МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА, ОБЛАСТЕН КРЪГ, 18 февруари 2024 г.
Решения на темата за 9. клас (трета състезателна група)

Упътване. За всяко обосновано и вярно алтернативно решение се дава пълният брой точки за съответното подусловие.

Задача 1. а) Шнурът действа на телата с маса M и $M+m$ с еднакви сили T, тъй като масата му е пренебрежима.**(0,5 т.)** Телата се движат с едно и също ускорение a – лявото нагоре, а дясното надолу.**(0,5 т.)** Тогава уравненията на движение са:

(1) $$Ma = T - Mg\,,$$ **(1 т.)**

(2) $$(M+m)a = (M+m)g - T\,.$$ **(1 т.)**

Като съберем почленно уравненията (1) и (2), намираме

(3) $$a = \frac{m}{2M+m}g\,.$$ **(1 т.)**

б) За намиране на силата на опън T от уравнение (2) изваждаме (1), при което получаваме

$$2T = (2M+m)g - ma\,.$$ **(0,5 т.)**

След като заместим ускорението с израза (3), определяме

$$T = \frac{2M(M+m)}{2M+m}g\,.$$ **(0,5 т.)**

в) Тялото с маса m се движи с ускорение a под действие на силата на тежестта mg и силата на реакция R, като уравнението на движение е

$$ma = mg - R\,.$$ **(1 т.)**

Тъй като $N = R$ (трети принцип на динамиката), намираме.

$$N = m(g-a)\,,$$ **(0,5 т.)**

което води до следния израз

$$N = \frac{2Mm}{2M+m}g\,.$$ **(0,5т.)**

г) Шнурът действа върху макарата със сила $2T$, което означава, че силата $F = 2T$, **(0,5 т.)** Тогава имаме

$$F = \frac{4M(M+m)}{2M+m}g\,.$$ **(1 т.)**

За да сравним силите P и F, пресмятаме разликата

$$P - F = (2M+m)g - \frac{4M(M+m)}{2M+m}g = \frac{m^2}{2M+m}g > 0\,.$$ **(1 т.)**

Следователно движещата се система (фиг. 1) действа върху гредата с по-малка сила, отколкото неподвижно окачени тела с обща маса $2M + m$. **(0,5 т.)**

Задача 2. А. а) Тялото се движи по масата под действие на силата на триене $f = kmg$. **(0,5 т.)** Следователно ускорението му съгласно с втория закон на Нютон е

$$a = \frac{f}{m} = kg \approx 0{,}59\ \mathrm{m/s^2}. \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

б) Тъй като движението е равнозакъснително

$$\frac{\upsilon_0^2 - \upsilon^2}{2a} = l, \qquad \textbf{(1 т.)}$$

откъдето следва израза

$$\upsilon = \sqrt{\upsilon_0^2 - 2al} = \sqrt{\upsilon_0^2 - 2kgl}, \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

чиято стойност е

$$\upsilon \approx 1{,}3\ \mathrm{m/s}. \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

в) От закона за скоростта при равнозакъснително движение имаме

$$\upsilon = \upsilon_0 - at, \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

откъдето намираме

$$t = \frac{\upsilon_0 - \upsilon}{a} = \frac{\upsilon_0 - \upsilon}{kg} \approx 1{,}2\ \mathrm{s}. \qquad \textbf{(1 т.)}$$

г) Избираме потенциалната енергия на тялото да е нула , когато то се намира на пода. Тогава на ръба на масата пълната му енергия е

$$E_1 = \frac{m\upsilon^2}{2} + mgh. \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

Когато то падне на пода и остане в покой, пълната му механична енергия е $E_2 = 0$ и се отделя енергия Q. От закона за запазване на енергията имаме

$$E_1 = E_2 + Q = Q, \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

откъдето следва

$$h = \frac{Q}{mg} - \frac{\upsilon^2}{2g} = \frac{Q}{mg} - \frac{\upsilon_0^2}{2g} + kl \approx 0{,}94\ \mathrm{m}. \qquad \textbf{(1 т.)}$$

Б. Тялото изминава при изкачване, както и при спускане, път s по наклонената равнина. Нагоре то се движи време t_1 с ускорение a_1, а се спуска за време t_2 с ускорение a_2. **(0,5 т.)** По определение средната скорост при това движение е

$$\upsilon_{\text{ср}} = \frac{2s}{t_1 + t_2}. \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

Изминатият път нагоре се дава с израза

$$s = \upsilon_1 t_1 - \frac{a_1 t_1^2}{2}, \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

а надолу – с израза

$$s = \frac{a_2 t_2^2}{2}. \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

От закона за скоростта намираме

$$\upsilon_1 = a_1 t_1, \qquad \upsilon_2 = a_2 t_2. \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

Тогава имаме

$$\frac{s}{t_1} = \frac{\upsilon_1}{2}, \qquad \frac{s}{t_2} = \frac{\upsilon_2}{2}. \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

Окончателно за средната скорост получаваме

$$\upsilon_{\text{ср}} = \frac{2}{\frac{t_1}{s} + \frac{t_2}{s}} = \frac{\upsilon_1 \upsilon_2}{\upsilon_1 + \upsilon_2}. \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

Задача 3. А. а) Налягането на течността върху горната хоризонтална стена е

$$p_1 = \rho g(h - a). \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

Тогава силата, с която течността действа на стената, има посока надолу и големина

$$F_1 = p_1 a^2 = \rho g(h - a)a^2. \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

б) На нивото на долната стена хидростатичното налягане е

$$p_2 = \rho g h. \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

Тогава силата, действаща на долната стена, има посока нагоре и големина

$$F_2 = p_2 a^2 = \rho g h a^2. \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

в) Налягането върху вертикална стена се изменя от p_1 до p_2 и е пропорционално на дълбочината от $h - a$ до h. То може да бъде заменено със средната му стойност

$$p_{\text{ср}} = \frac{p_1 + p_2}{2} = \rho g\left(h - \frac{a}{2}\right). \qquad \textbf{(1 т.)}$$

Тогава силата е насочена от течността към стената и има големина

$$F_3 = p_{\text{ср}} a^2 = \rho g\left(h - \frac{a}{2}\right)a^2. \qquad \textbf{(0,5 т.)}$$

г) Първоначално ще отчетем, че силите върху всеки две противоположни вертикални стени се уравновесяват. Тогава резултантната сила, действаща на куба, е насочена нагоре и има големина

$$F = F_2 - F_1 = \rho g a^3. \qquad \textbf{(1 т.)}$$

Б. Течността с плътност ρ_1 се разполага над тази с плътност ρ_2 .**(0,5 т.)** Ще означим с x дълбочината на потопяване на куба в течността 2, а с h – дебелината на слоя течност 1. На горната стена на куба действа сила

$$F_1 = \rho_1 g(h - a + x)a^2, \qquad \textbf{(1 т.)}$$

насочена надолу. Върху долната стена действа сила

$$F_2 = \rho_1 gha^2 + \rho_2 gxa^2, \qquad \textbf{(1 т.)}$$

насочена нагоре. Освен това във вертикална посока на куба действа и силата на тежестта

$$G = \rho ga^3, \qquad \textbf{(1 т.)}$$

насочена надолу. От условието за равновесие на куба

$$F_2 - G - F_1 = 0, \qquad \textbf{(1 т.)}$$

следва

$$x = \frac{\rho - \rho_1}{\rho_2 - \rho_1} a . \qquad \textbf{(1 т.)}$$