

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ТЕМА

за Областния кръг на олимпиадата по ФИЗИКА, 13.04.2003 г.
10. – 12. КЛАС

Научен
кръг

T₄-12к

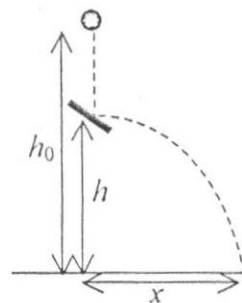
Задача 1. Топка за тенис пада от начална височина $h_0 = 2$ m върху неподвижна тенис-ракета, разположена на височина $h = 1,5$ m. Повърхността на ракетата е наклонена под ъгъл 45° спрямо хоризонта, така че топката отскача от нея в хоризонтално направление (вж. фиг. 1).

а) Колко е скоростта v на топката непосредствено преди удара в ракетата? (2 т.)

б) След като отскочи от ракетата топката губи 40 % от кинетична енергия, която е имала преди удара. На какво разстояние x спрямо ракетата в хоризонтална посока ще падне топката след удара? (6 т.)

в) Изобразете графично зависимостта на далечината на полета на топката x от височината h , на която е поставена ракетата. При каква височина на ракетата $h_{\max}$ топката отскача на максимално разстояние $x_{\max}$? Колко е това разстояние? (2 т.)

Земното ускорение е $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.



Фиг. 1

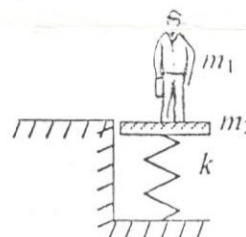
T₄-12к

Задача 2. Човек с маса $m_1 = 80$ kg стъпва върху лека платформа с маса $m_2 = 20$ kg, закрепена за вертикална пружина (вж. фиг. 2). Платформата, която първоначално е била в покой, започва да трепти с амплитуда $A = 20$ cm.

а) Какъв е периодът на трептене на платформата? (4,5 т.)

б) Колко е максималната сила на нормална реакция, с която платформата действа върху човека? (5,5 т.)

Земното ускорение е $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.



Фиг. 2

T₃-12к

Задача 3. Тънък сноп монохроматична светлина с дължина на вълната $\lambda = 500$ nm пада перпендикулярно спрямо повърхността на дифракционна решетка с константа $d = 1,2$ μm . Интерференчната картина се наблюдава върху плосък екран, разположен на разстояние $L = 20$ cm зад решетката.

а) Намерете разстоянието между максимумите от първи порядък върху екрана. (2,5 т.)

б) Какъв е общият брой на интерференчните максимуми, които се наблюдават върху екрана? (3 т.)

в) С колко ще намалее разстоянието между двата максимума от първи порядък, ако между екрана и решетката е поставена плоскопаралелна пластинка с дебелина $h = 5$ cm и показател на пречупване $n = 1,5$? Стените на пластинката са успоредни на екрана и решетката. (4,5 т.)

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА ПРИМЕРНИ РЕШЕНИЯ

на задачите от Областния кръг на олимпиадата по ФИЗИКА, 13.04.2003 г.
10. – 12. КЛАС

1. Максималният брой точки за всяка задача е 10, а за цялата тема - 30.
2. Предложените решения са примерни и не са задължителни. Ако даден участник е предложил друго решение, то се оценява според максималния брой точки за съответното подусловие.
3. Числените отговори се приемат за верни, ако се различават от дадените по-долу с не повече от 10%.

Задача 1. а) От законите за скоростта $v = gt$ (0,5 т.)

и пътя: $s = h_0 - h = \frac{gt^2}{2}$ (0,5 т.)

намираме: $v = \sqrt{2g(h_0 - h)}$ (0,5 т.)

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 0,5 \text{ m}} \approx 3,1 \text{ m/s.} \quad (0,5 \text{ т.})$$

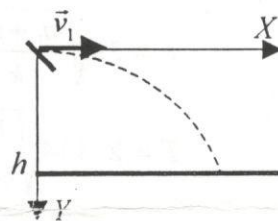
б) Скоростта v_1 на топката след удара е такава, че:

$$\frac{mv_1^2}{2} = 0,6 \frac{mv^2}{2}, \quad (1 \text{ т.})$$

откъдето: $v_1 = \sqrt{\frac{3}{5}}v = \sqrt{\frac{6g(h_0 - h)}{5}}$ (1 т.)

По X : $x = v_1 t$ (1 т.)

По Y : $y = \frac{1}{2}gt^2$ (1 т.)



Фиг. 1, а

В момента, когато топката достига земната повърхност $y = h$. (0,5 т.)

Следователно времето за полет е $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$, а далечината на полета:

$$x = v_1 t = \sqrt{\frac{12}{5}}h(h_0 - h) \quad (1 \text{ т.})$$

$$x = \sqrt{\frac{12 \cdot 1,5 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m}}{5}} \approx 1,34 \text{ m.} \quad (0,5 \text{ т.})$$

в) Изразът под корена $f(h) = \frac{12}{5}h(h_0 - h)$ е квадратна функция на h с нули

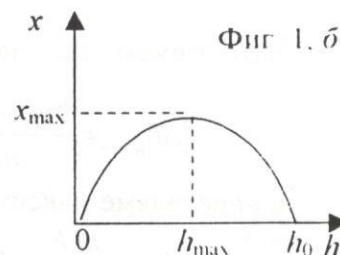
$h_1 = 0$ и $h_2 = h_0$. Графиката на x от h е представена на фиг. 1, б. (1 т. за правилно построена графика)

Квадратната функция приема максимална стойност при

$$h_{\max} = \frac{h_1 + h_2}{2} = \frac{h_0}{2} = 1 \text{ m.} \quad (0,5 \text{ т.})$$

Максималната далечина $x_{\max}$ на полета е съответно:

$$x_{\max} = h_0 \sqrt{\frac{3}{5}} \quad \text{или} \quad x_{\max} \approx 1,55 \text{ m.} \quad (0,5 \text{ т.})$$



Задача 2. а) Преди човекът да стъпи върху платформата пружината е свита под действие на теглото на платформата. Големината на началната деформация на пружината се определя от закона на Хук:

$$|\Delta l_0| = \frac{m_2 g}{k} \quad (1 \text{ т.})$$

След като човекът стъпи върху платформата трептенето се извършва около равновесно положение, в което пружината е деформирана с:

$$|\Delta l| = \frac{(m_1 + m_2)g}{k} \quad (1 \text{ т.})$$

Следователно амплитудата на трептенето е:

$$A = |\Delta l| - |\Delta l_0| = \frac{m_1 g}{k},$$

откъдето намираме коефициента на еластичност на пружината:

$$k = \frac{m_1 g}{A} \quad (1 \text{ т.})$$

Периодът на трептенето се определя от коефициента на еластичност на пружината и общата маса на телата, които трептят:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{(m_1 + m_2)A}{m_1 g}} \quad (1 \text{ т.})$$

$$T = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{100 \text{ kg} \cdot 0,2 \text{ m}}{80 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}} \approx 1,0 \text{ s.} \quad (0,5 \text{ т.})$$

б) Уравнението за движение на човека има вида (вж. фиг. 2):

$$m_1 a = R - m_1 g, \quad (1 \text{ т.})$$

а на платформата:

$$m_2 a = k|\Delta l| - R - m_2 g. \quad (1 \text{ т.})$$



Фиг. 2

От двете уравнения изразяваме силата на нормална реакция:

$$R = \frac{m_1 k}{m_1 + m_2} |\Delta l|. \quad (1 \text{ т.})$$

Големината на деформацията на пружината е максимална в крайно долно положение:

$$|\Delta l|_{\max} = |\Delta l_0| + 2A = \frac{m_2 g}{k} + 2A. \quad (1 \text{ т.})$$

Като вземем предвид, че $k = \frac{m_1 g}{A}$ намираме:

$$|\Delta l|_{\max} = \frac{2m_1 + m_2}{m_1} A$$

и определяме максималната сила на нормална реакция:

$$R = \frac{m_1 k}{m_1 + m_2} |\Delta l|_{\max} = \frac{m_1 (2m_1 + m_2)}{m_1 + m_2} g \quad (1 \text{ т.})$$

$$R = \frac{80 \text{ kg} \cdot (2 \cdot 80 \text{ kg} + 20 \text{ kg}) \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{100 \text{ kg}} \approx 1400 \text{ N.} \quad (0,5 \text{ т.})$$

Задача 3. а) От условието за интерференчен максимум:

$$d \sin \theta_k = k \lambda$$

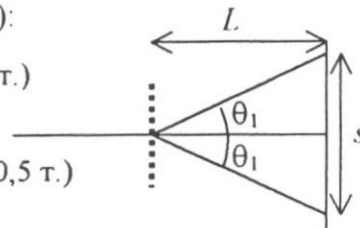
намираме при $k = 1$:

$$\sin \theta_1 = \frac{\lambda}{d}. \quad (1 \text{ т.})$$

Двата максимума от 1-ви порядък са разположени симетрично спрямо нулевия максимум и разстоянието между тях е (вж. фиг.3, а):

$$s = 2L \tan \theta_1 = \frac{2\lambda L}{\sqrt{d^2 - \lambda^2}} \quad (1 \text{ т.})$$

$$s = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-7} \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m}}{\sqrt{(1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m})^2 - (5 \cdot 10^{-7} \text{ m})^2}} \approx 0,18 \text{ m.} \quad (0,5 \text{ т.})$$



Фиг.3, а

б) Тъй като $\sin \theta_k < 1$ следва, че:

$$k \leq \frac{d}{\lambda} = 2,4. \quad (1 \text{ т.})$$

Оттук намираме, че максималният порядък на интерференчните максимуми е:

$$k_{\max} = 2. \quad (1 \text{ т.})$$

Общият брой на максимумите е:

$$N = 2k_{\max} + 1 = 5. \quad (1 \text{ т.})$$

в) При поставяне на плоскопаралелна пластинка максимумите от 1-ви порядък се отместват в посока към нулевия максимум на еднакви разстояния (вж. фиг. 3, б):

$$\delta x = h \tan \theta_1 - h \tan \beta = h \left(\frac{\sin \theta_1}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta_1}} - \frac{\sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \beta}} \right), \quad (1,5 \text{ т.})$$

а разстоянието между тях намалява с $\delta s = 2\delta x$. (0,5 т.)

Като вземем предвид, че $\sin \theta_1 = \frac{\lambda}{d}$ и

$$\sin \beta = \frac{\sin \theta_1}{n}, \quad (1 \text{ т.})$$

намираме

$$\delta s = 2h\lambda \left(\frac{1}{\sqrt{d^2 - \lambda^2}} - \frac{1}{\sqrt{(nd)^2 - \lambda^2}} \right) \quad (1 \text{ т.})$$

$$\delta s \approx 1,7 \cdot 10^{-2} \text{ m} (= 1,7 \text{ cm}). \quad (0,5 \text{ т.})$$

