

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ЕСЕННО НАЦИОНАЛНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА

21 – 23 ноември 2008 година, гр. Стара Загора

Р Е Ш Е Н И Я

За 11. - 12. клас

Задача 1.

а) 1) От закона за запазване на енергията имаме $m.v^2/2 = m.g.h$ (0,5 т) или $h = v^2/2.g = 20\text{m}$ (0,5 т)

2) При наличие на сила на триене $m.g.h = m.v^2/2 + k.N.s$ (1 т), където $N=m.g.\cos(\alpha)$ е реакцията на опората (0,5 т), а $s = h/\sin(\alpha)$ е пътът, изминат от скиора върху шанцата преди скока (0,5 т). При $\alpha = 45^\circ$ $\sin(\alpha) = \cos(\alpha)$ и $g.h = v^2/2 + k.g.h$ (0,5 т) откъдето намираме $h = v^2/2(1 - k)g = 20,4\text{ m}$ (0,5 т)

б) Тъй като скоростта в началото на скока има само хоризонтална компонента, уравненията за движение са: $x = v.t$ и $y = -g.t^2/2$ (1 т.) (в координатна система с начало – началото на скока). Скиорът ще лети, докато не падне отново върху пистата, т.е. до момента в който $x = -y$ (0,5 т), откъдето намираме времето за летене $t = 2v/g = 4\text{s}$ (0,5 т). Дължината на полета намираме от $d = x/\cos(\alpha) = v.t/\cos(\alpha) = 113\text{m}$. (1 т.)

в) Скоростта на скиора преди приземяването му е

$$v_1 = \sqrt{(v_x^2 + v_y^2)} = \sqrt{(v^2 + g^2 t^2)} = \sqrt{2000} = 44,7\text{m/s} (1 \text{ т.})$$

Тъй като скиорът при приземяването си търпи нееластичен удар, запазва се само скоростта по посока на склона – скоростта след приземяването му ще бъде

$$v_2 = v_x \sqrt{2/2} + v_y \sqrt{2/2} = 42,4\text{ m/s.} (1 \text{ т.})$$

г) Задачата е подобна на условие (а), но сега механичната енергия трябва да се превърне в работа на силата на триене

$$\frac{mv_2^2}{2} + m.g.s_2 \sin(\alpha) = k_2.m.g.s_2 \cos(\alpha) (0,5 \text{ т}), \text{ откъдето намираме}$$

$$k_2 = \frac{\frac{v_2^2}{2} + g.s_2 \sin(\alpha)}{g.s_2 \cos(\alpha)} \text{ или } k_2 = 3,5 (0,5 \text{ т}) - \text{това обяснява правенето на "рало" от}$$

скиорите при спиране!

Задача 2.

а) Освен преноса на топлина от ефекта на Пелтие и от топлопроводността, топлина ще се отделя и благодарение на ефекта на Джаул – Ленц $P_2 = R.I^2$ (1 т.). Може да приемем, че половината от този поток е насочен към топлия, а другата половина към студения край на елемента. Така, че за всеки един от полупроводниците (р и п) ще имаме топлинен поток от студения към топлия край

$$P_n = \Pi_n I - \frac{1}{2} R_n I^2 - K_n \Delta T \text{ и } P_p = \Pi_p I - \frac{1}{2} R_p I^2 - K_p \Delta T (1 \text{ т.})$$

Общият поток топлина ще бъде

$$P = P_n + P_p = (\Pi_n + \Pi_p) I - \frac{1}{2} (R_n + R_p).I^2 - (K_n + K_p).\Delta T (1 \text{ т.})$$

Максимален поток от студения към топлия край на Пелтие-елемента ще имаме при $dP/dI=0$ (1 т.), т.е. при

$$(\Pi_n + \Pi_p) - (R_n + R_p) \cdot I = 0 \text{ или } I = \frac{(\Pi_n + \Pi_p)}{(R_n + R_p)} \text{ (1 т.)}$$

Ако не се подвежда топлина към студения край на елемента, то $P=0$ (1 т.) и

$$\Delta T_0 = \frac{(\Pi_n + \Pi_p)^2}{2 \cdot (R_n + R_p)(K_n + K_p)} = \frac{(\Pi_n + \Pi_p)^2}{2 \cdot (\rho_n + \rho_p)(\kappa_n + \kappa_p)} \text{ (1 т. + 1 т.)}$$

б) В този случай може да запишем

$$P' = (K_n + K_p) \cdot \Delta T_0 - (K_n + K_p) \cdot \Delta T \text{ (1 т.)}$$

Откъдето намираме

$$\Delta T = \Delta T_0 - \frac{P'}{(K_n + K_p)} \text{ или } \Delta T_0 - \Delta T = \frac{P'}{(K_n + K_p)} \text{ (1 т.)}$$

Задача 3.

а) Нека означим с φ_0 ъгълът при върха на призмата (30°). Той ще бъде и ъгъл, под който пада светлината върху втората повърхност на призмата (0,5 т.). От закона на Снелиус $n_1 \cdot \sin(\varphi_0) = \sin(\varphi_1)$ и $n_2 \cdot \sin(\varphi_0) = \sin(\varphi_2)$ (0,5 т.), където $\varphi_1 = 30 + 23,13 = 53,13^\circ$ (0,5 т.), а $\varphi_2 = 30 + 28,21 = 58,21^\circ$ (0,5 т.). Използвайки таблиците (с интерполация) или калкулатор, получаваме $n_1 = 1,60$ (0,5 т.) и $n_2 = 1,70$ (0,5 т.).

б) Решавайки системата

$$n_1 = a + \frac{b}{\lambda_1^2} \text{ и } n_2 = a + \frac{b}{\lambda_2^2} \text{ получаваме } a = \frac{n_1 \lambda_1^2 - n_2 \lambda_2^2}{\lambda_1^2 - \lambda_2^2} \text{ (0,5 т.) и } b = \frac{\lambda_1^2 \lambda_2^2 (n_2 - n_1)}{\lambda_1^2 - \lambda_2^2} \text{ (0,5 т.),}$$

Откъдето определяме показателя на пречупване за $\lambda_3 = 500 \text{ nm}$

$n_3 = 1,635$ (0,5 т.) и съответно ъгълът на отклонение $\varphi_3 = 54,84 - 30 = 24,84^\circ$ (0,5 т.)

в) Ако светлина с дължина на вълната λ_1 пада косо (под ъгъл φ_0), то след дифракционната решетка ще се наблюдават максимуми при $d[\sin(\varphi_1) - \sin(\varphi_0)] = m \cdot \lambda_1$ (1 т.). Константата на дифракционната решетка определяме при $m = 4$

$$d = \frac{4 \cdot \lambda_1}{\sin(\varphi_1) - \sin(\varphi_0)} = \frac{4 \cdot 600}{0,8 - 0,5} = 8000 \text{ nm} = 8 \mu\text{m} \text{ (1 т.)}$$

Ако виолетова светлина е отклонена на по-голям ъгъл от червена, то това ще съответства на по-голям порядък ($m+k$) и съответно ще имаме

$$d[\sin(\varphi_2) - \sin(\varphi_0)] = (m+k) \cdot \lambda_2$$

$$m+k = \frac{d[\sin(\varphi_2) - \sin(\varphi_0)]}{\lambda_2} = \frac{8000 \cdot (0,85 - 0,5)}{400} = 7 \text{ (1 т.)}$$

Броят максимуми определяме от

$$\sin \varphi = \sin \varphi_0 + \frac{m \cdot \lambda}{d} \text{ . Тъй като } -1 \leq \sin(\varphi) \leq 1 \text{ (0,5 т.), а } \sin(\varphi_0) = \frac{1}{2} \text{ , броят максимуми}$$

определяме от неравенството: $-3/2 \leq m \cdot \lambda/d \leq 1/2$ (0,5 т.) . За червената линия това дава $-20 \leq m \leq 6,67$ – ще се наблюдават 27 (или 26, ако не се брой $m = -20$) максимума (0,5 т.). За синята линия $-30 \leq m \leq 10$ – ще се наблюдават 41 (или 39, ако не се броят крайните) максимума (0,5 т.).