МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА, ОБЛАСТЕН КРЪГ, 23 февруари 2020 г.
Решения на темата за IX клас (трета състезателна група)

Задача 1. Равнопроменливи движения

Част I а) При равноускорителното движение тялото развива скорост $v_{\text{у}} = at_{\text{у}}$. **[0,5 т.]** След това тялото се движи равнозакъснително, докато спира, т.е. $v_{\text{у}} - 2at_{\text{з}} = 0$. **[0,5 т.]** Оттук $t_{\text{з}} = \frac{v_{\text{у}}}{2a} = \frac{t_{\text{у}}}{2}$ и търсеното отношение е $\frac{t_{\text{у}}}{t_{\text{з}}} = 2$. **[0,5 т.]**

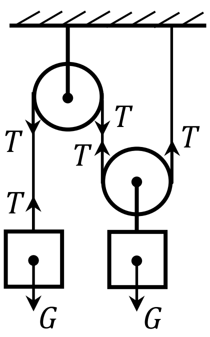
б) При равноускорителното движение тялото изминава път $s = \frac{at_{\text{у}}^2}{2}$, откъдето $t_{\text{у}} = \sqrt{\frac{2s}{a}}$. **[1 т.]**
При равнозакъснителното движение тялото изминава път $s_{\text{з}} = \frac{v_{\text{у}}^2}{4a} = \frac{at_{\text{у}}^2}{4} = \frac{s}{2} = 100\ \text{m}$. **[1 т.]**

в) Общият път, изминат от тялото, е $s + s_{\text{з}} = \frac{3s}{2}$. **[0,5 т.]** Времето за движение е $t_{\text{у}} + t_{\text{з}} = \frac{3t_{\text{у}}}{2}$. **[0,5 т.]** Оттук средната скорост на движение е $v_{\text{ср}} = \frac{s+s_{\text{з}}}{t_{\text{у}}+t_{\text{з}}} = \frac{s}{t_{\text{у}}} = \sqrt{\frac{as}{2}} = 10\ \text{m/s}$. **[1 т.]**

г) В този случай времето за равнозакъснително движение е $t_{\text{з}}' = \frac{2v_{\text{у}}}{a} = 2t_{\text{у}}$. **[0,5 т.]** За това време тялото изминава път $s_{\text{з}}' = \frac{v_{\text{у}}^2}{a} = at_{\text{у}}^2 = 2s$. **[0,5 т.]** Следователно, средната скорост ще бъде $v_{\text{ср}}' = \frac{s+s_{\text{з}}'}{t_{\text{у}}+t_{\text{з}}'} = \frac{s}{t_{\text{у}}} = \sqrt{\frac{as}{2}} = 10\ \text{m/s}$. **[1 т.]**

Част II До момента на настигането автомобилът изминава път $s_{\text{А}} = \frac{a_{\text{А}}(t_0+t)^2}{2}$. **[0,5 т.]** Дотогава мотоциклетът изминава път $s_{\text{М}} = \frac{a_{\text{М}}t^2}{2}$. **[0,5 т.]** Условието мотоциклетът да настигне автомобила е $s_{\text{А}} = s_{\text{М}}$, откъдето $t_0 = t\left(\sqrt{\frac{a_{\text{М}}}{a_{\text{А}}}} - 1\right) = 30\ \text{s}$. **[1,5 т.]**

Задача 2. Макари и трупчета

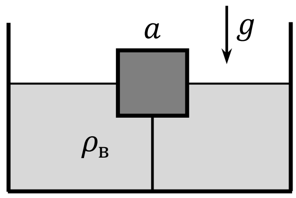


а) На лявото трупче действа силата на тежестта $G = mg$ надолу **[0,3 т.]** и силата на опън на нишката T нагоре **[0,2 т.]**. На дясното трупче действа същата сила на тежестта $G = mg$ **[0,3 т.]**, но силата на опън от страна на дясната макара е $2T$ **[0,5 т.]** (следствие от безмасовостта на макарата), както може да се види на чертежа вляво. Ако ускорението на лявото трупче е a, то дясното трупче ще се движи нагоре с ускорение $a/2$, тъй като дясното трупче изминава двойно по-малък път от лявото, а пътят е пропорционален на ускорението при движение без начална скорост. **[0,7 т.]** Като приложим II принцип на Нютон за двете трупчета, ще получим: $mg - T = ma$ **[0,5 т.]** (за лявото трупче) и $2T - mg = ma/2$ **[0,5 т.]** (за дясното трупче). От тези две уравнения получаваме ускорението $a = \frac{2g}{5} = 4\ \text{m/s}^2$ **[1,5 т.]** и силата на опън $T = \frac{3mg}{5} = 1{,}2\ \text{N}$ **[1 т.]**.

б) Ще означим пътя, изминат от лявото трупче, с $s = at^2/2$. **[0,5 т.]** За същото време дясното трупче изминава път $s/2$ нагоре. **[0,5 т.]** Разликата между височините, на които се намират трупчетата, ще бъде $\frac{3s}{2} = \frac{3at^2}{4} = h$ **[0,5 т.]**, откъдето $t = \sqrt{\frac{4h}{3a}} = \sqrt{\frac{10h}{3g}} = 0{,}2\ \text{s}$ **[1 т.]**.

в) Кинетичната енергия на лявото трупче ще бъде $E_{\text{к,л}} = \frac{ma^2t^2}{2}$. **[0,5 т.]** Като заместим резултатите от предните подусловия, получаваме $E_{\text{к,л}} = \frac{4mgh}{15} = 64$ mJ. **[0,5 т.]** В този момент кинетичната енергия на дясното трупче ще бъде $E_{\text{к,д}} = \frac{ma^2t^2}{8}$, т.е. $E_{\text{к,д}} = \frac{mgh}{15} = 16$ mJ. **[1 т.]**

Задача 3. Плаващ куб



а) Архимедовата сила е равна на теглото на изместената от куба вода: $F_{\text{A}} = \frac{\rho_{\text{в}}Vg}{2}$ **[0,5 т.]**, където с V сме означили обема на куба, т.е. $F_{\text{A}} = \frac{\rho_{\text{в}}a^3g}{2} = 40$ N **[1 т.]**.

б) На куба действат три сили: силата на тежестта $G = \rho_{\text{к}}Vg = \rho_{\text{к}}a^3g$, която е насочена надолу **[0,5 т.]**; силата на опън T на нишката, която е насочена отново надолу **[0,5 т.]**; Архимедовата сила $F_{\text{A}} = \frac{\rho_{\text{в}}a^3g}{2}$, която е насочена нагоре **[0,5 т.]**. От условието за равновесие на куба във вертикално направление следва, че $G + T = F_{\text{A}}$ **[0,5 т.]**, откъдето $\rho_{\text{к}} = \frac{\rho_{\text{в}}}{2} - \frac{T}{ga^3} = 0{,}2\ \text{g/cm}^3$ **[1 т.]**.

в) До момента на скъсването на нишката кубът е в равновесие, т.е. $G + T_{\max} = F_{\text{A,max}}$ **[0,5 т.]**, като максималната Архимедова сила $F_{\text{A,max}} = \frac{\rho_{\text{в}}a^3g}{2} + \rho_{\text{о}}a^2hg$ **[0,5 т.]**. Оттук $\rho_{\text{о}}a^2hg = T_{\max} - T$ **[1 т.]** и $h = \frac{T_{\max} - T}{\rho_{\text{о}}a^2g} = 7{,}5$ cm **[1 т.]**.

г) След скъсването на нишката кубът се издига нагоре и окончателно се намира в равновесие, като е потопен само в олиото, т.е. $G = F'_{\text{A}} = \rho_{\text{о}}a^2dg$. **[1 т.]** Дълбочината на потапяне на куба е $d = \frac{G}{\rho_{\text{о}}a^2g} = \frac{F_{\text{A}} - T}{\rho_{\text{о}}a^2g}$ **[0,5 т.]**, откъдето $d = \frac{\rho_{\text{в}}a}{2\rho_{\text{о}}} - \frac{T}{\rho_{\text{о}}a^2g} = 5$ cm **[1 т.]**.

Внимание! (важи за решенията на всички задачи)
За всякакви алтернативни решения, обяснени ясно и получаващи същите резултати, да се присъжда пълния брой точки, посочени за съответното подусловие.