

ЗАДАЦИ ЗА РЕПУБЛИЧКО ТАКМИЧЕЊЕ ИЗ ФИЗИКЕ (2012)

IV РАЗРЕД

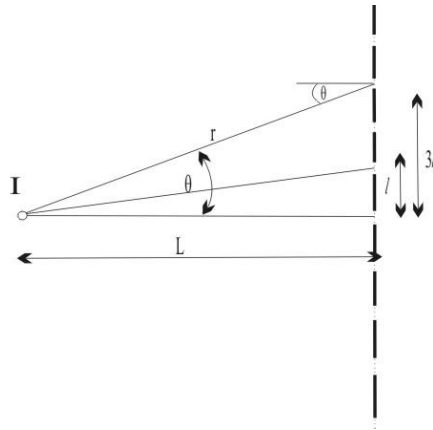
1. На растојању L од заклона постављен је изотропан тачкасти извор свјетлости. На заклону, на међусобним растојањима $l = \frac{L}{5\sqrt{3}}$, направљени су и симетрично распоређени са обе стране, кружни отвори малог пречника. Заклон је постављен тако да свјетлосни зраци падају нормално на централни отвор. Наћи редни број отвора (од централног) на којима је освјетљеност $k = 8$ пута мања од освјетљености централног отвора. Претпоставити да су отвори равномјерно освјетљени.
2. На опну од сапунице која се налази у ваздуху, а чији је индекса лома $n_2 = 1.4$, пада бијела свјетлост под углом $\alpha = 52^\circ$. Која је најмања дебљина опне при којој ће она у пропуштеној свјетлости бити црвена? Таласна дужина црвене боје је $\lambda = 6.7 \cdot 10^{-7} [m]$. Ако је пропуштена свјетлост црвена, каква ће бити рефлектована свјетлост?
3. Кроз цилиндричну жицу радијуса $r = 1 [mm]$ протјече струја. Претпоставимо да жица зрачи као апсолутно црно тијело температуре $T_2 = 900 [K]$ и да је у равнотежи са околином температуре $T_1 = 300 [K]$. Отпорност материјала од кога је направљена жица је $\rho_1 = \pi^2 \cdot 10^{-8} [\Omega m]$ на температури T_1 , а термички коефицијент отпорности је $\alpha = 7.8 \cdot 10^{-3} [1/^\circ C]$. Одредити јачину струје у жици. Штефан Болцманова константа је $\sigma = 5.68 \cdot 10^{-8} [W/m^2 K^4]$.
4. Атоми водоника налазе се у побуђеном стању. Враћањем у основно стање енергије $E_1 = -13.6 [eV]$ емитују се фотони који одговарају главној линији из Лајманове серије. Са тим фотонима озрачује се сребрна електрода у вакумској цијеви у којој је задржавајуће електрично поље једнако $E = 10 [V/cm]$. На које максимално растојање од површине електроде се могу удаљити електрони? Црвена граница фотоефекта за сребро је $\lambda_0 = 264 [nm]$.
5. Цилиндрична цијев полупречника $r_1 = 8 [cm]$ и дужине $L = 70 [cm]$ напуњена је до врха водом. Изнад цијеви је постављена звучна виљушка. На дну цијеви налази се отвор полупречника $r_2 = 1 [cm]$. Одредити фреквенцију звучне виљушке ако се прва резонанца зачује $t = 4 [s]$ након што се отвор отвори. За брзину звука у ваздуху узети $c = 331 [m/s]$.

Задатке припремила:

Душанка Лекић

Рјешења задатака за IV разред

1. Задатак



Освјетљеност површине на растојању L од извора јачине I , ако свјетлост пада под углом θ у односу на нормалу је: $E = \frac{I \cos \theta}{r^2}$ (2 бода)

Према слици : $\cos \theta = \frac{L}{r}$ и $r^2 = L^2 + n^2 l^2 \Rightarrow E = \frac{IL}{(L^2 + n^2 l^2)^{3/2}}$ (6 бодова)

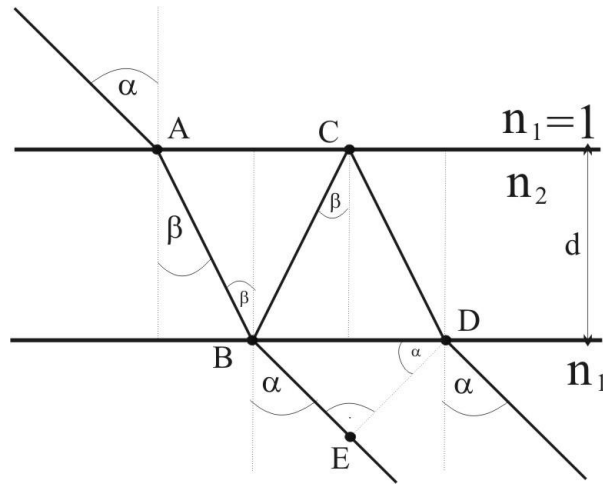
Освјетљеност централног отвора једнака је : $E_0 = \frac{I}{L^2} \Rightarrow$ (2 бода)

$$E = E_0 \frac{L^3}{(L^2 + n^2 l^2)^{3/2}} \quad (3 \text{ бода})$$

Како је $\frac{E_0}{E} = k = 8 \Rightarrow \frac{(L^2 + n^2 l^2)^{3/2}}{L^3} = k$ (2 бода)

Рјешавањем : $n = \frac{L}{l} \sqrt{k^{2/3} - 1} = 15$ (5 бодова)

2. Задатак



Према слици разлика оптичких путева зракова је (при рефлексiji у тачкама В и С фаза се не мјења јер је рефлексija од оптички рјеђе средине):

$$\Delta = 2(\overline{BC}) \cdot n_2 - (\overline{BE}) \cdot n_1 ; \quad n_1 = 1 \quad (3 \text{ бода})$$

$$\overline{BC} = \overline{AB} = \frac{d}{\cos \beta} ; \quad \overline{BE} = (\overline{BD}) \sin \alpha ; \quad \overline{BD} = 2d \tan \beta \Rightarrow \quad (3 \text{ бода})$$

$$\Delta = 2 \frac{d}{\cos \beta} n_2 - 2d \tan \beta \sin \alpha = \frac{2dn_2}{\cos \beta} \left(1 - \frac{\sin \alpha \sin \beta}{n_2} \right) \quad (1 \text{ бод})$$

Снел-ов закон: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_2 \Rightarrow \sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n_2} \Rightarrow \cos \beta = \sqrt{1 - (\sin \beta)^2} \quad (2 \text{ бода})$

Сређивањем претходног израза:

$$\Delta = 2dn_2 \sqrt{1 - \frac{(\sin \alpha)^2}{n_2^2}} \quad (3 \text{ бода})$$

Услов за конструктивну интерференцију: $\Delta = m\lambda ; \quad (2 \text{ бода})$

Минимална дебљина опне је за: $m = 1 \quad (2 \text{ бода})$

$$d_{min} = \frac{\lambda}{2n_2 \sqrt{1 - \frac{(\sin \alpha)^2}{n_2^2}}} = 2.89 \cdot 10^{-7} [m] \quad (1 \text{ бод})$$

У рефлектованој свјетлости црвена се поништи, па преовлађују зелена и плава, (3 бода)

опна изгледа цијано

3. Задатак

Губитак енергије жице у јединици времена, тј. снаге :

$$P = \sigma(T_2^4 - T_1^4)S = \sigma(T_2^4 - T_1^4)2r\pi l \quad (4 \text{ бода})$$

једнак је Цуловој топлоти $P = UI = RI^2$ (2 бода)

Отпор жице на температури T_2 : $R = \rho_2 \frac{l}{r^2\pi}$ (2 бода)

Отпорност жице: $\rho_2 = \rho_1(1 + \alpha\Delta T)$ (2 бода)

$$\Rightarrow R = \rho_1(1 + \alpha\Delta T) \frac{l}{r^2\pi}; \quad P = \rho_1(1 + \alpha\Delta T) \frac{l}{r^2\pi} I^2; \quad (2 \text{ бода})$$

$$\Rightarrow \rho_1(1 + \alpha\Delta T) \frac{l}{r^2\pi} I^2 = \sigma(T_2^4 - T_1^4)2r\pi l \quad (5 \text{ бодова})$$

$$I = \sqrt{\frac{2r^3\pi^2\sigma(T_2^4 - T_1^4)}{\rho_1(1 + \alpha\Delta T)}} = 36[A] \quad (3 \text{ бода})$$

4. Задатак

Главна линија Лајманове серије: прелаз са $n = 2$ на $n = 1$ (2 бода)

$$E_2 - E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \quad (2 \text{ бода})$$

Знајући да је $E_n = \frac{E_1}{n^2} \Rightarrow E_2 = \frac{E_1}{4} \quad E_2 - E_1 = -\frac{3}{4}E_1$ (3 бода)

$$\Rightarrow \lambda = -\frac{4hc}{3E_1} \quad (\text{или примјеном Ридбергове формуле}) \quad (1 \text{ бод})$$

Једначина фотоефекта у случају да избачени електрони имају и потенцијалну енергију :

$$h\nu = A_i + E_k + e\Delta\varphi \quad (4 \text{ бода})$$

$\Delta\varphi = Es$; максимално удаљавање за $E_k = 0 \Rightarrow h\nu = A_i + eEs$ (3 бода)

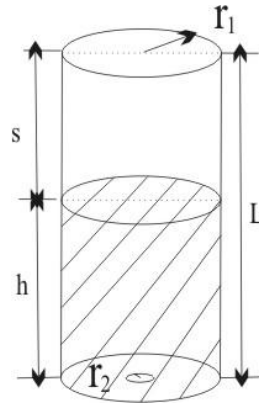
из $h\nu = A_i + E_k$ и $E_k = 0 \Rightarrow$ црвена граница $\Rightarrow A_i = \frac{hc}{\lambda_0}$ (2 бода)

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + eEs \quad (1 \text{ бод})$$

$$s = \frac{hc}{eE} \frac{\lambda_0 - \lambda}{\lambda \lambda_0} \approx 5.5 [mm]$$

(2 бода)

5. Задатак



Висине ваздушних стубова на којима долази до резонанце при задатој фреквенци,

а тиме и λ :

$$l = (2k + 1) \frac{\lambda}{4}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (1 \text{ бод})$$

Прва резонанца: $l_1 = \frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4\nu}$ (2 бода)

Примјена Бернулијеве једначине: $\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh + p_a = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + p_a$; (1 бод)

гдје је v_1 брзина спуштања нивоа воде у цијеви, а v_2 брзина истјецања кроз

доњи отвор

једначина континуитета: $S_1 v_1 = S_2 v_2$ (1 бод)

$$\Rightarrow v_1^2 = \frac{2gh}{\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 1} \quad (5 \text{ бодова})$$

$$h = L - s \Rightarrow v_1^2 = \frac{2gL}{\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 1} - 2 \frac{g}{\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 1} s \quad (2 \text{ бода})$$

\Rightarrow спуштање нивоа воде је једнолико успорено са

$$v_0^2 = \frac{2gL}{\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 1} = \frac{2gL}{\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^4 - 1}$$

и успорењем $a = \frac{g}{\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 - 1} = \frac{g}{\left(\frac{r_1}{r_2}\right)^4 - 1}$

па је $s = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2 \approx 0.212[m]$ (5 бодова)

$$s = l_1 \quad \nu = \frac{c}{4s} \approx 390[Hz] \quad (3 \text{ бода})$$

Како је $\left(\frac{S_1}{S_2}\right)^2 \gg 1$, може се ставити $v_0^2 = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 2gL$ и слично за a

Наравно, висина ваздушног стуба s може се добити рјешавањем диференцијалне једначине

$$v_1(h) = -\frac{dh}{dt}$$