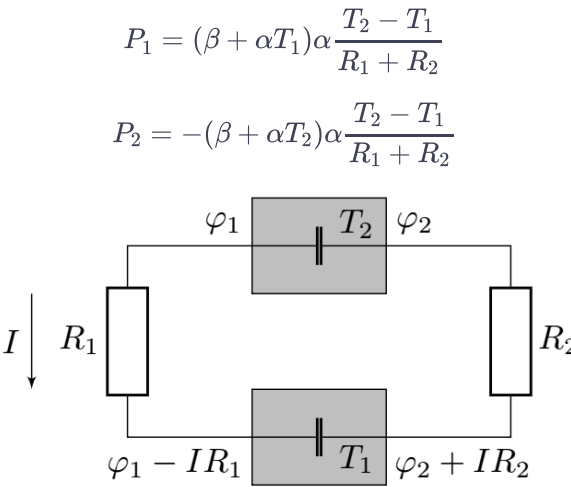


A1 1.00 Найдите величину тока в схеме, если коэффициенты α и β заданы. Найдите мощности P_1 и P_2 , выделяющиеся на обоих контактах.

Запишем контактную разность потенциалов:

$$\begin{cases} \varphi_1 - \varphi_2 = \beta + \alpha T_2 \\ (\varphi_1 - IR_1) - (\varphi_2 + IR_2) = \beta + \alpha T_1 \end{cases}$$

Тогда ток $I = \alpha \frac{T_2 - T_1}{R_1 + R_2}$. Поэтому



A2 1.00 Из общих термодинамических соображений и условия укажите знак коэффициентов α и β .

В условии задачи написано «На контакте потенциал проводника 1 всегда выше, чем у проводника 2», что может быть только тогда, когда $\alpha \geq 0$ и $\beta > 0$

A3 1.00 Из общих термодинамических соображений и условия найдите минимально возможное значение коэффициента β .

Рассмотренную схему можно воспринимать как тепловую машину, полезная мощность которой - тепло $P_{\text{пол}} = I^2(R_1 + R_2)$ выделяющееся на нагрузке. При это мощность, подводимая к системе это $-P_2 = (\beta + \alpha T_2)I$. При этому КПД η должно быть не больше КПД машины Карно:

$$\eta = \frac{P_{\text{пол}}}{P_1} = \frac{\alpha(T_2 - T_1)}{\beta + \alpha T_2} \leq \frac{T_2 - T_1}{T_2},$$

поэтому $\beta/\alpha \geq 0$. Поэтому минимальное значение $\beta_{\text{min}} = 0$.

A4 0.50 Пометьте в листе ответов плюсом контакты с прямым эффектом Пельтье и минусом с обратным, а также укажите стрелкой направление тока в цепи.

Контакт #1	+	При $T_2 > T_1$ получается, что $P_1 > 0$, значит эффект Пельтье прямой
Контакт #2	-	При $T_2 > T_1$ получается, что $P_2 < 0$, значит эффект Пельтье обратный
Направление тока	Против часовой	При $T_2 > T_1$ получается, что $I > 0$

B1 1.50 Найдите температуры T_1 и T_2 первого и второго сосудов в момент, когда в системе остановится ток.

В системе остановится ток тогда, когда разность температура станет нулевой. Обозначим теплоемкость m воды за C . Запишем уравнения на температуру сосудов:

$$\begin{cases} C\dot{T}_1 = P_1 = \alpha^2 T_1 \frac{T_2 - T_1}{R_1 + R_2} \\ -C\dot{T}_2 = P_2 = -\alpha^2 T_2 \frac{T_2 - T_1}{R_1 + R_2} \end{cases}.$$

Делением первого уравнения на T_1 а второго на T_2 получаем

$$\frac{\dot{T}_1}{T_1} + \frac{\dot{T}_2}{T_2} = 0 \Rightarrow \ln \frac{T_{\text{к}}}{T_{1,0}} + \ln \frac{T_{\text{к}}}{T_{2,0}} = 0 \Rightarrow T_{\text{к}} = \sqrt{T_{1,0} \cdot T_{2,0}} = 46^\circ\text{C}$$

B2 1.00 Найдите тепло Q_1 и Q_2 , выделившееся на резисторах

Через резисторы течет одинаковый ток, поэтому $Q_1/Q_2 = R_1/R_2$. При этом полное тепло $Q = Q_2(1 + R_1/R_2)$, которое выделилось на резисторах можно найти из ЗСЭ для всей системы:

$$Q + 2CT_{\text{к}} = CT_{1,0} + CT_{2,0} \Rightarrow Q = C \left(T_{2,0} + T_{1,0} - 2\sqrt{T_{1,0}T_{2,0}} \right) = C \left(\sqrt{T_{2,0}} - \sqrt{T_{1,0}} \right)^2$$

$$Q_1 = cm \left(\sqrt{T_{2,0}} - \sqrt{T_{1,0}} \right)^2 \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad Q_2 = cm \left(\sqrt{T_{2,0}} - \sqrt{T_{1,0}} \right)^2 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

C1^{0.50}

Найдите максимально выдаваемое напряжение такой батареи U_0 , если $\alpha = 1000$ мВ/К.

Напряжение батареи $U_0 = (R_1 + R_2)I = \alpha(T_2 - T_1) = 196$ В

C2^{2.50}

Считая, что основные теплотери происходят в проводе между двумя резервуарами (левым), и пренебрегая потерями в проводах, ведущих на нагрузку, а также стенках резервуара, найдите такое значение тока I_0 , при котором отношение полезной работы к теплу, получаемому азотом, максимально. Найдите значение этого максимального коэффициента. Теплопроводность χ и удельное сопротивление ρ , а также сечение S и длину l левого провода считайте заданными. Провод, находящийся между резервуарами, проходит в основном снаружи. Считайте, что $\frac{\alpha^2 \Delta T}{\rho \chi} \gg 1$.

Полезная мощность в равна $P_{\text{п}} = I^2 R$. При этом мощность, которую получает азот:

$$P_{\text{н}} = \alpha T_1 I + \chi \frac{\Delta T S}{l}.$$

Значит их отношение γ :

$$\gamma = \frac{I^2 R}{\alpha T_1 I + \chi \frac{\Delta T S}{l}}, \Rightarrow \gamma' = \frac{2IR \left(\alpha T_1 I + \chi \frac{\Delta T S}{l} \right) - \alpha T_1 I^2 R}{\dots} > 0$$