

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
Олимпиада по физика, Областен кръг, 20 март 2010 г.
Решения на темата за 9 клас

Задача 1. Резистори.

а) Когато омметърът измерва съпротивление $R_1 = 90 \, \Omega$, той измерва еквивалентното съпротивление на успоредно свързани резистори със стойности R и $(n-1)R$ [0,5 т.]. Следователно

$$R_1 = \frac{R \cdot (n-1)R}{R + (n-1)R} = \frac{n-1}{n} R \quad [0,5 \text{ т.}] \quad (1.1)$$

Във втория случай той измерва еквивалентното съпротивление на успоредно свързани резистори със стойности $2R$ и $(n-2)R$ [0,5 т.]. Следователно

$$R_2 = \frac{2R \cdot (n-2)R}{2R + (n-2)R} = \frac{2(n-2)}{n} R \quad [0,5 \text{ т.}] \quad (1.2)$$

Разделяйки (1.2) на (1.1) получаваме

$$\frac{\frac{2(n-2)}{n} R}{\frac{n-1}{n} R} = \frac{R_2}{R_1}, \text{ откъдето след опростяване } n = \frac{4R_1 - R_2}{2R_1 - R_2} \quad [2 \text{ т.}]. \text{ След заместване с дадените}$$

$$\text{стойности } n = \frac{4 \cdot 90 \Omega - 160 \Omega}{2 \cdot 90 \Omega - 160 \Omega} = 10 \quad [1 \text{ т.}]$$

б) Електричното съпротивление R на всеки един от резисторите може да се намери от (1.1) или (1.2). Например, от (1.1) следва:

$$R = \frac{n}{n-1} R_1 \quad [2 \text{ т.}] = \frac{10}{9} 90 \Omega = 100 \, \Omega \quad [1 \text{ т.}]$$

в) Показанието R_3 на омметъра, когато той измерва съпротивлението между две точки, между които има три резистора, ще бъде

$$R_3 = \frac{3R(n-3)R}{3R + (n-3)R} = \frac{3(n-3)}{n} R \quad [1 \text{ т.}] = \frac{3 \cdot 7}{10} 100 \Omega = 210 \, \Omega \quad [1 \text{ т.}]$$

Задача 2. Пренос на електричен заряд между заредени тела.

а) Силата $F_0 = k \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$ [0,5 т.]. След допиране на топче 3 до топче 1, техните заряди се

изравняват, следователно новите заряди на тези топчета са равни на $Q_1/2$ [0,5 т.]. Когато топче 3 се допира до топче 2, техните заряди също се изравняват, следователно новият заряд на топче 2 и топче

$$3 \text{ е } (Q_2 + Q_1/2)/2 \quad [0,5 \text{ т.}]. \text{ Така новата сила, действаща на топче 1, е } F_1 = k \frac{(Q_2 + Q_1/2) \cdot Q_1}{d^2} \cdot \frac{2}{2} \quad [0,5 \text{ т.}].$$

$$\text{Тъй като отношението на силите } F_0 / F_1 = N, \text{ то } \frac{F_0}{F_1} = \frac{k \frac{Q_1 Q_2}{d^2}}{k \frac{(Q_2 + Q_1/2) \cdot Q_1}{d^2} \cdot \frac{2}{2}} = \frac{4Q_1 Q_2}{(Q_2 + Q_1/2) Q_1} = N \quad [0,5$$

$$\text{т.}]. \text{ След преобразования се получава } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{8-2N}{N} \quad [0,5 \text{ т.}].$$

б) Когато силата $F_{кр}$, действаща на топче 1 от топче 2, престане да се променя, това означава, че в резултат на многократните допира на топче 3 до топчета 1 и 2, техните електрични заряди са се изравнили [0,5 т.]. Това означава, че $q_1 = q_2 = q_3$, а от закона за запазване на електричния заряд,

$q_1 + q_2 + q_3 = Q_1 + Q_2$ [1 т.]. Тогава $q_1 = q_2 = (Q_1 + Q_2)/3 = [0,5 \text{ т.}] =$

$$\frac{Q_1 + \frac{N}{8-2N} Q_1}{3} = \frac{8-N}{3(8-2N)} Q_1 \text{ [1 т.].}$$

в) Отношението на силите $F_{\kappa p} / F_0$ е $\frac{F_{\kappa p}}{F_0} = \frac{k \frac{q_1 q_2}{d^2}}{k \frac{Q_1 Q_2}{d^2}} = \frac{q_1 q_2}{Q_1 Q_2} = \frac{\left(\frac{8-N}{3(8-2N)} Q_1 \right)^2}{Q_1 \frac{N}{8-2N} Q_1} =$

$$\frac{(8-N)^2}{9N(8-2N)} \text{ [1 т.].}$$

г) При $N = -4$, от по-горните получени резултати, за отношението на началните заряди Q_1 / Q_2 се получава $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{8-2(-4)}{-4} = -4$ [1 т.]. За отношението на силите $F_{\kappa p} / F_0$ съответно се

получава $\frac{F_{\kappa p}}{F_0} = \frac{(8-(-4))^2}{9(-4)(8-2(-4))} = -\frac{1}{4}$ [1 т.].

д) Тъй като силата F_0 е сила на взаимодействие между заряди с противоположен знак, тя е сила на привличане [1 т.].

Задача 3. Схема с електрическа крушка, амперметър и реостат.

а) След като крушката свети еднакво ярко и в двата случая, това означава, че токът през нея е един и същ [0,5 т.]. Ако токът през крушката в първия случай бележим с I_1 (това е токът през всички

съпротивления), тогава от закона на Ом за цялата верига следва $I_1 = \frac{E}{R + r + r_A}$ [0,5 т.]. (3.1). Във

втория случай токът през лампата е пак I_1 , а токът през амперметъра - I_A . Тъй като те са успоредно

свързани, то $I_1 r = I_A r_A$ [0,5 т.], а токът във веригата е $I_2 = I_1 + I_A = I_1 + \frac{r}{r_A} I_1 = \frac{r + r_A}{r_A} I_1$ [0,5 т.]. От

закона на Ом за цялата верига във втория случай получаваме, $I_2 = \frac{r + r_A}{r_A} I_1 = \frac{E}{R + \frac{r \cdot r_A}{r + r_A}}$ [0,5 т.],

откъдето $I_1 = \frac{r_A}{r + r_A} \frac{E}{R + \frac{r \cdot r_A}{r + r_A}}$ (3.2). Приравнявайки (3.1) и (3.2), получаваме

$$\frac{E}{R + r + r_A} = \frac{r_A}{r + r_A} \frac{E}{R + \frac{r \cdot r_A}{r + r_A}} \text{ [0,5 т.], откъдето след опростявания } R = \frac{r_A^2}{r} \text{ [2 т.]} \text{ (3.3).}$$

б) Тъй като токът през крушката не се променя (а в първия случай това е и токът през амперметъра), а във втория случай токът през амперметъра е три пъти по-голям, следва $I_1 r = 3 I_A r_A$, откъдето $r = 3 r_A$ [1 т.] (3.4)

в) От (3.3) и (3.4) следва, че $R = \frac{r_A}{3}$, а от (3.1), $I_1 = \frac{E}{R + r + r_A} = \frac{E}{\frac{r_A}{3} + 3 r_A + r_A} = \frac{3E}{13 r_A}$. При

дадените стойности, $r_A = \frac{3E}{13 I_1} = \frac{3 \cdot 13V}{13 \cdot 1A} = 3 \Omega$ [1 т.]. От (3.4), $r = 3 r_A = 9 \Omega$ [1 т.], а от (3.3)

$$R = \frac{r_A^2}{r} = 1 \Omega \text{ [1 т.]. Електричната мощност на крушката е } P = I_1^2 r = 9 \text{ W [1 т.]}$$