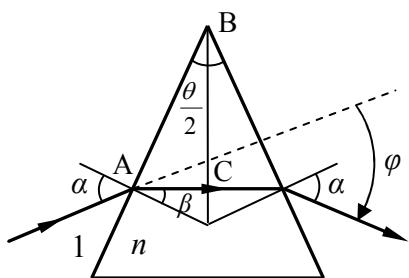


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
Национално пролетно състезание по физика
Велико Търново, 26 февруари 2011 г.
Решения на темата за 11-12 клас

Задача 1. Призми.

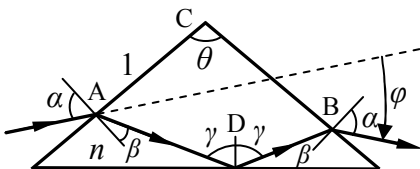


Част 1. а) От чертежа се вижда, че ъгълът на отклонение $\varphi = 2(\alpha - \beta)$ [0,5 т]. Њгълът на падане α и на пречупване β са свързани със закона на Снелиус: $\sin \alpha / \sin \beta = n$ [0,5 т]. От чертежа също така се вижда, че $\beta = \theta / 2$ [0,5 т]. Използвайки тези три връзки, се получава, че $n = \sin[(\varphi + \theta) / 2] / \sin(\theta / 2)$ (1.1) [1,5 т].

б) Њгълът на една призма може да се изменя в интервала

$(0, 180^\circ)$. Когато ъгълът θ расте, ще расте и ъгълът β като при някаква критична стойност на $\theta_{\max}$, ъгълът β ще стане равен на ъгъла на пълно вътрешно отражение (т.е. тогава ъгълът на падане е $\alpha = 90^\circ$). Тогава обаче $\varphi = 180^\circ - \theta$. Използвайки (1.1), $n = 1 / \sin(\theta_{\max} / 2)$. Следователно $\sin(\theta_{\max} / 2) = 1 / n$ [0,5 т] и при $n = 1,5$ се получава $\theta_{\max} \approx 83.6^\circ$ или ъгълът на призмата трябва да е в интервала $(0, 83.6^\circ)$ [0,5 т].

в) тъй като синият лъч има най-малка дължина на вълната, а червеният – най-голяма, то $n_C > n_3 > n_\gamma$. При един и същ ъгъл на падане синият лъч ще се пречупи най-много, а червеният – най-малко, т.е. $\varphi_C > \varphi_3 > \varphi_\gamma$ [2 т].



Част 2. г) Тъй като лъчът при преминаването си през призмата се отклонява както в едната посока, така и в другата, удобно е да се въведе знак на ъгъла на отклонение (например “плюс” за посока, обратна на часовниковата стрелка и “минус” за посока по часовниковата стрелка). От

факта, че призмата е равнобедрена, следва равенство на ъглите на падане и на пречупване в точките A и B. Тогава ъгълът на отклонение на преминалия лъч спрямо падналия лъч е $\varphi = -(\alpha - \beta) + (180^\circ - 2\gamma) - (\alpha - \beta) = 2(-\alpha + \beta - \gamma + 90^\circ)$ (1.2) [1 т]. Тъй като сумата от ъглите в четириъгълника ABCD е 360° следва, че $\theta + 2\gamma + 2(90^\circ - \beta) = 360^\circ$, откъдето $\theta = 2(\beta - \gamma + 90^\circ)$. Замествайки в (1.2), $\varphi = -2\alpha + \theta$ (1.3) [2 т].

д) тъй като ъгълът на отклонение φ , получен в (1.3) не зависи от показателя на пречупване, следва че лъчите с различни цветове ще се разпространяват в едно и също направление (пространствено ще бъдат леко отместени, оставайки успоредни помежду си, като синият лъч ще е отгоре, червеният - отдолу, а зеленият – по средата). [1 т]

Задача 2. Компактдиск (CD).

а) Тъй като при осветяване на дифракционна решетка с перпендикулярен на нея сноп винаги се наблюдават нулев максимум в перпендикулярно на нея направление и симетрични около него -1 и 1, -2 и 2 и т. н. дифракционни максимуми, броят на наблюдаваните максимуми е винаги нечетен: $N = 2m_{\max} + 1$. Следователно $m_{\max} = (N - 1)/2 = 3$ [1 т]

б) Тъй като дифракционните максимуми се наблюдават под такива ъгли, че да удовлетворяват условието $d \sin \theta = m\lambda$, то е изпълнено условието $m_{\max}\lambda < d < (m_{\max} + 1)\lambda$ (2.1) [1 т]. От друга страна, за наблюдавания максимум е изпълнено $d \sin \alpha = m_{\alpha}\lambda$ (2.2).

Комбинирайки (2.1) и (2.2), получаваме $m_{\max} \sin \alpha < m_{\alpha} < (m_{\max} + 1)\sin \alpha$ [1 т]. Замествайки с дадените стойности, $1,68 < m_{\alpha} < 2,25$. Тъй като m_{α} е цяло число, $m_{\alpha} = 2$ [1 т].

в) Използвайки отново (2.2), $d = m_{\alpha}\lambda / \sin \alpha = 2.0,45 \mu\text{m} / 0,562 \approx 1,60 \mu\text{m}$. [2 т]

г) Ако приемем, че мястото за запис на един бит е правоъгълник с дължина l и ширина d , то $l = \frac{\pi(r_2^2 - r_1^2)}{d \cdot 700 \cdot 10^6 \cdot 8} \approx 0,84 \mu\text{m}$. [2 т]

д) Времето на запис $T = 700 \text{ MB} / (0,154 \text{ MB/s} \cdot 52) \approx 87,4 \text{ s}$ [1 т]

е) Времето t , за което лазерът трябва да се включи, за да запише една "1" при скорост на запис 52X, е

$$t = T / (700 \cdot 10^6 \cdot 8 \cdot 2) \approx 7,8 \cdot 10^{-9} \text{ s.} [1 \text{ т}]$$

Задача 3. Наклонена равнина.

а) При движение нагоре, силата на триене и проекцията на силата на тежестта, успоредна на наклонената равнина, ще бъдат в една посока – надолу. Следователно $F_{\text{тр}} + mg \sin \varphi = ma_{\uparrow}$

(3.1). От друга страна $F_{\text{тр}} = kR = kmg \cos \varphi$. Следователно $a_{\uparrow} = g(\sin \varphi + k \cos \varphi)$ (3.2) [1 т].

При движение надолу, силата на триене и проекцията на силата на тежестта, успоредна на наклонената равнина, ще бъдат в различни посоки. Следователно $-F_{\text{тр}} + mg \sin \varphi = ma_{\downarrow}$ (3.3).

От друга страна отново $F_{\text{тр}} = kR = kmg \cos \varphi$. Следователно $a_{\downarrow} = g(\sin \varphi - k \cos \varphi)$ (3.4) [1 т].

б) Пътят s , който тялото изминава докато спре, е $s = v_0^2 / 2a_{\uparrow}$ (3.5) [1 т] или $s = v_1^2 / 2a_{\downarrow}$ (3.6) [1 т].

в) приравнявайки (3.5) и (3.6) и замествайки ускоренията с (3.2) и (3.4) получаваме

$$k = \tan \varphi \frac{v_0^2 / v_1^2 - 1}{v_0^2 / v_1^2 + 1} [1 \text{ т}]. \text{ Замествайки с дадените стойности, } k = \tan 30^\circ \frac{4-1}{4+1} = \frac{\sqrt{3}}{5} \approx 0,346. [1$$

т].

г) Тялото няма да се върне, ако веднъж спряло, остане в покой. Условието е $\sin \beta \leq k \cos \beta$ (3.7) [1 т]. Следователно максималния ъгъл е $\tan \beta = k \approx 0,346$ или $\beta \approx 19,1^\circ$ [1 т]

д) Пътят l , който ще измине тогава тялото, докато спре, може да се намери от закона за промяна на механичната енергия: $\Delta E = A_{F_{\text{тр}}}$, или $mg l \sin \beta - mv_0^2 / 2 = -l k m g \cos \beta$ (3.8),

откъдето $l = v_0^2 / 2g(\sin \beta + k \cos \beta)$ (3.9). Използвайки равенството (3.7), $l = v_0^2 / 4g \sin \beta$ [1 т] $\approx 30,6 \text{ m}$. [1 т]