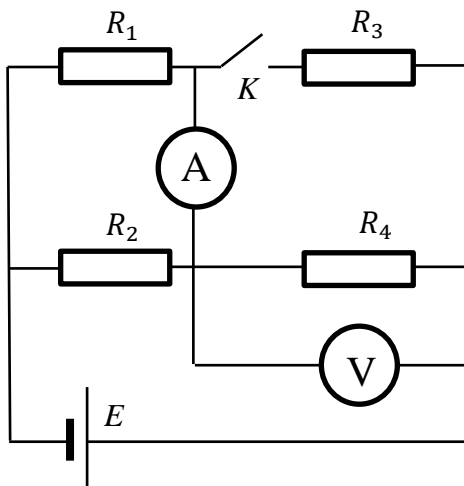


**МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ЕСЕННО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА**

1 – 3 ноември 2018 г., Сандански

**Решения на задачите от Темата за 10. клас
(четвърта възрастова група)**

Задача 1. Електрически измервания. (при вярно получени, но по друг начин, отговори ученикът получава пълния брой точки за подусловие)



а) Тъй като амперметърът е идеален, неговото съпротивление е пренебрежимо (т.е. 0) и съответно напрежението на двата му края също е нула. [0.2 т.] При отворен прекъсвач напрежението върху резистора R_1 е $U_{10} = E - U_{V0}$, [0.5 т.] а токът през него е равен на тока през амперметъра: $I_{10} = I_{A0}$. [0.3 т.] Следователно съпротивлението му е $R_1 = \frac{U_{10}}{I_{10}} = \frac{E - U_{V0}}{I_{A0}} = [0.5 \text{ т.}] \frac{9,00 \text{ V} - 6,00 \text{ V}}{1,00 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 3000 \Omega$. [0.5 т.]

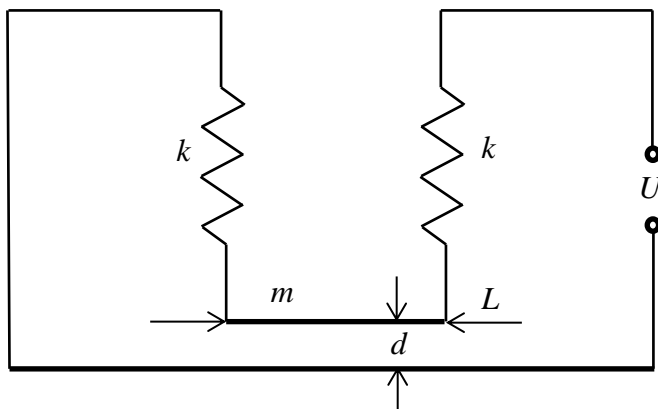
б) Напрежението U_{20} върху резистора R_2 е равно на U_{10} . [0.2 т.] Токът през резистора R_2 е равен на разликата на токовете през резисторите R_4 и R_1 , $I_{20} = I_{40} - I_{10}$. [0.5 т.] Токът I_{40} през резистора R_4 е $I_{40} = \frac{U_{V0}}{R_4}$. [0.3 т.] Тогава $R_2 = \frac{U_{20}}{I_{20}} = \frac{E - U_{V0}}{I_{40} - I_{A0}} = [0.5 \text{ т.}] \frac{9,00 \text{ V} - 6,00 \text{ V}}{\frac{6,00 \text{ V}}{1000 \Omega} - 1,00 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 600 \Omega$. [0.5 т.]

в) При затворен прекъсвач, измереният ток I_{A1} от амперметъра е равен на разликата на токовете, течащи през резисторите R_4 и R_2 : $I_{A1} = I_{41} - I_{21}$. [0.5 т.] Тези токове могат да се определят от напреженията върху резисторите R_4 и R_2 : $I_{41} = \frac{U_{V1}}{R_4}$ [0.5 т.], $I_{21} = \frac{E - U_{V1}}{R_2}$. [0.5 т.] Следователно $I_{A1} = \frac{U_{V1}}{R_4} - \frac{E - U_{V1}}{R_2} = [0.5 \text{ т.}] \frac{3,00 \text{ V}}{1000 \Omega} - \frac{9,00 \text{ V} - 3,00 \text{ V}}{600 \Omega} = -7,00 \text{ mA}$ [0.5 т.] (Сега токът през амперметъра тече в обратна посока [0.5 т.]).

г) Токът през резистора R_3 е равен на разликата на токовете, течащи през резистора R_1 и амперметъра, $I_{31} = I_{11} - I_{A1}$. [0.5 т.] Напрежението върху резистора R_3 е равно на напрежението върху волтметра, $U_{31} = U_{V1}$. [0.5 т.] Токът I_{11} през резистора R_1 е $I_{11} = \frac{E - U_{V1}}{R_1}$. [0.5 т.] Следователно $R_3 = \frac{U_{31}}{I_{31}} = \frac{U_{V1}}{I_{11} - I_{A1}} = \frac{U_{V1}}{\frac{E - U_{V1}}{R_1} - I_{A1}} = [0.5 \text{ т.}] \frac{3,00 \text{ V}}{\frac{9,00 \text{ V} - 3,00 \text{ V}}{3000 \Omega} - (-7,00 \cdot 10^{-3} \text{ A})} = \frac{1000}{3} \Omega \approx 333 \Omega$. [1.0 т.]

Задача 2. Магнитни взаимодействия.

а) Тъй като постоянният ток в късата и дългата пръчка тече в обратни посоки, между тях ще възникне сила на отблъскване. Тя е равна на $F(r) = B(r)IL$, [1 т.] където r е разстоянието между тях, а $B(r) = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$. При свиване на всяка от пружините с x , на късата пръчка ще действа и еластична сила $F_{\text{ел}} = 2kx$. [1 т.] Когато пръчката е в равновесие, $2kx = \frac{\mu_0 I^2 L}{2\pi(d+x)}$. Решавайки това уравнение спрямо x , получаваме $x^2 + dx -$



$\frac{\mu_0 I^2 L}{4\pi k} = 0$. [1 т.] Положителният корен на това квадратно уравнение

е $x = \frac{d}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{\mu_0 I^2 L}{\pi k d^2}} \right)$. [1 т.]

Замествайки с дадените стойности,

$$x = \frac{1 \text{ cm}}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}} 10^2 \text{ A}^2 1 \text{ m}}{\pi \cdot 0,05 \frac{\text{N}}{\text{m}} 10^{-4} \text{ m}^2}} \right) =$$

$$\frac{1 \text{ cm}}{2} (-1 + \sqrt{1 + 8}) = 1,0 \text{ cm. [0.5 т.]}$$

Разстоянието между двете пръчки

ще бъде $d_1 = d + x = 2,0 \text{ cm}$. [0.5 т.]

б) Трептенето на пръчката се извършва единствено под действието на еластичните сили, с които пружините действат на пръчката. Тъй като при свиване на пружините с x ,

еластичната сила е $F_{\text{ел}} = 2kx$, то честотата е $\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2k}{m}} = [0.5 \text{ т.}] \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2 \cdot 0,05 \text{ N/m}}{2 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}} = \frac{\sqrt{50}}{2\pi} \text{ Hz}$

$\approx 1,1 \text{ Hz}$. [0.5 т.]

в) При протичане на променлив ток във веригата, силата която ще действа между

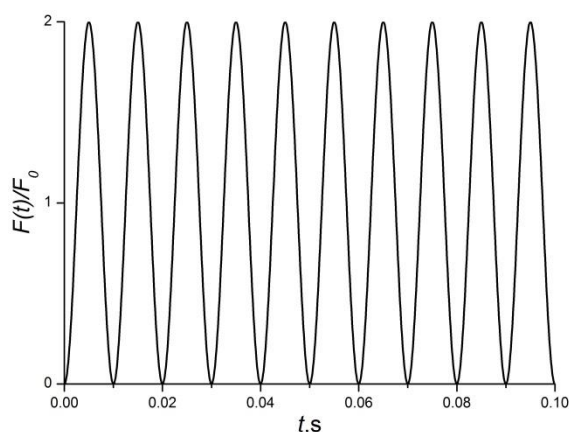
двете пръчки (при разстояние r между тях), е $F(t) = \frac{\mu_0 I(t)^2 L}{2\pi r} = \frac{\mu_0 I_0^2 (\sin(2\pi\nu_0 t))^2 L}{2\pi r} = [0.5$

т.] $\frac{\mu_0 I_0^2 L}{2\pi r} \frac{1}{2} (1 - \cos(2\pi 2\nu_0 t)) = \frac{\mu_0 I_0^2 L}{2\pi r} - \frac{\mu_0 I_0^2 L}{4\pi r} \cos(2\pi 2\nu_0 t) = [0.5 \text{ т.}] F_0 + F_1(t)$. F_0 е

постоянна сила, докато $F_1(t)$ е бързопроменяща се сила, която си променя посоката с голяма честота ($2\nu_0 = 100 \text{ Hz}$). Нейният ефект върху пръчката, усреднен по времето, е нула. Следователно ефектът върху пръчката е действието на постоянната сила F_0 . Така този случай се свежда до разглеждания в подусловие а), но сега „постоянният ток“ във веригата е всъщност ефективната стойност на променливия ток $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$. Така в този случай

отместването на пръчката ще бъде $x_1 = \frac{d}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{\mu_0 I_0^2 L}{2\pi k d^2}} \right) = [0.5 \text{ т.}] \frac{1 \text{ cm}}{2} (-1 + \sqrt{1 + 4}) \approx 0,6 \text{ cm}$. Разстоянието между двете пръчки ще бъде $d_2 = d + x_1 \approx 1,6 \text{ cm}$. [0.5 т.]

г) Качествената графика на зависимостта на силата $F(t)$ на магнитното взаимодействие между двете пръчки от времето t изглежда така: [1 т.]



д) Резонанс ще се наблюдава, когато честотата на външната сила съвпада със собствената честота на трептящата система. Обаче, при честота на променлив ток ν_1 , честотата на външната сила е $2\nu_1$. [0.5 т.]

Собствената честота ν е намерена в подусловие б). Следователно $\nu_1 = \frac{\nu}{2} \approx 0,56 \text{ Hz}$. [0.5 т.]

Задача 3. Трептене на плаващо тяло.

а) При равновесие на тялото, плаващо на повърхността на течността, силата на тежестта му се уравнива с действащата му Архимедова сила, [1 т.] т.е. $\rho_1 S_1 h g = \rho_0 S_1 x g$, [1 т.] откъдето $x = h \frac{\rho_1}{\rho_0}$. [1 т.]

б) Нека тялото е натиснато надолу на разстояние y спрямо равновесното му положение. Резултантната сила, която ще му действа, ще е разликата на Архимедовата сила и силата на тежестта му, $F = \rho_0 S_1 (x + y) g - \rho_1 S_1 h g = \rho_0 S_1 y g$. [1 т.] Вижда се, че силата F е пропорционална на отклонението y , с коефициент на пропорционалност $k = \rho_0 S_1 g$.

[1 т.] Следователно тялото ще извършва хармонични трептения с период $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} =$

$$2\pi \sqrt{\frac{\rho_1 S_1 h}{\rho_0 S_1 g}} = 2\pi \sqrt{\frac{\rho_1 h}{\rho_0 g}}. \text{ [1 т.]}$$

в) Прилагайки получената в подусловие б) формула, $T_{\text{л}} = 2\pi \sqrt{\frac{\rho_1 h}{\rho_0 g}} = 2\pi \sqrt{\frac{917 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 100 \text{m}}{1027 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}} \approx$

19,0 s. [1 т.]

г) Нека тялото е натиснато надолу на разстояние y спрямо равновесното му положение. Тогава обаче, тъй като течността е несвиваема, нивото ѝ ще се отмести нагоре на разстояние z , такова че $S_1 y = (S_0 - S_1) z$. Следователно $z = y \frac{S_1}{S_0 - S_1}$. Резултантната сила,

която ще действа на тялото, ще е разликата на Архимедовата сила и силата на тежестта му, $F = \rho_0 S_1 (x + y + z) g - \rho_1 S_1 h g = \rho_0 S_1 y g \frac{S_0}{S_0 - S_1}$. [1 т.] Вижда се, че силата F е

пропорционална на отклонението y , с коефициент на пропорционалност $k = \rho_0 S_1 g \frac{S_0}{S_0 - S_1}$. [1 т.] Следователно тялото ще извършва хармонични трептения с период

$$T_{\text{ч}} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{\rho_1 S_1 h (S_0 - S_1)}{\rho_0 S_1 g S_0}} = 2\pi \sqrt{\frac{\rho_1 h (S_0 - S_1)}{\rho_0 g S_0}} = 2\pi \sqrt{\frac{\rho_1 h (1 - \frac{S_1}{S_0})}{\rho_0 g}}. \text{ [1 т.]}$$