РЕГИОНАЛЕН НАТПРЕВАР ПО ФИЗИКА 2011

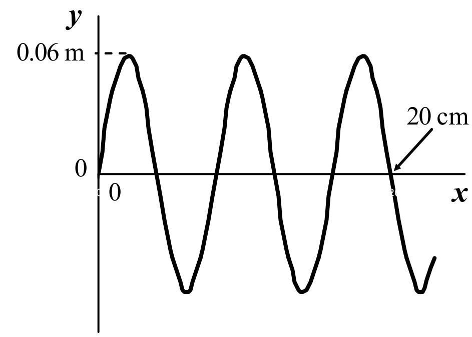
III година

(решенија на задачите)

Задача 1. Низ затегнато јаже се шири трансверзален бран прикажан на сл. 1. Фреквенцијата на изворот е f = 3750 Hz.

а) Определете ги амплитудата, брановата должина и брзината на бранот;

б) Запишете ја равенката на бранот ако се знае дека тој се простира во позитивна насока на x-оската, а сликата го прикажува неговиот облик во почетниот момент (t = 0);



Сл. 1

Решение:

а) Од сликата се гледа дека: амплитудата на бранот е A = 0,06 m и $5\frac{\lambda}{2} = 0{,}20\,\mathrm{m}$, односно $\lambda = \frac{2\cdot 0{,}20}{5} = 0{,}080\,\mathrm{m}$. За брзината на бранот се добива: $v = f\lambda = 300\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$

б) Равенката на бранот што се простира долж позитивната насока на x-оската, во општ случај гласи:

$$y(x,t) = A\sin(\omega t - kx + \varphi_0), \qquad (1)$$

каде што $\omega = 2\pi f$ е кружна фреквенција, $k = 2\pi/\lambda$ е бранов број и φ_0 е почетната фаза. Со пресметување на бројните вредности на ω и k се добива: $\omega = 23550\,\mathrm{s}^{-1} \approx 23600\,\mathrm{s}^{-1}$ и $k = 78{,}5\,\mathrm{m}^{-1}$. За да ја определиме почетната фаза φ_0 го користиме условот дека формата на бранот во $t = 0$ изгледа како на сл. 1, т.е. $y(x,0) = A\sin(-k\cdot x + \varphi_0)$ е функцијата со која се опишува кривата прикажана на сликата. Кривата има максимална вредност ($y = A$) во точката $x = \lambda/4$ (таа ја достигнува истата вредност и во сите други точки кои го задоволуваат условот $x = \lambda/4 + n\lambda$, $n \in N$) од каде што следува:

$$y\left(\frac{\lambda}{4}, 0\right) = A\sin\left(-k\frac{\lambda}{4} + \varphi_0\right) = A\sin\left(-\frac{2\pi}{\lambda}\frac{\lambda}{4} + \varphi_0\right) = A\sin\left(-\frac{\pi}{2} + \varphi_0\right) = A$$

$$\sin\left(-\frac{\pi}{2} + \varphi_0\right) = 1; \qquad \varphi_0 = \pi$$

Според тоа равенката на бранот е:

$$\boxed{y = 0{,}06\sin(23600\cdot t - 78{,}5\cdot x + \pi) = 0{,}06\sin(78{,}5x - 23600\cdot t)}\,.$$

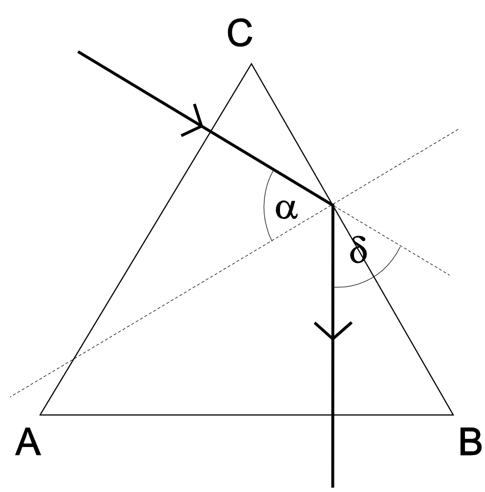
Задача 2. Светлински зрак паѓа нормално на едната страна од стаклена триаголна призма со еднакви страни. Да се определи аголот на девијација на зракот. Индексот на прекршување на стаклото изнесува 1,5.

Решение: Упадниот агол на зракот на страната BC од призмата (види слика) изнесува 60°, додека граничниот агол на тотална рефлексија е определен со релацијата

$$sin\alpha_g = \frac{1}{n} = 0{,}67.$$

Бидејќи $sin\alpha = 0{,}87$, имаме $\alpha > \alpha_g$, односно, зракот ќе претрпи тотална рефлексија на страната BC и ќе излезе од призмата во правец на нормалата на страната AB. Следствено, аголот на девијација ќе изнесува:

$$\delta = 60^\circ.$$



Задача 3. Монохроматска светлина паѓа нормално на дифракциона решетка. Константата на решетката изнесува 2,20 μm. Да се определи брановата должина на светлината ако аголот помеѓу правците на максимумите од прв и втор ред изнесува θ = 15,0 °.

Решение: За максимумот од прв ред важи равенката:

$$d \cdot sin\varphi = \lambda .$$

За максимумот од втор ред ќе важи равенката:

$$d \cdot sin(\varphi + \theta) = 2 \cdot \lambda \ ,$$

која што може да се трансформира во:

$$d \cdot sin\varphi \cdot cos\theta + d \cdot cos\varphi \cdot sin\theta = 2 \cdot \lambda \ ,$$

од каде што, со земање предвид на првата релација, се добива:

$$\lambda \cdot cos\theta + sin\theta\sqrt{d^2 - \lambda^2} = 2 \cdot \lambda \ .$$

Последната равенка може да се сведе на квадратна равенка по λ:

$$(5 - 4 \cdot cos\theta) \cdot \lambda^2 - d^2 sin^2\theta = 0$$

од каде што се добива:

$$\lambda = \frac{d \cdot sin\theta}{\sqrt{5 - 4 \cdot cos\theta}} = 534 \text{ nm}$$

како единствено решение што има физичка смисла.

Задача 4. Вжарена метална топка со радиус 10,0 cm зрачи со моќност од 500 W. Сметајќи дека топката зрачи рамномерно во сите правци како апсолутно црно тело, да се најде брановата должина која одговара на максимумот на емисија. Да се претпостави дека температурата на топката е константна по целата нејзина површина.

Решение: Од вкупната моќност на зрачење на топката P може да се најде вкупната емисиона способност W која всушност претставува површинска густина на зрачењето

$$P = W \cdot S = W \cdot 4\pi r^2 . \tag{1}$$

Од друга страна вкупната емисиона способност W е поврзана со температурата на површината на топката преку Штефан-Болцмановиот закон кој за апсолутно црно тело гласи

$$W = \sigma \cdot T^4 . \tag{2}$$

Од релациите (1) и (2) може да се најде температурата на површината на топката

$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{4\pi \sigma r^2}} . \tag{3}$$

Од Виновиот закон, се добива бараната бранова должина знаејќи ја температурата на телото,

$$\boxed{\lambda = \frac{b}{T} = b \cdot \sqrt[4]{\frac{4\pi\sigma r^2}{P}} = 5{,}63\,\mu\text{m}} \tag{4}$$

Задача 5. Пресметајте ја енергијата на сврзување на електронот во основната состојба на водородосличен атом чиј спектар содржи линија со бранова должина од 108,5 nm за која е утврдено дека ја претставува третата линија од Балмеровата серија. За кој елемент станува збор? (Водородосличен атом е јон на даден хемиски елемент кој содржи само еден електрон).

Решение: Бидејќи се работи за Балмеровата серија соодветната спектрална линија одговара на премин на електронот од петтата на втората орбита ($n=5$, $m=2$). Со примена на релацијата:

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

наоѓаме

$$Z=\frac{mn}{\sqrt{R\lambda\left(n^2-m^2\right)}}=2\,,$$

што значи дека се работи за јон на хелиумот. Енергијата на сврзување во основната состојба можеме да ја пресметаме според

$$E=hf_\infty\,, \tag{2}$$

каде што

$$f_\infty=cRZ^2\left(\frac{1}{1^2}-\frac{1}{\infty^2}\right)=cRZ^2\,.$$

Оттука за бараната енергија на сврзување се добива дека

$$\boxed{E=hcRZ^2=8{,}75\cdot10^{-18}\ \mathrm{J}}\ \text{или}\ \boxed{E=54{,}7\ \mathrm{eV}}.$$