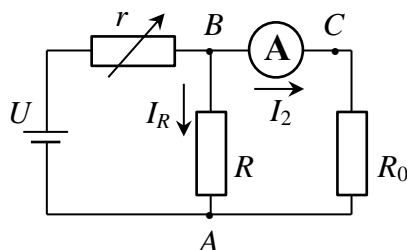
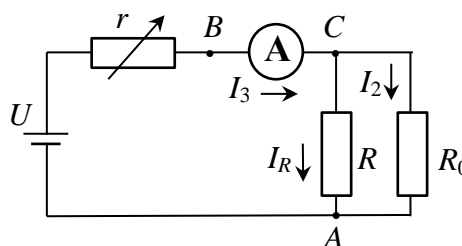


МИНИСТЕРСТВО НА ОБРАЗОВАНИЕТО И НАУКАТА
НАЦИОНАЛНО ПРОЛЕТНО СЪСТЕЗАНИЕ ПО ФИЗИКА
ВЪРШЕЦ, 09 – 10 март 2019 г.
Тема за 9. клас (трета състезателна група)
Решения и указания за оценяване

Задача 1. а) На фиг. 1 са показани двете схеми на свързване.



а [0,75 т.]



б [0,75 т.]

фиг. 1

б) Представените на фиг. 1, *а* и *б* схеми са еквивалентни, като различно е само включването на амперметъра. На фиг. 1, *а* той показва тока през нагревателя, т. е.

$$I_{R_0} = I_2 = 0,05 \text{ A} . \quad [0,5 \text{ т.}]$$

От фиг. 1, *б* следва

$$I_r = I_3 = 0,3 \text{ A} , \quad I_R = I_3 - I_2 = 0,25 \text{ A} . \quad [1 \text{ т.}]$$

в) Допълнителният консуматор и нагревателят са свързани успоредно (фиг. 1, *б*). Тогава е в сила равенството на напреженията им, т. е. $I_R R = I_2 R_0$, [0,5 т.] откъдето следва

$$R = \frac{I_2}{I_R} R_0 = \frac{0,05}{0,25} R_0 = \frac{1}{5} R_0 . \quad [1 \text{ т.}]$$

За еквивалентното им съпротивление намираме

$$R' = \frac{R R_0}{R + R_0} = \frac{\frac{R_0}{5} R_0}{\frac{R_0}{5} + R_0} = \frac{1}{6} R_0 . \quad [1 \text{ т.}]$$

г) Да означим напрежението на източника с U . В схемата от условието на задачата реостатът и нагревателят са свързани последователно. Тогава имаме

$$I_1 = \frac{U}{r + R_0} . \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Ако заменим на фиг. 1, *б* съпротивленията на нагревателя и допълнителния консуматор, свързани успоредно, с еквивалентното им съпротивление R' , ще имаме същата схема. Тогава

$$I_3 = \frac{U}{r + R'} . \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Като елиминираме U , получаваме

$$\frac{I_3}{I_1} = \frac{r + R_0}{r + R'} = 3, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

откъдето намираме $r = \frac{1}{4} R_0$. [0,5 т.]

г) Мощността на нагревателя в схемите на фиг. 1 е една и съща и равна на

$$P_0 = I_2^2 R_0. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

От друга страна общата мощност на всички консуматори е

$$P = I_3^2 (r + R') = \frac{5}{12} I_3^2 R_0. \quad [1 \text{ т.}]$$

Тогава за КПД намираме

$$\eta = \frac{P_0}{P} = \frac{12}{5} \left(\frac{I_2}{I_3} \right)^2 = \frac{1}{15} \approx 0,067 = 6,7\%. \quad [1 \text{ т.}]$$

Задача 2. а) Нека означим обема на леда с V_1 . Неговата маса е $m = \rho_1 V_1$ [0,25 т.], където ρ_1 е плътността на леда. Когато е изцяло потопен, ледът повишава нивото на водата в цилиндъра с $h_1 = \frac{V_1}{S}$. [0,5 т.] Водата, получила се след разтопяването му, има същата маса, но обем V_0 и $m = \rho_0 V_0$. [0,25 т.] Тогава тази вода би повишила нивото на водата в съда с

$$h_0 = \frac{V_0}{S} = \frac{V_1}{S} \frac{\rho_1}{\rho_0} < \frac{V_1}{S} = h_1, \quad [1 \text{ т.}]$$

защото плътността на леда е по-малка от плътността на водата, т. е. $\rho_1 < \rho_0$. Следователно нивото на водата след разтопяване на леда се е понижило. [0,5 т.]

б) Да означим обема на топчето с V . Първоначално разглеждаме леда и топчето като едно цяло. Тогава силата на опън на нишката до разтопяването на леда е

$$T_1 = F_A - mg, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

където F_A е изтласкващата сила, а m – общата маса на леда и топчето. Като изразим тези сили чрез плътностите и обемите, имаме

$$T_1 = \rho_0 (V_1 + V)g - \rho_1 V_1 g - \rho Vg = [(\rho_0 - \rho_1)V_1 + (\rho_0 - \rho)V]g. \quad [1 \text{ т.}]$$

След разтопяването на леда за силата на опън можем да запишем

$$T_2 = \rho_0 Vg - \rho Vg = (\rho_0 - \rho)Vg. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Тъй като $\rho_0 > \rho_1$, имаме $(\rho_0 - \rho_1)V_1 g > 0$ [0,5 т.]. Следователно в сила е неравенството

$$T_1 > T_2, \quad T_1 = \alpha T_2. \quad [1 \text{ т.}]$$

Изводът е, че силата на опън е намаляла след стопяването на леда. [0,5 т.]

в) От условието на задачата следва, че

$$h = h_1 - h_0 = \frac{V_1}{S} \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_0} \right) \Rightarrow V_1 (\rho_0 - \rho_1) = h S \rho_0. \quad [1 \text{ т.}]$$

Като заместим този израз във връзката между силите на опън $T_1 = \alpha T_2$, имаме

$$h S \rho_0 + (\rho_0 - \rho)V = \alpha (\rho_0 - \rho)V, \quad [1 \text{ т.}]$$

откъдето намираме

$$V = \frac{hS\rho_0}{(\alpha-1)(\rho_0-\rho)} = \frac{hS}{(\alpha-1)\left(1-\frac{\rho}{\rho_0}\right)}. \quad [1 \text{ т.}]$$

Задача 3. а) По определение КПД на топлинен двигател се дава с израза

$$\eta = \frac{A_{\text{изв.}}}{Q_{\text{пол.}}} \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Тъй като $A_{\text{изв.}} = A' - A$ [0,5 т.], а газът получава топлина в изотермния процес, при който

$$U_2 - U_1 = Q_{\text{пол.}} - A' = 0, \quad [0,75 \text{ т.}]$$

намираме

$$A = (1 - \eta)A' = 0,8 \text{ kJ}. \quad [0,75 \text{ т.}]$$

б) В изобарния процес на свиване $\frac{V}{T} = \text{const}$, като на най-малкия обем V_3 съответства най-ниската температура T_3 [0,5 т.]. При адиабатното свиване на идеалния газ температурата му нараства от T_3 до T_1 [0,5 т.]. Следователно температурата на изотермния процес е равна на T_{max} [0,5 т.], а температурата в състояние 3 е равна на T_{min} [0,5 т.] .

в) Работата, извършена от външната сила, е

$$A = A_p + A_{\text{ад}}. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

При изобарния процес на свиване за работата имаме

$$A_p = -p_2(V_3 - V_2) = p_2V_2\left(1 - \frac{V_3}{V_2}\right). \quad [1 \text{ т.}]$$

Като отчетем, че

$$\frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} = \frac{T_{\text{min}}}{T_{\text{max}}}, \quad [0,5 \text{ т.}] \quad p_1V_1 = p_2V_2, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

за извършената работа при изобарния процес имаме

$$A_p = \frac{p_2V_2}{T_{\text{max}}}(T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) = \frac{p_1V_1}{T_1}\Delta T = B\Delta T. \quad [0,5 \text{ т.}]$$

Аналогично, при адиабатния процес на свиване

$$A_{\text{ад}} = U_1 - U_3 = \frac{3}{2}B(T_1 - T_3) = \frac{3}{2}B\Delta T. \quad [1 \text{ т.}]$$

Тогава получаваме

$$A = \frac{5}{2}B\Delta T, \quad [0,5 \text{ т.}]$$

при което като заместим A с израза от подточка а), намираме

$$\Delta T = \frac{2}{5B}(1 - \eta)A' \approx 39 \text{ K}. \quad [1 \text{ т.}]$$