

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ФИЗИКА

НАЦИОНАЛЕН КРЪГ, 3 април 2018 г., Русе

Тема 7. клас (първа състезателна група)

Примерни решения и критерии за оценяване

Задача 1. Стъпка по стъпка

а) Както се вижда на фиг. 2а от условието на задачата, винаги едно от стъпалата се допира до земята, т.е. фиг. 2а изобразява вървене. [1 т.] На фиг. 2б е изобразено бягане, тъй като има времеви отрязъци, в които и двете стъпала са във въздуха, което е характерно за бягането. [1 т.]

б) Знаем, че $\ell_b/\ell_d = L_b/L_d = 2,5$, откъдето следва, че $\ell_d = \frac{\ell_b}{2,5} = 0,64 \text{ m}$. [0,5 т.]

Аналогично $L_d = \frac{L_b}{2,5} = 1,16 \text{ m}$. [0,5 т.]

в) Фиг. 2а от условието изобразява вървящо дете. Ще означим времето, за което дадено стъпало е във въздуха (по време на една крачка), с $t_{d1} = 0,4 \text{ s}$. [0,2 т.] Времето, за което същото стъпало се допира до земята, с $t_{d2} = 0,4 \text{ s}$. [0,2 т.] За средната скорост на детето при вървене се получава $v_{d,ход} = \frac{\ell_d}{t_{d1} + t_{d2}} = \frac{0,64 \text{ m}}{0,8 \text{ s}} = 0,8 \text{ m/s}$. [1 т.]

Фиг. 2б илюстрира бягащ възрастен човек. Нека да означим времето, за което дадено стъпало е във въздуха, с $\tau_{b1} = 0,54 \text{ s}$. [0,3 т.] Времето, за което същото стъпало се допира до земята, с $\tau_{b2} = 0,18 \text{ s}$. [0,3 т.] За средната скорост на възрастния при бягане се получава $v_{b,бяг} = \frac{L_b}{\tau_{b1} + \tau_{b2}} = \frac{2,9 \text{ m}}{0,72 \text{ s}} \approx 4,03 \text{ m/s}$. [1 т.]

г) Детето прави 1,425 пъти повече крачки от възрастния човек за единица време. Оттук следва, че $\tau_{d1} + \tau_{d2} = \frac{\tau_{b1} + \tau_{b2}}{1,425} = \frac{0,72 \text{ s}}{1,425} \approx 0,505 \text{ s}$ [1 т.], където с τ_{d1} сме означили времето, за което дадено стъпало на детето е във въздуха при бягане, а τ_{d2} е времето, за което същото стъпало се допира до земята. Оттук $v_{d,бяг} = \frac{L_d}{\tau_{d1} + \tau_{d2}} = \frac{1,425 L_d}{\tau_{b1} + \tau_{b2}} = \frac{1,425 \times 1,16 \text{ m}}{0,72 \text{ s}} \approx 2,3 \text{ m/s}$. [1 т.]

По аналогичен начин имаме, че $t_{b1} + t_{b2} = 1,425 \times (t_{d1} + t_{d2}) = 1,425 \times 0,8 \text{ s} = 1,14 \text{ s}$ [1 т.], където с t_{b1} сме означили времето, за което дадено стъпало на възрастния е във въздуха при вървене, а t_{b2} е времето, за което същото стъпало се допира до земята. Така $v_{b,ход} = \frac{\ell_b}{t_{b1} + t_{b2}} = \frac{1,6 \text{ m}}{1,14 \text{ s}} \approx 1,4 \text{ m/s}$. [1 т.]

Задача 2.

Част А: Нека да означим с n търсения брой смукала. От съотношението $p = F/S$ следва, че натискът, който упражнява атмосферният въздух върху всички смукала, има големина $F_{атм} = n p_{атм} S$ и е насочен вертикално нагоре. [1,5 т.] Натискът, който упражнява въздухът между смукалата и тавана, е в обратна посока и с големина $F_0 = n p_0 S = 0,25 n p_{атм} S$. [1,5 т.] За да се задържи агентът на тавана, трябва $mg + F_0 \leq F_{атм}$, откъдето $mg \leq 0,75 F_{атм} =$

$0,75\rho_{\text{ст}}S$. [2 т.] Оттук следва, че $n \geq \frac{mg}{0,75\rho_{\text{ст}}S} = \frac{4mg}{3\rho_{\text{ст}}S} = 5\frac{1}{3}$, т.е. нужни са най-малко *шест* смукала. [2 т.]

Част Б: В случая, когато Симеон дърпа Божидара, той трябва да приложи минимална сила $F_{\text{min}} = G$, тъй като макаратата е неподвижна. [1 т.] Когато Божидара се издърпва сама, необходимата минимална сила е $F'_{\text{min}} = G/2$, тъй като в този случай люлката и Божидара се държат едновременно на двата края на въжето. [2 т.]

Задача 3. Загадката на „черните кутии“

а) Напрежението на батерията е равно на напрежението върху резистора, т.е. $U = 9\text{ V}$. [0,2 т.] Съпротивлението на резистора се получава от закона на Ом. [0,2 т.] Ако с I означим тока през резистора, то $I = 0,9\text{ A}$ (показанието на амперметъра във веригата на фиг. 4 от условието на задачата). Оттук $R = U/I = 10\ \Omega$. [0,6 т.]

б) От фиг. 5а се вижда, че елементът X_1 е свързан последователно, т.е. общото съпротивление би нараснало, ако X_1 е резистор, а измереният ток би намалял в сравнение със случая на фиг. 4. [0,3 т.] Дадено е, че токът нараства, откъдето следва, че X_1 е *батерия*, която е свързана последователно на изходната батерия. [0,2 т.] Търсеното напрежение на батерията е $U_1 = 1,35 \times 10\text{ V} - 9\text{ V} = 4,5\text{ V}$. [1 т.]

Отделената мощност във веригата на фиг. 5б е равна на мощността на тока, ако липсваше елементът X_2 : $\frac{U^2}{R} = 8,1\text{ W}$, т.е. X_2 не може да е резистор, тъй като тогава мощността би била по-голяма от отделената мощност във веригата на фиг. 4. [0,5 т.] Оттук следва, че X_2 е *батерия* с напрежение $U_2 = U = 9\text{ V}$, тъй като елементът X_2 е свързан успоредно на изходната батерия. [0,5 т.]

Нека сега да разгледаме фиг. 5в. Знаем, че X_1 е батерия с напрежение $U_1 = 4,5\text{ V}$. Елементът X_3 не може да е батерия, тъй като тогава токът през резистора със съпротивление R щеше да е по-голям от $\frac{U+U_1}{R} = 1,35\text{ A}$. [0,5 т.] Тъй като токът през амперметъра $I_A = 0,54\text{ A}$ е по-малък, X_3 е *резистор* със съпротивление $R_3 = \frac{U+U_1}{I_A} - R = 15\ \Omega$. [1 т.]

За веригата на фиг. 5г знаем, че X_2 е батерия с напрежение $U_2 = 9\text{ V}$. Елементът X_4 е свързан успоредно и не може да е батерия, тъй като в този случай се отделя по-голяма мощност, отколкото във веригата на фиг. 5б. [0,5 т.] Следователно X_4 е *резистор*. [0,2 т.] Отделената мощност в двата резистора е $P_{\text{отд}} = \frac{U^2}{R} + \frac{U^2}{R_4} = 9,6\text{ W}$ [0,5 т.], където с R_4 сме означили търсеното съпротивление на елемента X_4 . Оттук получаваме, че $R_4 = \frac{RU^2}{RP_{\text{отд}} - U^2} = 54\ \Omega$. [0,8 т.]

Накрая, за веригата на фиг. 5д знаем, че X_3 е резистор със съпротивление $R_3 = 15\ \Omega$. Ако X_5 е също резистор, то показанието на волтметъра $U_V = 4,8\text{ V}$ трябва да бъде по-малко от $\frac{RU}{R+R_3} = 3,6\text{ V}$, което не е изпълнено. [1 т.] Следователно X_5 е *батерия* с напрежение U_5 , която е свързана последователно на изходната батерия. [0,5 т.] Така $U_V = \frac{R(U+U_5)}{R+R_3}$ [0,5 т.], откъдето $U_5 = \frac{U_V(R+R_3)}{R} - U = 3\text{ V}$. [1 т.]