**РЕГИОНАЛЕН НАТПРЕВАР ПО ФИЗИКА ЗА УЧЕНИЦИТЕ ОД СРЕДНИТЕ УЧИЛИШТА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**
**25 април 2009**

**III година**

---

**Задача 1.** Најниската фреквенција на осцилациите кај затегната жица, прицврстена на двата краја, при која може да дојде до формирање на стоен бран се вика основна фреквенција на жицата. Определете како и колку пати ќе се промени основната фреквенција на жицата ако нејзината должина се намали за 35 % , а силата на затегнување на жицата се зголеми за 70 %.

**Решение:**

Фреквенцијата на осцилирање на жицата се пресметува според релацијата $f = v/\lambda$, кадешто $v$ е брзината на ширење на бранот и $\lambda$ е брановата должина. Брзината на бранот зависи од својствата на жицата (линиската густина $\mu$) и силата на затегнување $F$ и е дадена со релацијата $v = \sqrt{F/\mu}$. За да дојде до формирање на стоен бран треба брановата должина да го задоволува условот $m\lambda/2 = L$, кадешто $m = 1, 2, 3 \ldots$, а $L$ е должината на жицата. Основната фреквенција одговара на најголемата можна бранова должина која се добива за $m = 1$, и изнесува $\lambda = 2L$. На тој начин за основната фреквенција на жицата се добива

$$f = \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}} . \qquad (1)$$

Ако, согласно условот на задачата, се променат должината и силата на затегнување на жицата, основната фреквенција ќе биде

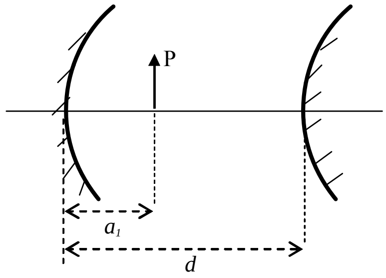
$$\begin{aligned} f' &= \frac{1}{2(L-\Delta L)}\sqrt{\frac{F+\Delta F}{\mu}} = \frac{1}{2L(1-\Delta L/L)}\sqrt{\frac{F(1+\Delta F/F)}{\mu}} = \\ &= \frac{1}{2L}\sqrt{\frac{F}{\mu}}\,\frac{\sqrt{1+\Delta F/F}}{1-\Delta L/L} = f\,\frac{\sqrt{1+\Delta F/F}}{1-\Delta L/L} \end{aligned}, \qquad (2)$$

од кадешто следува дека

$$\frac{f'}{f} = \frac{\sqrt{1+\Delta F/F}}{1-\Delta L/L} = 2{,}0 .$$

Заклучуваме дека основната фреквенција ќе се зголеми 2 пати.

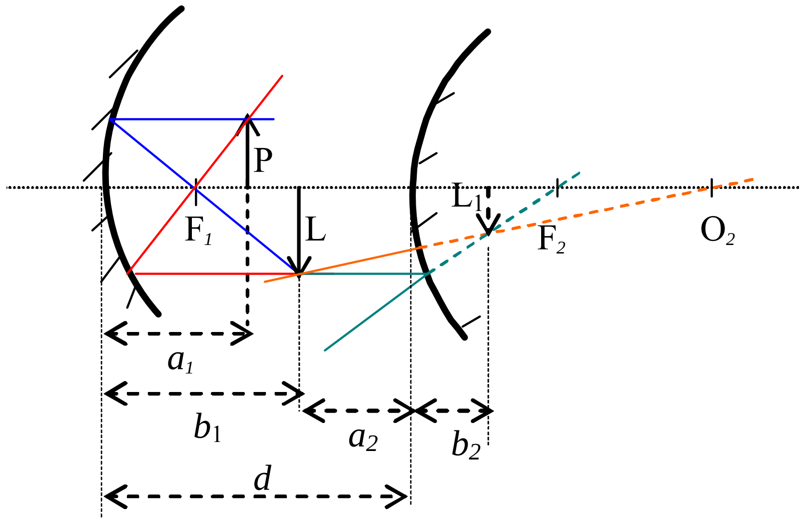
**Задача 2.** Две сферни огледала од кои едното е конкавно (вдлабнато), а другото конвексно (испакнато), се поставени на заедничка оптичка оска на растојание $d = 40\,\mathrm{cm}$, свртени едно кон друго (сл. 1). Радиусот на кривината на конкавното огледало е $R_1 = 20\,\mathrm{cm}$, а на конвексното $R_2 = 30\,\mathrm{cm}$. Светол предмет со должина $P = 5\,\mathrm{cm}$ е поставен нормално на оптичката оска, на растојание $a_1 = 15\,\mathrm{cm}$ од темето на конкавното огледало. Графички да се прикаже одот на светлинските зраци. Да се одреди положбата и големината на ликот.



Сл. 1

**Решение:**

$R_1 = 20\,\mathrm{cm}$
$R_2 = 30\,\mathrm{cm}$
$a_1 = 15\,\mathrm{cm}$
$P = 5\,\mathrm{cm}$
$d = 40\,\mathrm{cm}$




Равенка на вдлабнато огледало:

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1}; \qquad f_1 = \frac{R_1}{2} = 10\,\mathrm{cm}; \qquad b_1 = \frac{f_1 a_1}{a_1 - f_1}; \qquad b_1 = 30\,\mathrm{cm}$$

$$a_2 = d - b_1 = 10\,\mathrm{cm}.$$

Равенка на испакнато огледало:

$$-\frac{1}{f_2} = \frac{1}{a_2} - \frac{1}{b_2}; \qquad f_1 = \frac{R_1}{2} = 15\,\mathrm{cm}; \qquad b_2 = \frac{a_2 f_2}{a_2 + f_2}; \qquad b_2 = 6\,\mathrm{cm}.$$

Ако ги означиме висината на предметот и ликот што го формира вдлабнатото огледало со $P$ и $L$ соодветно, а висината на ликот што го формира испакнатото огледало со $L_1$, тогаш, може да запишеме:

$$\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{P}} = \frac{b_1}{a_1}, \text{ од каде се пресметува: } \mathrm{L} = \mathrm{P}\frac{b_1}{a_1} = 10\,\mathrm{cm}.$$

$$\frac{\mathrm{L}_1}{\mathrm{L}} = \frac{b_2}{a_2}, \text{ од каде се пресметува: } \mathrm{L}_1 = \mathrm{L}\frac{b_2}{a_2} = 6\,\mathrm{cm}.$$

**Задача 3.** Се поставува Јунгова интерферентна шема: двата кохерентни зраци кои излегуваат од секундарните процепи се простираат во воздушна средина. На двата процепи паѓа светлина со бранова должина $\lambda = 632{,}8\,\mathrm{nm}$ (He-Ne ласер). Тогаш, на растојание $D = 2\,\mathrm{m}$ од секундарните пукнатини, на екран поставен во рамнина нормална на оптичката оска, се набљудуваат интерферентни ленти чија широчина е 1,27 mm. Потоа, при истата поставеност на шемата, се заменува He-Ne ласерот со друг ласер кој емитува светлина со непозната бранова должина. Во овој случај на екранот се набљудуваат интерферентни ленти со широчина 1,39 mm. Да се определи непознатата бранова должина.

**Решение:**

Широчината на интерферентните ленти, кога е употребена светлина со бранова должина $\lambda$, изнесува:

$$x_0 = \frac{\lambda D}{2l}, \qquad (1)$$

каде со $2l$ е означено растојанието помеѓу двата секундарни процепи. Во вториот случај, кога е употребена светлина со бранова должина $\lambda'$, широчината на лентите изнесува

$$x'_0 = \frac{\lambda' D}{2l}. \qquad (2)$$

Од равенката (2) се изразува $\lambda'$

$$\lambda' = \frac{2l x_0'}{D}. \qquad (3)$$

Непознатото растојание помеѓу двете пукнатини $2l$ се изразува од равенката (1)

$$2l = \frac{\lambda D}{x_0} \qquad (4)$$

и се заменува во (3). Се добива

$$\lambda' = \frac{2l x_0'}{D} = \frac{\lambda}{x_0} x_0' = 693\,nm.$$

**Задача 4.** Во експеримент чија цел е да се проучи појавата фотоефект, две рамни наелектризирани метални плочи се поставени паралелно една на друга на растојание $d = 1\,\text{cm}$ во вакуум. Напонот меѓу плочите изнесува $U = 15\,\text{V}$. Негативно наелектризираната плоча се осветлува со тесен сноп ултравиолетова светлина со бранова должина $\lambda = 1{,}3\cdot 10^{-7}\ \text{m}$. Позитивната плоча е премачкана со флуоресцентна супстанција такашто кога фотоелектроните ќе удрат во неа предизвикуваат светење. На тој начин е утврдено дека фотоелектроните паѓаат на позитивната плоча во строго дефинирана област која има кружна форма. Определете го радиусот на кругот, ако е познато дека за бранови должини поголеми од $\lambda_0 = 3{,}3\cdot 10^{-7}\ \text{m}$ никакво светење на позитивната плоча не се забележува без разлика колкав напон е приложен меѓу плочите. Да се занемари влијанието на силата тежа врз движењето на електроните.

(Потребни физички константи: Планкова константа $h = 6{,}626\cdot 10^{-34}\ \text{Js}$, брзина на светлината $c = 2{,}998\cdot 10^{8}\ \text{m/s}$ и елементарен електричен полнеж $e = 1{,}602\cdot 10^{-19}\ \text{C}$)

**Решение:**

Шематскиот приказ на експериментот е даден на сл. 1. Упадната светлина избива електрони од површината на негативно наелектризираната плоча. Нивната кинетичката енергија се определува според Ајнштајновата равенка

$$\frac{mv^2}{2} = hf - A\,, \tag{1}$$

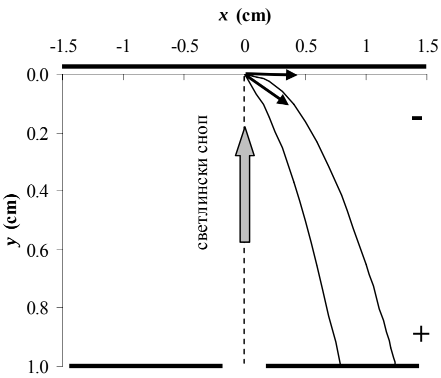
од кадешто за модулот на брзината со која фотоелектроните ја напуштаат плочата се добива

$$v = \sqrt{\frac{2\left(hf - A\right)}{m}}\ . \tag{2}$$

Излезната работа на металот $A$ ќе ја изразиме преку црвената граница на фотоефектот

$$A = hf_0 = \frac{hc}{\lambda_0}; \qquad v = \sqrt{\frac{2\left(hf - hf_0\right)}{m}} = \sqrt{\frac{2hc}{m}\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_0}\right)} \tag{3}$$

Фотоелектроните ја напуштаат катодата со брзини чиј модул е даден со релацијата (3), но се ориентирани во сите можни правци. По напуштањето на катодата тие се движат во електричното поле што владее помеѓу плочите. За да го проследиме нивното движење избираме координатен систем чиј почеток лежи на негативно наелектризираната плоча и се совпаѓа со точката кадешто удира светлинскиот сноп. Оската $Ox$ е поставена долж плочата, а $Oy$ оската нормално на неа (сл. 1). Во тој случај, бараниот радиус на кругот во кој паѓаат електроните е еднаков на максималната вредност на $x$ координатата што тие можат да ја имаат при пристигнувањето на позитивната плоча:



Сл. 1

$$R = x_{\max} = v_{0x\max}\, t_{\max}\ . \tag{4}$$

Од сликата е јасно дека таква вредност на $x$-координатата ќе постигнат оние фотоелектрони кои ја напуштаат катодата со брзини паралелни на катодата. Во тој случај $x$-компонентата на почетната брзина е максимална $v_{0x} = v_{0x\max} = v$, а $y$-компонентата минимална $v_{0y} = 0$. На сликата 1 се прикажани траекториите на два електрона, од кои едниот ја напушта катодата со брзина која со $x$-оската зафаќа агол 0 °, а другиот со брзина која е ориентирана под агол од 30 ° во однос на $x$-оската.

Времето на движење на електронот $t_{\max}$ во равенката (4) го наоѓаме од релацијата

$$\frac{at_{\max}^2}{2} = d\,; \qquad t_{\max} = \sqrt{\frac{2d}{a}}\,, \qquad (5)$$

кадешто $a$ е забрзувањето кое на електроните им го соопштува електричното поле меѓу плочите и се пресметува како:

$$eE = ma\,; \qquad a = \frac{eE}{m} = \frac{e}{m}\frac{U}{d}\,.$$

Оттука за времето $t_{\max}$ се добива

$$t_{\max} = \sqrt{\frac{2d^2 m}{eU}}\,. \qquad (6)$$

Со замена релациите (3) и (6) во релацијата (4) за бараниот радиус наоѓаме:

$$R = vt_{\max} = \sqrt{\frac{2hc(\lambda_0 - \lambda)}{m\lambda\lambda_0}}\sqrt{\frac{2d^2 m}{eU}} = 2d\sqrt{\frac{hc(\lambda_0 - \lambda)}{eU\lambda\lambda_0}} = 1{,}2\cdot 10^{-2}\ \mathrm{m}$$

**Задача 5.** Кај кој водородосличен јон разликата во брановите должини помеѓу првите линии од Балмеровата и Лајмановата серија изнесува $\Delta\lambda = 59{,}3\ \mathrm{nm}$? (Ридберговата константа: $R = m_e e^4 / 8\varepsilon_0^2 h^3 c = 10973731{,}77\ \mathrm{m}^{-1}$ )

**Решение:**

Брановата должина на емитираниот фотон при премин на електронот од состојба со квантен број $n$ во состојба со квантен број $m$, кај водородосличен јон, се пресметува според релацијата:

$$\frac{1}{\lambda} = RZ^2\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right), \qquad m < n, \tag{1}$$

кадешто $Z$ е редниот број на елементот. Според тоа брановите должини на првите линии од Балмеровата и Лајмановата серија се:

$$\frac{1}{\lambda_1} = RZ^2\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2}\right) = \frac{5R}{36}Z^2; \qquad \lambda_1 = \frac{36}{5RZ^2} \quad \text{- Балмерова серија,} \tag{2}$$

$$\frac{1}{\lambda_2} = RZ^2\left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2}\right) = \frac{3R}{4}Z^2; \qquad \lambda_2 = \frac{4}{3RZ^2} \quad \text{- Лајманова серија.} \tag{3}$$

Од релациите (2) и (3) и условот на задачата, наоѓаме:

$$\Delta\lambda = \lambda_1 - \lambda_2 = \frac{88}{15RZ^2}; \qquad Z = \sqrt{\frac{88}{15R\Delta\lambda}} = 3\,.$$

Станува збор за јонот $Li^{++}$.