



Творчество
и иновации

Европейска година 2009

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА

Национална олимпиада по физика

Областен кръг, 22 март 2009 г.

Тема за 9. клас

Решения и указания

Задача 1. а) При последователно свързване еквивалентното съпротивление е

$$R' = R_1 + R_2. \quad (0,5 \text{ т.})$$

Като отчетем, че

$$R_1 = \frac{P_1}{I_1^2}, \quad R_2 = \frac{P_2}{I_2^2}, \quad (0,5 \text{ т.})$$

намираме

$$R' = \frac{P_1 I_2^2 + P_2 I_1^2}{I_1^2 I_2^2} \approx 0,6 \Omega. \quad (1 \text{ т.})$$

При успоредно свързване еквивалентното съпротивление е

$$R'' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{P_1 P_2}{P_1 I_2^2 + P_2 I_1^2} \approx 0,14 \Omega. \quad (1 \text{ т.})$$

б) От закона на Ом за цялата верига следва

$$\varepsilon = I_1(R_1 + r), \quad \varepsilon = I_2(R_2 + r), \quad (1 \text{ т.})$$

откъдето намираме

$$\varepsilon = \frac{I_1 I_2 (R_1 - R_2)}{I_2 - I_1}, \quad (1,5 \text{ т.})$$

$$r = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1}. \quad (1,5 \text{ т.})$$

След заместване на съпротивленията имаме

$$\varepsilon = \frac{P_1 I_2^2 - P_2 I_1^2}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)} \approx 1,8 \text{ V}, \quad (1,5 \text{ т.})$$

$$r = \frac{P_1 I_2 - P_2 I_1}{I_1 I_2 (I_2 - I_1)} \approx 2,5 \text{ m}\Omega. \quad (1,5 \text{ т.})$$

Задача 2. а) В положение 1 на ключа K кондензаторът 1 се зарежда и неговият заряд е

$$q_0 = C_1 U_0 = 240 \mu\text{C}. \quad (0,5 \text{ т.})$$

При поставянето на ключа K в положение 2 започва преразпределение на заряда q_0 между двата кондензатора, докато се изравнят напреженията им:

$$\frac{q_1}{C_1} = \frac{q_2}{C_2}. \quad (0,5 \text{ т.})$$

От запазването на електричния заряд върху кондензаторите при преразпределянето му имаме

$$q_1 + q_2 = q_0. \quad (0,5 \text{ т.})$$

Съвместното решаване на тази система уравнения дава

$$q_1 = \frac{C_1}{C_1 + C_2} q_0 = \frac{2}{3} q_0 = 160 \mu\text{C}, \quad (1 \text{ т.})$$

$$q_2 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} q_0 = \frac{1}{3} q_0 = 80 \mu\text{C}. \quad (1 \text{ т.})$$

б) При повторно поставяне на ключа K в положение 1 кондензаторът 1 се дозарежда и зарядът му става $q_0 = C_1 U_0$ (0,5 т.). След превключване в положение 2 имаме

$$\frac{q_1'}{C_1} = \frac{q_2'}{C_2}, \quad (0,5 \text{ т.})$$

$$q_1' + q_2' = q_0 + q_2. \quad (0,5 \text{ т.})$$

Съвместното решаване дава за q_1' и q_2' :

$$q_1' = \frac{C_1(C_1 + 2C_2)}{(C_1 + C_2)^2} q_0 = \frac{8}{9} q_0 \approx 213 \mu\text{C}, \quad (1 \text{ т.})$$

$$q_2' = \frac{C_2(C_1 + 2C_2)}{(C_1 + C_2)^2} q_0 = \frac{4}{9} q_0 \approx 107 \mu\text{C}. \quad (1 \text{ т.})$$

в) Нека означим енергиите на кондензаторите с

$$W_0 = \frac{q_0^2}{2C_1}, \quad W_1 = \frac{q_1^2}{2C_1}, \quad W_2 = \frac{q_2^2}{2C_2}, \quad W_1' = \frac{(q_1')^2}{2C_1}, \quad W_2' = \frac{(q_2')^2}{2C_2} \quad (0,5 \text{ т.})$$

При първото превключване се обменя количество топлина

$$Q_1 = W_1 + W_2 - W_0, \quad (0,5 \text{ т.})$$

а при второто превключване

$$Q_2 = W_1' + W_2' - W_0 - W_2. \quad (0,5 \text{ т.})$$

Тогава общото обменено количество топлина е

$$Q = Q_1 + Q_2 = W_1' + W_2' + W_1 - 2W_0, \quad (0,5 \text{ т.})$$

$$Q = \left(\frac{32}{81} + \frac{16}{81} + \frac{2}{9} - 1 \right) \frac{q_0^2}{C_1} = -\frac{5}{27} \frac{q_0^2}{C_1} \approx -5 \text{ mJ}. \quad (0,75 \text{ т.})$$

Знакът минус показва, че кондензаторите отделят топлина $|Q|$. (0,25 т.)

Задача 3. а) Когато индукцията е насочена от листа към нас ($\odot$) е изпълнено равенството

$$2T_1 = mg + F_A, \quad (1 \text{ т.})$$

а при противоположна посока на полето ($\otimes$)

$$2T_2 + F_A = mg, \quad (1 \text{ т.})$$

където силата на Ампер е $F_A = BIl$. (1 т.)

От тези уравнения намираме

$$B = \frac{T_1 - T_2}{Il} = 5 \text{ mT}. \quad (1,5 \text{ т.})$$

б) За да бъде силата на опън на всяка нишка равна на нула, трябва F_A да уравновесява силата на тежестта mg . Това се постига при посока на индукцията ($\otimes$) (0,5 т.) Тогава имаме

$$B_0 = \frac{mg}{Il} = 25 \text{ mT}. \quad (2 \text{ т.})$$

в) Нишките се късат, когато

$$F_A + mg \geq 2T_0, \quad (1 \text{ т.})$$

откъдето следва, че индукцията B_1 има посока $(\odot)$ (0,5 т.) и

$$B_1 \geq \frac{2T_0 - mg}{l} = 15 \text{ мТ.} \quad (1,5 \text{ т.})$$