_0 \cdot \bar{v}_1 - m\bar{v}_1^2$. **1bod**

Za zadanu početnu brzinu najveći Q dobije se kad su sve brzine u istom smjeru, što znači da brzine moraju biti u istom smjeru i da bi se najmanjom početnom brzinom ostvario potreban Q . **1bod**

Očito je i da iznosi brzina v_1 i v_2 nakon sudara moraju biti isti. To znači da je $v_1 = v_2 = \frac{v_0}{2}$. **1bod**

Iz očuvanja energije $\frac{m}{2}v_0^2 = \frac{m}{2} \frac{v_0^2}{4} + \frac{m}{2} \frac{v_0^2}{4} + Q$ slijedi $v_0 = \sqrt{\frac{4Q}{m}} = 6,26 \cdot 10^4\text{m/s}$. **2boda**

Zadatak 5. (10 bodova)

Braggov uvjet za maksimum zračenja reflektiranog pod kutem θ s obzirom na površinu kristala glasi $2d \sin \theta = k\lambda$. **2boda**

Ovdje je $\lambda = \frac{h}{p}$ valna duljina snopa elektrona, gdje je p njihova količina gibanja. **2boda**

Za maksimum prvog reda difrakcije udaljenost među ravninama je $d = \frac{h}{2p \sin \theta}$. **2boda**

Kada ne uzimamo relativistički efekt, tada je $p = m_0v$, pa je $d = 62,05\text{pm}$. **2boda**

Kada uzimamo relativistički efekt, tada je $p = \frac{m_0v}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$, pa je $d = 62,13\text{pm}$. **2boda**