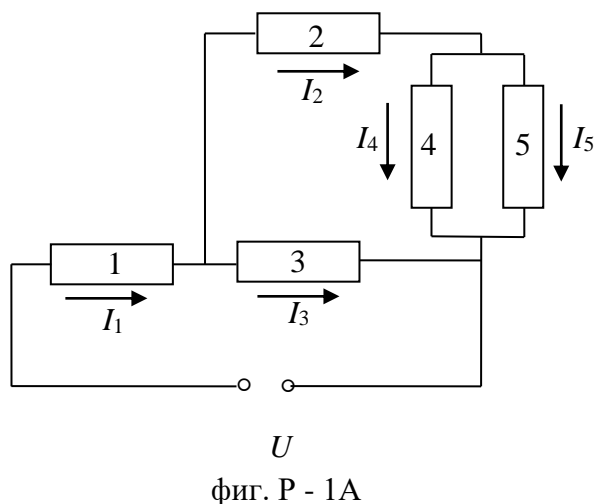


Министерство на образованието и науката
Национално есенно състезание по физика
25 – 27 ноември 2016 г., Велинград
Решения и указания на тема 10. клас

Задача 1. Електрически вериги

А. а) На фиг. P-1А е показана еквивалентната схема на електрическата верига. [2 т.]



б) Еквивалентното съпротивление R' на успоредно свързаните резистори 4 и 5 е

$$R' = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5} = 8 \Omega. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Еквивалентното съпротивление R'' на последователно свързаните резистори 2 и R' е

$$R'' = R_2 + R' = 10 \Omega. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

В групата резисторите 3 и R'' са свързани успоредно, при което за еквивалентното съпротивление получаваме

$$R''' = \frac{R_3 R''}{R_3 + R''} = \frac{10}{3} \Omega. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Тогава еквивалентното съпротивление на електрическата верига е

$$R = R_1 + R''' = \frac{16}{3} \Omega \approx 5,3 \Omega. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

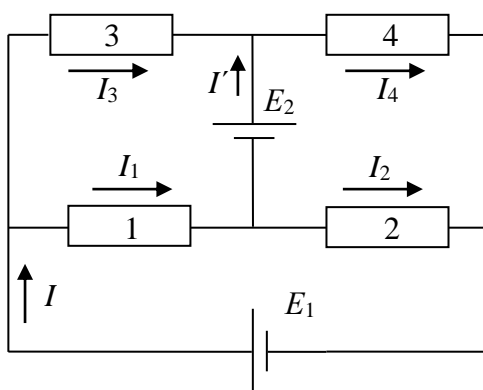
в) Напрежението U_4 между краищата на резистора 4 е $U_4 = I_4 R_4 = 20 \text{ V}$. [0,25 т.] Тъй като тока

$$I_5 = \frac{U_4}{R_5} = 2 \text{ A}, \quad [0,25 \text{ т.}]$$

имаме $I_2 = I_4 + I_5 = 2,5 \text{ A}$ [0,25 т.]. Тогава $U_3 = I_2 R'' = 25 \text{ V}$ [0,25 т.], а $I_3 = U_3 / R_3 = 5 \text{ A}$ [0,25 т.]. Като отчетем, че $I_1 = I_2 + I_3 = 7,5 \text{ A}$ [0,25 т.], $U_1 = I_1 R_1 = 15 \text{ V}$ [0,25 т.], намираме

$$U = U_1 + U_3 = 40 \text{ V}. \quad [0,25 \text{ т.}]$$

Б. За да намерим мощностите, трябва да определим токовете I_1, I_2, I_3, I_4 (фиг. Р-1Б).



фиг. Р - 1Б

От закона на Ом и закона за запазване на електричния заряд имаме

$$\frac{E_1}{R} = I_1 + I_2, \quad \frac{E_2}{R} = I_1 - I_3, \quad \frac{E_2}{R} = I_4 - I_2, \quad I_1 + I_3 = I_2 + I_4. \quad [1,5 \text{ т.}]$$

От първите три уравнения изразяваме

$$I_1 = \frac{E_1}{R} - I_2, \quad I_3 = \frac{E_1 - E_2}{R} - I_2, \quad I_4 = \frac{E_2}{R} + I_2. \quad [0,75 \text{ т.}]$$

и след заместване в четвъртото уравнение намираме

$$I_2 = \frac{E_1 - E_2}{2R}. \quad [0,25 \text{ т.}]$$

Тогава получаваме

$$I_3 = I_2, \quad I_1 = I_4 = \frac{E_1 + E_2}{2R}. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

За мощността на тока във всеки един от резисторите имаме

$$P_1 = I_1^2 R = \frac{(E_1 + E_2)^2}{4R} = P_4, \quad P_2 = I_2^2 R = \frac{(E_1 - E_2)^2}{4R} = P_3. \quad [1 \text{ т.}]$$

Задача 2. а) Съгласно с първия принцип на термодинамиката

$$\Delta U = A + Q \quad [0,5 \text{ т.}]$$

при свиването на газа $Q = 0, A > 0$. [0,5 т.] Тогава $\Delta U > 0$. [0,5 т.] Тъй като вътрешната енергия зависи само от температурата, при свиването на газа температурата ще се повишава. В най-ниско положение на буталото газът ще има максимална температура T_m . Началното състояние на топлинно равновесие на газа се характеризира с

$$p_0 = \frac{Mg}{S}, \quad V_0 = Sh_0 \Rightarrow p_0 V_0 = BT_0, \quad [1,5 \text{ т.}]$$

т.е. уравнението на състояние има вида $Mgh_0 = BT_0$. [0,5 т.] Аналогично, в най-ниско положение на буталото имаме

$$2Mgh_m = BT_m. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Външната сила $F = 2Mg$ е постоянна [0,5 т.] и извършената от нея работа при свиването на газа е

$$A = -p_m \Delta V = -\frac{2Mg}{S}(Sh_m - Sh_0) = 2Mg(h_0 - h_m) = 2BT_0 \left(1 - \frac{T_m}{2T_0}\right). \quad [1 \text{ т.}]$$

От друга страна имаме

$$\Delta U = \frac{3}{2}B(T_m - T_0) = \frac{3}{2}BT_0 \left(\frac{T_m}{T_0} - 1\right). \quad [0,5 \text{ т.}]$$

От приравняването на последните два израза намираме

$$T_m = \frac{7}{5}T_0 = 1,4T_0. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

б) Аналогично при разширението на газа имаме

$$2Mgh_m = BT_m, \quad Mgh = BT, \quad \Delta U = \frac{3}{2}B(T - T_m) = \frac{3BT_m}{2} \left(\frac{T}{T_m} - 1\right), [1,5 \text{ т.}]$$

$$A = -p_0 \Delta V = -\frac{Mg}{S}(Sh - Sh_m) = \frac{BT_m}{2} \left(1 - 2\frac{T}{T_m}\right), \quad [0,5 \text{ т.}]$$

при което намираме

$$T = \frac{4}{5}T_m = \frac{28}{25}T_0 = 1,12T_0. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

в) От уравнението на състояние на газа следва

$$\frac{h}{h_0} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow h = \frac{28}{25} h_0 = 1,12 h_0. \quad [1 \text{ т.}]$$

Задача 3. а) Когато ключът е в положение 1, токът постепенно нараства поради явлението самоиндукция. [1 т.] След достатъчно дълъг интервал от време той достига постоянна стойност

$$I_0 = \frac{U_0}{R}, \quad [1 \text{ т.}]$$

тъй като намотката започва да играе роля на съединителен проводник.

б) Когато ключът е в положение 2, във всеки момент напрежението между краищата на резистора $U_R(t) = I(t)R$ [1 т.] и между краищата на намотката $U_L(t) = L \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right|$ [1 т.] са равни, т.е.

$$\Delta t = \frac{L}{R} \frac{|\Delta I|}{I}. \quad [1 \text{ т.}]$$

в) При $\Delta t = t_{1/2}$, $|\Delta I| = I_0 - I_0/2 = I_0/2$, $\bar{I} = (3/4)I_0$ [2 т.] намираме

$$t_{1/2} = \frac{2}{3} \frac{L}{R} \approx 0,67 \frac{L}{R}. \quad [1 \text{ т.}]$$

г) Когато през намотката тече постоянен ток I_0 , то създава магнитно поле в намотката. Неговата енергия се дава с израза

$$W = \frac{LI_0^2}{2}. \quad [1 \text{ т.}]$$

Тази енергия ще се отдели като топлина от резистора, т.е. $Q = \frac{LI_0^2}{2} = \frac{LU_0^2}{2R^2}$. [1 т.]