МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Областен кръг на олимпиадата по физика, 18.02.2023 г.

Решения на темата за трета състезателна група (9. клас) и критерии за оценяване

Задача 1. А) Безопасната скорост v е:

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{60} = 7{,}75\ \mathrm{m/s}$$

За получаване на правилен израз (**1 т)** и за числен отговор (**1 т)**.

Б) Нека H е височината, от която пада ключът. Той има начална скорост, равна на скоростта, с която пада парашутистът **(1 т)**. Понеже ключът се движи равноускорително, е в сила уравнението:

$$H = vt + \frac{gt^2}{2}. \qquad \textbf{(1 т)}$$

Парашутистът изминава същото разстояние равномерно и следователно:

$$H = v(t + \Delta t). \qquad \textbf{(1 т)}$$

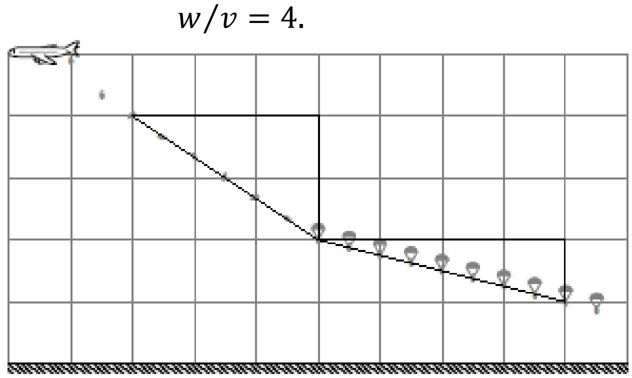
След извадим почленно двете уравнения, получаваме:

$$\Delta t = \frac{gt^2}{2v}, \qquad \textbf{(1 т)}$$

$$\Delta t \approx 93\ \mathrm{s}. \qquad \textbf{(1 т)}$$

В) От фигурата се вижда, че за времето, за което парашутистът с отворен парашут изминава едно квадратче, самолетът изминава четири квадратчета. Следователно:

$$w/v = 4. \qquad \textbf{(1 т)}$$



Г) Подобно разсъждение за парашутистите, чийто парашут още не е отворен, дава:

$$w/u = 3/2 \qquad \textbf{(1 т)}$$

Д) Като използваме резултатите от предишните точки, намираме:

$$u/v = 8/3 \qquad \textbf{(1 т)}$$

Задача 2. Част 1.

А) При плаване в прясна вода:

$$\rho g(Sh + V_т) = (m + m_т)g, \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

където S е площта на основата на плувката, m е нейната маса, а $V_т$ и $m_т$ са съответно обемът и масата на закаченото топче. При плаване в морска вода получаваме:

$$\rho g(S(h - \Delta h) + V_т) = (m + m_т)g, \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

Като извадим почленно двете уравнения, получаваме:

$$\Delta h = \left(1 - \frac{\rho}{\rho_м}\right)h, \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

$$\Delta h = 0{,}8\ \mathrm{mm}. \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

Б) Първи случай: Плувката е потопена и в трите течности (вж. фигурата). Тогава условието за плаване има вида:

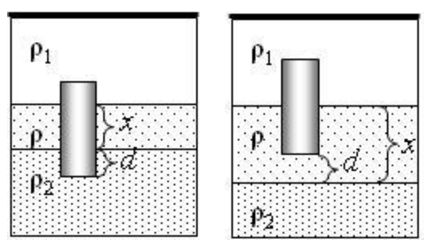
$$\rho_п ghS = \rho_1 g(h - d - x) + \rho gSx + \rho_2 gSd \qquad \textbf{(1 т)}$$

$$x = h\frac{\rho_п - \rho_1}{\rho - \rho_1} - d\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho - \rho_1} = 5\ \mathrm{mm} \qquad \textbf{(1 т)}$$

Втори случай: Плувката е потопена само в горната и в средната течност:

$$\rho_п ghS = \rho_1 g(h + d - x) + \rho gS(x - d) \qquad \textbf{(1 т)}$$

$$x = d + h\frac{\rho_п - \rho_1}{\rho - \rho_1} = 17{,}5\ \mathrm{mm} \qquad \textbf{(1 т)}$$



Част 2. Силата на тежестта, която действа на долната полусфера и намиращото се в нея олово, е:

$$F_1 = mg + \rho_о g\frac{2}{3}\pi R^3 \qquad \textbf{(1 т)}$$

От друга страна разтопеното олово в горната полусфера упражнява върху оловото в долната полусфера хидростатично налягане:

$$p = \rho_о gR \qquad \textbf{(1 т)}$$

и следователно ѝ действа със сила на натиск:

$$F_2 = pS = \rho_о gR \cdot \pi R^2 = \pi\rho_о gR^3 \qquad \textbf{(1 т)}$$

От условието за равновесие следва, че долната полусфера трябва да бъде притисната със сила:

$$F = F_1 + F_2 = \left(m + \frac{5}{3}\pi\rho_o g R^3\right) g \qquad \textbf{(1 т)}$$

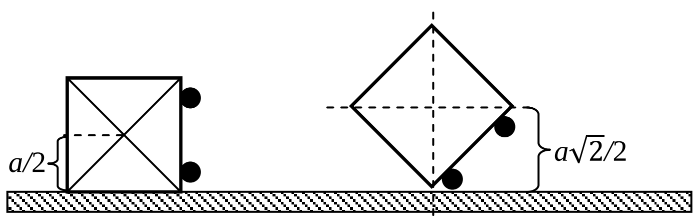
Задача 3. А) В началото центърът на тежестта на куба се намира на височина:

$$h_1 = b/2 \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

Борко би извършил минимална работа, ако преобърне куба около неговия ръб. Тогава центърът на тежестта достига максимална височина:

$$h_2 = b\sqrt{2}/2 \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

в момента, когато диагоналът на куба е вертикален.



В този случай извършената от Борко работа е равна на промяната на потенциалната енергия на куба:

$$A = mgh_2 - mgh_1 = mg\frac{b}{2}(\sqrt{2} - 1) \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

Като заместим с числените данни:

$$A = 0{,}5\ \mathrm{kg}\,.10\ \mathrm{m/s^2}\ .\frac{0{,}1\ \mathrm{m}}{2}\left(\sqrt{2} - 1\right) \approx 0{,}1\ \mathrm{J} \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

Б) Колелата оказват върху пода натиск:

$$N = mg \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

Минималната сила, с която Борко трябва да бута автомобилчето, е равна на силата на триене между колелата и пода:

$$F = kN = kmg \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

Следователно минималната работа, за да бъде избутано автомобилчето на разстояние d, е:

$$A_1 = Fd = kmgd \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

Като заместим с числените данни:

$$A_1 = 0{,}4\ .\ 0{,}5\ \mathrm{kg}\ .\ 10\ \mathrm{m/s^2}\ .\ 1{,}2\ \mathrm{m} = 2{,}4\ \mathrm{J} \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

В) Минималната сила, която трябва да приложи Борко, е равна на силата на тежестта, действаща на автомобилчето. Следователно, извършеената работа, е:

$$A_2 = Gd = mgd \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

$$A_2 = 0{,}5\,\mathrm{kg}\,.\,10\,\mathrm{m/s^2}\ .\ 1{,}2\,\mathrm{m} = 6\,\mathrm{J} \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

Г) Силата на триене между буксуващите колела и пътя е движещата сила, която ускорява автомобилчето:

$$F = kN = kmg \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

От II принцип на механиката следва, че докато колелата буксуват, автомобилчетно се движи равноускорително с ускорение:

$$a = \frac{F}{m} = kg \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

$$a = 4\,\mathrm{m/s^2} \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

Д) До момента t_0 автомобилчето се движи равноускорително. От закона за скоростта при нулева начална скорост, намираме:

$$v_0 = at_0 = 8\,\mathrm{m/s} \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

След този момент колелата „зацепват” към пода и силата на триене става по-малка от силата на триене при хлъзгане, т.е. автомобилчето се движи под действие на намаляваща теглителна сила с намаляващо ускорение. Скоростта в по-късния момент t_1 обаче може да бъде определена чрез закона за запазване на енергията. Понеже движението без буксуване е продължава време $\Delta t = t_1 - t_0 = 3$ s, двигателят извършва механична работа:

$$A = P\Delta t = P(t_1 - t_0) \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

По условие цялата извършена от двигателя работа се изразходва за увеличаване на кинетичната енергия на автомобилчето:

$$P(t_1 - t_0) = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \qquad \textbf{(0,5 т)}$$

Оттук получаваме израз за скоростта в крайния момент:

$$v_1 = \sqrt{v_0^2 + \frac{2P(t_1 - t_0)}{m}} \qquad \textbf{(1 т)}$$

Като заместим с числените данни:

$$v_1 = \sqrt{(8\,\mathrm{m/s})^2 + \frac{2\,.\,16\,\mathrm{W}\,.\,3\,\mathrm{s}}{0{,}5\,\mathrm{kg}}} = 16\,\mathrm{m/s}\ \ (\approx 58\,\mathrm{km/h}\,!) \qquad \textbf{(1 т)}$$