

МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО, МЛАДЕЖТА И НАУКАТА
Олимпиада по физика, Национален кръг, Плевен, 1 май 2010 г.
Решения на темата за 9 клас

Задача 1. Електрическа схема

а) Резисторите 1, 2, 3 имат съпротивление R , а резисторите 4, 5, 6 – съпротивление r . Тогава в участъка MCD токът е

$$I_3 = \frac{U_3}{r}, \quad [1 \text{ т}]$$

а за напрежението на участъка MN имаме

$$U_2 = I_3 R + U_3 = U_3 \left(1 + \frac{R}{r} \right). \quad [1 \text{ т}]$$

От друга страна

$$I_2 = I_2^* + I_3 = (U_2 + U_3) \frac{1}{r}, \quad [1 \text{ т}]$$

откъдето получаваме

$$U_1 = (U_2 + U_3) \frac{R}{r} + U_2. \quad [1 \text{ т}]$$

Като изразим

$$\frac{R}{r} = \frac{U_2 - U_3}{U_3}, \quad [1 \text{ т}]$$

получаваме квадратното уравнение

$$U_2^2 + U_3 U_2 - U_3 (U_1 + U_3) = 0, \quad [1 \text{ т}]$$

откъдето следва

$$U_2 = \left(U_3^2 / 4 + U_3 (U_1 + U_3) \right)^{1/2} - U_3 / 2 \approx 8,65 \text{ V}. \quad [2 \text{ т}]$$

б) Търсената връзка намираме непосредствено

$$\frac{I_2}{I_3} = \frac{U_2 + U_3}{U_3} \approx 2,1. \quad [2 \text{ т}]$$

Задача 2. Трептящо заредено топче

а) При отклонение на разстояние x към 2 възниква въртяща сила

$$F = F_2 - F_1 = kq^2 \left(\frac{1}{(l-x)^2} - \frac{1}{(l+x)^2} \right). \quad [2 \text{ т}]$$

Тя може да се запише във вида

$$F = \frac{kq^2 4lx}{(l^2 - x^2)^2} \approx \frac{4kq^2}{l^3} x, \quad [1 \text{ т}]$$

което показва, че при $x \ll l$ въртящата сила F е пропорционална на отместването x . Топчето извършва хармонични трептения с честота

$$\nu_1 = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{kq^2}{ml^3}} \approx 7,5 \text{ Hz}. \quad [2 \text{ т}]$$

б) При отклонение на разстояние x възниква въртяща сила

$$F = 2F_0 = 2F_1 \frac{x}{\sqrt{l^2 + x^2}}, \quad [2 \text{ т}]$$

където е използвано подобие на правоъгълни триъгълници. Като отчетем, че

$$F_1 = \frac{kq^2}{l^2 + x^2}, \quad [1 \text{ Т}]$$

намираме

$$F = \frac{2kq^2}{(l^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} x \approx \frac{2kq^2}{l^3} x. \quad [1 \text{ Т}]$$

Топчето извършва хармонични трептения с честота

$$\nu_2 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sqrt{\frac{kq^2}{ml^3}} \approx 5,3 \text{ Hz}. \quad [1 \text{ Т}]$$

Задача 3. Електромагнитна индукция

а) Съгласно с правилото на Ленц индуцираният в контура ток има посока обратна на часовниковата стрелка. [2 Т]

б) За да се движи проводникът с постоянна скорост v трябва

$$F_A = I_0 B l = F, \quad [1 \text{ Т}]$$

откъдето намираме

$$I_0 = \frac{F}{Bl} = 0,2 \text{ mA}. \quad [1 \text{ Т}]$$

в) Индуцираното напрежение ε при движението на проводника се дава с изрази

$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| = \left| B \frac{\Delta S}{\Delta t} \right| = Blv. \quad [2 \text{ Т}]$$

Като отчетем, че

$$\varepsilon = I_0 R, \quad [1 \text{ Т}]$$

намираме

$$v = \frac{FR}{B^2 l^2} = 40 \text{ cm/s}. \quad [1 \text{ Т}]$$

г) Мощността на единствения консуматор е

$$P = I_0^2 R = \frac{F^2 R}{B^2 l^2} = 4 \mu\text{W}. \quad [2 \text{ Т}]$$