

Национално есенно състезание по физика

22 – 23 ноември 2008 г., гр. Стара Загора

Тема 10. клас

Решения и указания

Задача 1. а) От закона за запазване на енергията

$$\frac{mv^2}{2} = qU \quad (1 \text{ т.})$$

намираме

$$v = \sqrt{\frac{2qU}{m}} \approx 1.10^5 \text{ m/s} \quad (1 \text{ т.})$$

б) Като използваме формулата

$$a = \frac{v^2}{2d} = \frac{qU}{md} \approx 5.10^{11} \text{ m/s}^2 \quad (2 \text{ т.}).$$

в) Тъй като силата е перпендикулярна на скоростта v на частицата и индукцията $\vec{B}$ на магнитното поле, намираме

$$F = qvB \approx 3.10^{-15} \text{ N} \quad (1 \text{ т.})$$

г) Съгласно с правилото на дясната ръка индукцията $\vec{B}$ е насочена от нас към равнината на листа **(1 т.)**.

д) Като отчетем, че

$$\frac{s}{r} = \sin\beta, \quad (1 \text{ т.})$$

намираме

$$\sin\beta = \frac{1}{2}, \quad \beta \approx 30^\circ = \frac{\pi}{6}. \quad (1 \text{ т.})$$

е) Като отчетем, че при движение по траекторията в магнитното поле скоростта е постоянна имаме

$$t = \frac{l}{v} = \frac{r\beta}{v} \approx 0,1 \mu\text{s} \quad (2 \text{ т.})$$

Задача 2. а) В режим на самопроизволни периодични изменения на тока при напрежение $U_2 = 80 \text{ V}$ имаме

$$I_{\min} = \frac{U_2}{R_2} = 0,8 \text{ A}, \quad I_{\max} = \frac{U_2}{R_1} = 1,6 \text{ A}. \quad (2 \text{ т.})$$

б) При приложено напрежение $U_1 = 60 \text{ V}$ нелинейният елемент достига стационарно състояние при съпротивление R_1 **(0,5 т.)**. Тогава имаме

$$\frac{U_1^2}{R_1} = \alpha(t_3 - t_0), \quad (0,5 \text{ т.})$$

откъдето намираме

$$\alpha = \frac{U_1^2}{R_1(t_3 - t_0)} = 1,2 \text{ W/K}. \quad (1 \text{ т.})$$

в) При напрежение U_2 и съпротивление на елемента R_1 стационарно състояние би се установило при температура t_4 , която удовлетворява условието

$$\frac{U_2^2}{R_1} = \alpha (t_4 - t_0), \quad (0,5 \text{ т.})$$

откъдето намираме

$$t_4 = t_0 + \frac{U_2^2}{\alpha R_1} \approx 126,7^\circ\text{C}. \quad (0,5 \text{ т.})$$

Тъй като $t_4 > 100^\circ\text{C}$, при достигане на $t_1 = 100^\circ\text{C}$ съпротивлението на елемента скообразно се променя и става R_2 , а токът – $I_{\min}$. (0,5 т.)

Аналогично, температурата t_5 , при която се установява стационарно състояние, когато съпротивлението е R_2 , се определя от

$$\frac{U_2^2}{R_2} = \alpha (t_5 - t_0), \quad (0,5 \text{ т.})$$

откъдето намираме

$$t_5 = t_0 + \frac{U_2^2}{\alpha R_2} = 73,3^\circ\text{C}. \quad (0,5 \text{ т.})$$

Следователно при достигане на $t_2 = 98^\circ\text{C}$, съпротивлението на елемента скообразно се връща към стойност R_1 . (0,5 т.)

г) Нека времето за нагриване на елемента от $t_2 = 98^\circ\text{C}$ до $t_1 = 100^\circ\text{C}$ е τ_1 . Тогава имаме

$$\frac{U_2^2 \tau_1}{R_1} = c(t_1 - t_2) + \alpha (t_{\text{cp}} - t_0) \tau_1, \quad (1 \text{ т.})$$

откъдето намираме

$$\tau_1 = \frac{c(t_1 - t_2)}{\frac{U_2^2}{R_1} - \alpha (t_{\text{cp}} - t_0)} \approx 0,18 \text{ s}. \quad (0,5 \text{ т.})$$

Аналогично времето τ_2 за охлаждане от $t_1 = 100^\circ\text{C}$ до температура $t_2 = 98^\circ\text{C}$ се определя от условието

$$\frac{U_2^2 \tau_2}{R_2} + c(t_1 - t_2) = \alpha (t_{\text{cp}} - t_0) \tau_2, \quad (1 \text{ т.})$$

откъдето намираме

$$\tau_2 = \frac{c(t_1 - t_2)}{\alpha (t_{\text{cp}} - t_0) - \frac{U_2^2}{R_2}} \approx 0,19 \text{ s}. \quad (0,5 \text{ т.})$$

За периода намираме

$$T = \tau_1 + \tau_2 \approx 0,37 \text{ s}. \quad (1 \text{ т.})$$

Задача 3.а) По определение за период на пружинно махало имаме

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \approx 0,31 \text{ s}. \quad (2 \text{ т.})$$

б) Индуцираният в металната равнина електричен заряд е обратен по знак на заряда q (0,5 т.). Следователно имаме $q' < 0$ (0,5 т.).

в) Нека равновесното положение на незареденото пружинно махало се намира на височина x_0 над металната равнина. Тогава в равновесното положение на зареденото пружинно махало, което се намира на разстояние a под другото (0,5 т.), ще бъде изпълнено условието

$$ka = \frac{e^2}{4(x_0 - a)^2}, \quad (1 \text{ т.})$$

където $e^2 = \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0}$.

Ако отклоним зареденото махало на разстояние x вертикално надолу възниква връщаща сила

$$F = k(a + x) - \frac{e^2}{4(x_0 - a - x)^2} = ka - \frac{e^2}{4(x_0 - a)^2} + kx + \frac{e^2}{4} \left(\frac{1}{(x_0 - a)^2} - \frac{1}{(x_0 - a - x)^2} \right), \quad (2 \text{ т.})$$

откъдето намираме

$$F = kx + \frac{e^2}{4} \frac{[-2(x_0 - a)x + x^2]}{(x_0 - a)^2(x_0 - a - x)^2}. \quad (1 \text{ т.})$$

Тази сила е еластична, когато $x < (x_0 - a)$ и има вида

$$F \approx \left(k - \frac{e^2}{2(x_0 - a)^3} \right) x. \quad (1 \text{ т.})$$

Тогава периодът

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k - \frac{e^2}{2(x_0 - a)^3}}} = \frac{T_0}{\sqrt{1 - 4a \left(\frac{ka}{e^2} \right)^{1/2}}} \approx 0,35 \text{ s}, \quad (1,5 \text{ т.})$$

където е отчетено, че

$$\frac{1}{(x_0 - a)^3} = \left(\frac{4ka}{e^2} \right)^{3/2}.$$