

**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА**  
**НАЦИОНАЛНО ПРОЛЕТНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА**  
**8 – 10 март 2024 г., Кърджали**

**Решения на темата за 10. клас (четвърта състезателна група)**

**Задача 1. Скиор**

А) Наклонът на рампата е  $30^\circ$ , което значи, че началната височина от която се спуска, е  $H = L \cdot \sin 30 = 25 \text{ m}$  [0,5 т]. От закона за запазване на енергията имаме, че  $E_m = mgh = \frac{mv_{max}^2}{2}$ ,  $v_{max} = \sqrt{2gH} \approx 22,4 \text{ m/s}$  [1 т]. Силата на триене с хоризонталната равнина е  $f = kN = kmg$  [0,5 т], а ускорението, с което ще се забавя скиора, е  $a = f/m$  или  $a = kg = -2 \text{ m/s}^2$  [0,5 т]. Тогава имаме закон за движение  $v = v_{max} - at$ , където  $v = 0$ , или  $t = -\frac{v_{max}}{a} = 11,2 \text{ s}$  [1 т], а  $s = v_{max}t - \frac{1}{2}at^2 = \frac{v_{max}^2}{2a} \approx 125 \text{ m}$  [1 т]

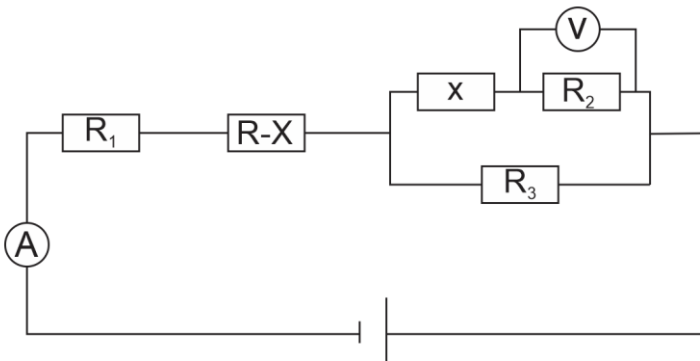
Б) Скиорът се движи по рампата  $L = 50 \text{ m}$  и има крайна скорост  $v_{max} = 22,4 \text{ m/s}$ . Законът за движение е  $L = v_0t + \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}at^2$  и  $v_{max} = v_0 + at = at$ . Оттук  $a = \frac{v_{max}}{t} \rightarrow L = \frac{1}{2}v_{max}t \rightarrow t = \frac{2L}{v_{max}}$  [1 т],  $t = 4,46 \text{ s}$  [0,5 т].

В) Времето, което скиорът е във въздуха, е времето за издигане и спускане, съответно  $T_{изд} = \frac{t}{2} = 1,5 \text{ s}$  [0,5 т]. Имаме тяло хвърлено нагоре и  $v = v_{изл} - gt = 0$ , или  $v_{изл} = gt = 15 \text{ m/s}$ , [0,5 т]  $h_{полет} = v_{изл}t - \frac{1}{2}gt^2 = 11,25 \text{ m}$  [1 т].

Скиорът има скорост от рампата  $v_{max} = 22,4 \text{ m/s}$  и достига отклонението със скорост  $v_{изл} = 15 \text{ m/s}$ , като знаем от предишната точка, че  $a = -2 \text{ m/s}^2$ . Тогава  $x = \frac{v_{max}^2 - v_{изл}^2}{2a} = 69,2 \text{ m}$  [2 т]

**Задача 2. Реостат**

Схемата с „разделен“ реостат на две съпротивления е:



[1 т]

Еквивалентното съпротивление на веригата тогава е:

$$R_{\text{екв}} = R_1 + (R - X) + \frac{R_3(X+R_2)}{X+R_2+R_3} \text{ [1 т]} \text{ и от закона на Ом } R_{\text{екв}} = \frac{U}{I_a} \approx 55 \Omega \text{ [0,5 т].}$$

За неизвестната част от реостата X (дясната) получаваме уравнение

$$X^2 + X(R_{\text{екв}} - R_1 - R + R_2) + R_{\text{екв}}R_2 + R_{\text{екв}}R_3 - R_1R_2 - R_1R_3 - RR_2 - RR_3 - R_2R_3 = 0 \text{ [2,5 т].}$$

Замествайки стойностите на съпротивленията получаваме:  $X^2 - 10X - 1575 = 0$  [1 т] или  $X = 45 \Omega$  и  $X = -35 \Omega$  (невъзможно) [0,5 т]. Лявата част на реостата ще бъде  $R - X = 15 \Omega$ . [0,5 т]

Б) При обрънат реостат  $X = 15 \Omega$ ,  $R - X = 45 \Omega$ . Еквивалентното съпротивление в този случай ще бъде  $R_{\text{екв}} = 80 \Omega$ . [1 т] Показанието на амперметъра ще бъде  $I = \frac{U}{R_{\text{екв}}} = 0,3 \text{ A}$ . [0,5 т] Падът на напрежение на лявата последователно свързана част от веригата е  $U_{\text{посл}} = I(R_1 + X) = 0,3 \cdot 65 = 19,5 \text{ V}$  [0,5 т]. Тъй като в този случай съпротивленията  $X$  и  $R_2$  са равни, то падът на напрежение ще бъде половината от общия пад на успоредната част от веригата или  $U_v = \frac{1}{2} U_{\text{усп}} = \frac{U - U_{\text{посл}}}{2} = \frac{4,5}{2} = 2,25 \text{ V}$  [1 т].

### Задача 3. Заредена сфера в поле

А) Потенциалната енергия на сферата на височина  $l$  е  $E_{\text{п0}} = mgl$  [0,5 т]. Допълнителната енергия, която топчето получава, като се ускорява в еднородното електрично поле, е  $A = qU$  [0,5 т]. Общата енергия, която ще има тялото на височина  $h = 0$ , е  $E = E_{\text{п0}} + A$ , която е трансформирана изцяло в кинетична. Тогава  $E_{k1} = E_{\text{п0}} + A = \frac{mv_1^2}{2}$  [0,5 т]. Когато зарядът е с обратен знак енергията от електричното поле ще бъде с отрицателен знак или  $E_{k2} = E_{\text{п0}} - A = \frac{mv_2^2}{2}$  [0,5 т]. Ако съберем двете уравнения получаваме  $2E_{\text{п0}} = \frac{m}{2}(v_1^2 + v_2^2)$ , [1 т] или  $l = \frac{1}{4g}(v_1^2 + v_2^2) = 0,75 \text{ m}$  [1 т]. Ако извадим двете уравнения получаваме  $2A = \frac{m}{2}(v_1^2 - v_2^2) = 2qU$  [1 т].

Тогава  $q = \frac{m}{4U}(v_1^2 + v_2^2) = \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 200}(25 - 5) = 2,5 \mu\text{C}$ . [1 т]

Б) При изключено напрежение  $mgl = \frac{mv_3^2}{2}$ . Използвайки получен по-горе резултат,  $v_3 = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2}{2}} = [1 \text{ т}] 3,87 \text{ m/s}$ . [1 т]

В) За да е неподвижен зарядът, трябва  $mg = qE = \frac{qU'}{l}$ , откъдето  $U' = \frac{mgl}{q}$ . Използвайки вече получените резултати за  $q$  и  $l$ ,  $U' = U \frac{v_1^2 + v_2^2}{v_1^2 - v_2^2} = [1 \text{ т}] 300 \text{ V}$ . [1 т]