

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Национална олимпиада по физика

Враца, 6 април 2015 .

Решения на темата за 8. клас и критерии за оценяване

Задача 1. Топче за пинг-понг

А) Движението на топчето е равноускорително с ускорение g . Времето, за което топчето пада, е:

$$(1) \quad t_0 = \sqrt{\frac{2h_0}{g}} = 0,4 \text{ s}, \quad \text{1 точка}$$

а скоростта му преди удара:

$$(2) \quad v_0 = gt_0 = \sqrt{2gh_0} = 4 \text{ m/s} \quad \text{1 точка}$$

Б) От условието следва, че

$$(3) \quad \frac{mv_1^2}{2} = 0,81 \frac{mv_0^2}{2}, \quad \text{1 точка}$$

където v_1 скоростта на топчето след първия удар. Следователно:

$$(4) \quad v_1 = 0,9v_0 \quad \text{1 точка}$$

След удара топчето се издига равнозакъснително с ускорение g , докато скоростта му стане равна на нула. Следователно времето за издигане е:

$$(5) \quad t_{\text{издигане}} = \frac{v_1}{g} = 0,9t_0 \quad \text{1 точка}$$

След това топчето пада надолу, докато достигне повърхността на масата със скорост v_1 (енергията на топчено между двата удара се запазва). Следователно времето за падане е:

$$(6) \quad t_{\text{падане}} = t_{\text{издигане}} = \frac{v_1}{g} = 0,9t_0 \quad \text{1 точка}$$

Общото време между първия и втория удар е:

$$(7) \quad t_1 = t_{\text{падане}} + t_{\text{издигане}} = \frac{2v_1}{g} = 1,8t_0 = 0,72 \text{ s}. \quad \text{1 точка}$$

В) Скоростта след всеки следващ удар е 0,9 от скоростта преди удара. От формула (6) следва, че времето до всеки следващ удар е 0,9 от времето до предишния удар. **1 точка**

В таблицата за всеки удар е даден моментът след пускане на топчето и времето до следващия удар. **1 точка (по 0,2 точки за всяко изчислено време на удар)**

№ на удар	Време от момента на пускане (s)	Време до следващия удар (s)
1	0,4	0,72
2	1,12	0,648
3	1,768	0,5832
4	2,87608	0,52488
5	3,348472	0,472392

Попълваме таблицата, докато стигнем до удар, протекъл в момент, по-късен от 3 s след пускането на топчето. От таблицата се вижда, че до третата секунда топчето отскача общо четири пъти. **1 точка**

Задача 2. Равновесие

А) Силите F_1 и F_2 действат в една посока и уравновесяват теглото на раницата:

(1)
$$F_1 + F_2 = mg$$
 1 точка

Ако разглеждаме ръката на Петър като опорна точка на едностранен лост, рамото на силата mg е x , а на F_1 е l . От условието за равновесие на лоста имаме:

(2)
$$F_1 l = mgx$$
 1 точка

откъдето:

(3)
$$F_1 = \frac{mgx}{l} = 25 \text{ N},$$
 1 точка

За силата F_2 имаме:

(4)
$$F_2 = mg - F_1 = 75 \text{ N.}$$
 0,5 точки

Алтернативно решение. Можем да разглеждаме ръката на Гергана като опорна точка на лост. В този случай условието за равновесие е:

$$F_2 l = mg(l - x)$$

откъдето:

$$F_2 = \frac{mg(l - x)}{l} = 75 \text{ N.}$$

Б) Понеже моливът е симетрично тяло, центърът му на тежестта се намира в центъра C на шестоъгълника. **1 точка**

Според правилото на Торичели най-големият ъгъл, на който може да се наклони равнината, съответства на случая, когато центърът на тежестта се намира на една вертикална права с долния ръб на опорната площ (може и само чертеж). **1 точка**

От чертежа се вижда, че $\alpha = 30^\circ$. **1 точка**



В) Тухлата 1 може да се премести спрямо тухлата 2 най-много на разстояние:

(1)
$$x_1 = \frac{l}{2} = 10 \text{ cm.}$$
 1 точка

Ако разглеждаме тухлите 1 и 2 като едно общо тяло, неговият център на тежестта е в центъра C на симетрия, т.е. на разстояние:

(2)
$$x_2 = \frac{l}{4} = 5 \text{ cm.}$$
 1,5 точки

от ръба на тухлата 2. Следователно, за да не се преобърнат горните две тухли, те могат да бъдат отместени като цяло, докато точката C застане вертикално над ръба на тухлата 3, т.е. най-много на разстояние x_2 . Следователно максималната дължина на образувания покрив е:

(3)
$$L = x_1 + x_2 = 15 \text{ cm.}$$
 1 точка

Задача 3. Плаване

А) От условието за плаване имаме:

$$(1) \quad F_A = (M + m)g \quad \text{0,5 точки}$$

Архимедовата сила, която действа на шлепа, зависи от обема $V = Sh$ на потопената му част:

$$(2) \quad F_A = \rho g Sh \quad \text{1 точка}$$

Отгук намираме:

$$(3) \quad h = \frac{(M + m)}{\rho S}. \quad \text{0,5 точки}$$

Когато шлепът не е натоварен ($m = 0$), дълбочината му на потапяне е:

$$(4) \quad h_0 = \frac{M}{\rho S} = 0,8 \text{ m} \quad \text{0,5 точки}$$

Ако шлепът бъде натоварен с маса, равна на неговата собствена маса ($m = M$), дълбочината му на потапяне ще бъде два пъти по-голяма, т.е. $h = 2h_0 = 1,6 \text{ m}$. От графиката отчитаме, че тази дълбочина на потапяне съответства на маса:

$$(5) \quad M = m = 40 \text{ t (40 000 kg)}. \quad \text{1 точка}$$

От уравнение (3) определяме площта на дъното:

$$(6) \quad S = \frac{M}{\rho h_0} = \frac{40\,000 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,8 \text{ m}} = 50 \text{ m}^2 \quad \text{1 точка}$$

Б) От II принцип на Нютон следва, че при движението на шлепа:

$$(7) \quad (M + m)a = F - f. \quad \text{1 точка}$$

Ако скоростта на шлепа е постоянна, неговото ускорение е нула. Следователно в този случай:

$$(8) \quad F = f = khv^2. \quad \text{0,5 точки}$$

При маса на товара $m = 25 \text{ t}$ шлепът е потопен на дълбочина $h = 1,3 \text{ m}$. Следователно големината на теглителната сила на влекача е:

$$(9) \quad F = 400 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,3 \text{ m} \cdot (5 \text{ m/s})^2 = 13\,000 \text{ N}. \quad \text{1 точка}$$

За време t шлепът изминава път $s = vt$, при което влекачът извършва работа $A = Fs = Fvt$. Следователно мощността на влекача е:

$$(10) \quad P = \frac{A}{t} = Fv = 13\,000 \text{ N} \cdot 5 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 65\,000 \text{ W} \approx 87 \text{ к. с.} \quad \text{1 точка}$$

В) Ако шлепът е празен, дълбочината му на потапяне е $h_1 = 0,8 \text{ m}$. В този случай от уравнение (8) при същата големина на силата F имаме:

$$(11) \quad hv^2 = h_1 v_1^2. \quad \text{1 точка}$$

Отгук намираме скоростта на празния шлеп:

$$(12) \quad v_1 = v \sqrt{\frac{h}{h_1}} = 5 \text{ m/s} \cdot \sqrt{\frac{1,3}{0,8}} \approx 6,4 \text{ m/s}. \quad \text{1 точка}$$