МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА, ОБЛАСТЕН КРЪГ, 5 февруари 2019 г.
Решения на темата за 8. клас (втора възрастова група)

Задача 1. Равнопроменливи движения

а) Скоростите на двете тела се изразяват по следния начин: $v_1 = v_0 + at$, $v_2 = 2v_0 - at/2$, където t е времето за движение. **[0,5 т.]** Оттук следва, че времето за изравняване на скоростите се получава от уравнението $v_0 + at_{\text{изр}} = 2v_0 - at_{\text{изр}}/2$, т.е. $t_{\text{изр}} = \frac{2v_0}{3a}$. **[0,5 т.]** Пътищата, които изминават двете тела, се представят с изразите: $s_1 = v_0 t + at^2/2$ и $s_2 = 2v_0 t - at^2/4$. **[1 т.]** Следователно, времето за настигане $t_{\text{наст}}$ може да се получи от уравнението $v_0 t_{\text{наст}} + \frac{at_{\text{наст}}^2}{2} = 2v_0 t_{\text{наст}} - \frac{at_{\text{наст}}^2}{4}$, откъдето $t_{\text{наст}} = \frac{4v_0}{3a}$. **[0,5 т.]** Оттук, изминатият път до момента на изпреварването е $s_{\text{наст}} = v_0 t_{\text{наст}} + \frac{at_{\text{наст}}^2}{2} = \frac{20v_0^2}{9a}$. **[1 т.]** От изразите за $t_{\text{изр}}$ и $s_{\text{наст}}$ получаваме, че $v_0 = \frac{3s_{\text{наст}}}{10t_{\text{изр}}} = 9\ \text{m/s}$ **[1 т.]**, $a = \frac{s_{\text{наст}}}{5t_{\text{изр}}^2} = 1\ \text{m/s}^2$. **[1 т.]**

б) Максималната преднина на второто тяло (пред първото) се дава от израза $s_2(t_{\text{изр}}) - s_1(t_{\text{изр}})$ **[1 т.]**, защото преди изравняването на скоростите второто тяло има по-голяма скорост от първото и разстоянието между двете тела се увеличава, докато след изравняването на скоростите първото тяло е с по-голяма скорост и, съответно, разстоянието между телата намалява, т.е. максимумът на $s_2 - s_1$ се реализира точно, когато двете тела са с еднакви скорости: $(s_2 - s_1)_{\max} = s_2(t_{\text{изр}}) - s_1(t_{\text{изр}}) = v_0 t_{\text{изр}} - \frac{3at_{\text{изр}}^2}{4} = \frac{v_0^2}{3a} = \frac{3s_{\text{наст}}}{20} = 27\ \text{m}$. **[1,5 т.]**

в) Второто тяло спира да се движи след време $t_{\text{спир}}$, когато $v_2 = 2v_0 - \frac{at_{\text{спир}}}{2} = 0$, откъдето $t_{\text{спир}} = \frac{4v_0}{a}$. **[0,5 т.]** Търсеният път е $s_1' = s_1(t_{\text{спир}}) = v_0 t_{\text{спир}} + \frac{at_{\text{спир}}^2}{2} = \frac{12v_0^2}{a} = \frac{27s_{\text{наст}}}{5} = 972\ \text{m}$. **[1,5 т.]**

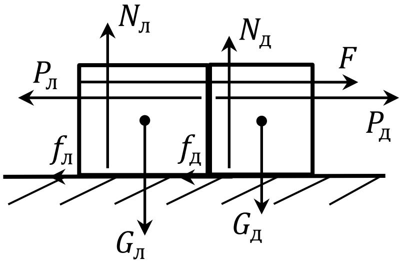
Задача 2. Свободно падане

а) Изразът за изминатия от първата топка път е $s_1 = gt^2/2$ **[0,5 т.]**, където с t сме означили времето след пускането на топката. Втората топка е пусната време t_0 след първата, откъдето изразът за нейния път е $s_2 = g(t - t_0)^2/2$. **[1 т.]** За да се намират топките на една и съща височина, трябва $s_1(t') - s_\text{п} = s_2(t')$ **[0,5 т.]**, т.е. $\frac{gt'^2}{2} - s_\text{п} = \frac{g(t'-t_0)^2}{2}$. **[0,5 т.]** Решението на това уравнение е $t' = \frac{2s_\text{п} + gt_0^2}{2gt_0} = 5\ \text{s}$. **[1,5 т.]** Търсеното разстояние s' от покрива на небостъргача е $s' = s_1(t') = \frac{(2s_\text{п} + gt_0^2)^2}{8gt_0^2} = 125\ \text{m}$. **[1 т.]**

б) Скоростите на топките се изразяват чрез следните зависимости: $v_1 = gt$ **[0,5 т.]**, $v_2 = g(t - t_0)$ **[1 т.]**, така че търсеното отношение е $\frac{v_1'}{v_2'} = \frac{v_1(t')}{v_2(t')} = \frac{t'}{t'-t_0} = \frac{2s_\text{п} + gt_0^2}{2s_\text{п} - gt_0^2} = \frac{5}{3}$. **[1 т.]**

в) Изминалото време между моментите на падане на двете топки на земята е $\Delta t = t_2 - t_1$, където $t_1 = \sqrt{\frac{2H}{g}}$ **[0,5 т.]** е времето, за което първата топка достига до земята, а $t_2 = t_0 + \sqrt{\frac{2(H-s_\text{п})}{g}}$ **[1 т.]** е времето, което е нужно на втората топка, за да стигне до земята. Така $\Delta t = t_0 + \sqrt{\frac{2(H-s_\text{п})}{g}} - \sqrt{\frac{2H}{g}} \approx 0{,}76\ \text{s}$. **[1 т.]**

Задача 3. Хлъзгащи се трупчета



а) Силите, които действат на трупчетата, са показани на чертежа вляво. На лявото трупче действа силата на тежестта $G_л$, реакцията на опората $N_л$, силата F, силата на натиск $P_л$ от страна на дясното трупче, както и силата на триене $f_л$. **[1,5 т.]** На дясното трупче действа силата на тежестта $G_д$, реакцията на опората $N_д$, силата на натиск $P_д$ от страна на лявото трупче, както и силата на триене $f_д$. **[1,2 т.]**

б) Силите на тежестта, които действат на двете трупчета, са с големини $G_л = m_л g$ и $G_д = m_д g$. **[0,2 т.]** От условията за равновесие на трупчетата във вертикално направление следва, че $N_л = G_л = m_л g$ и $N_д = G_д = m_д g$. **[0,2 т.]** На трупчетата действат сили на триене с големини $f_л = k_л N_л = k_л m_л g$ и $f_д = k_д N_д = k_д m_д g$. **[0,2 т.]** Като отчетем посоките на силите, които действат на трупчетата, от II принцип на механиката се получават следните две уравнения: $F - k_л m_л g - P_л = m_л a$ **[0,7 т.]** и $P_д - k_д m_д g = m_д a$ **[0,7 т.]**, като $P_л = P_д = P$ от III принцип на механиката. Като съберем двете уравнения, за да изключим силите на натиск, получаваме, че $F - k_л m_л g - k_д m_д g = (m_л + m_д)a$. **[0,5 т.]** Нека да положим в последното уравнение, че $k_л = 2x$, а $k_д = 3x$. **[0,3 т.]** Тогава $x = \frac{F-(m_л+m_д)a}{(2m_л+3m_д)g}$ и така $k_л = \frac{2[F-(m_л+m_д)a]}{(2m_л+3m_д)g} = 0{,}1$, а $k_д = \frac{3[F-(m_л+m_д)a]}{(2m_л+3m_д)g} = 0{,}15$. **[1,5 т.]**

в) Големината на силите на натиск между трупчетата е $P = m_д(a + k_д g) = \frac{(3F-m_л a)m_д}{2m_л+3m_д} = 0{,}92$ N. **[1 т.]**

г) След отстраняването на силата F трупчетата продължават да се движат (вече равнозакъснително) долепени едно до друго, тъй като $k_д > k_л$. Това се вижда, като разпишем II принцип на механиката за двете трупчета в този случай: $k_л m_л g + P' = m_л a'$ **[0,5 т.]** и $k_д m_д g - P' = m_д a'$. **[0,5 т.]** В последните две уравнения сме отчели, че ускорението е насочено наляво за разлика от преди. След събиране на двете уравнения получаваме, че $a' = \frac{(k_л m_л + k_д m_д)g}{m_л+m_д} = \frac{F}{m_л+m_д} - a = 1{,}2\ \mathrm{m/s^2}$. **[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.