

Решение вступительной работы по ФИЗИКЕ в 9 класс ФТШ. 2015 год

1. Горячо – холодно

Пусть $T_1 = 20^\circ$, $T_2 = 60^\circ$, за 10 мин вытекает масса m воды.

А) Первые 20 мин вода из бассейна не вытекает. При смешивании равного количества m холодной и горячей воды установится температура:

$$Cm(T - T_1) = Cm(T_2 - T) \Rightarrow T = \frac{T_1 + T_2}{2} = 40^\circ.$$

Воды в бассейне теперь $2m$. Если сразу отлить из него массу m (температуры 40°) и налить затем массу m холодной воды из крана (температуры $T_1 = 20^\circ$), то установится

$$T_B = \frac{T + T_1}{2} = 30^\circ.$$

Однако в реальности холодная вода вытесняет нагретую из бассейна постепенно, а значит, за 10 минут вытечет тоже масса m воды, но нагретой в среднем меньше, чем до 40° . Поэтому останется в бассейне вода, нагретая больше чем на 30° .

Ответ: через полчаса температура воды в бассейне T будет больше 30° .

Б) Первые 10 мин воды в бассейне холодная и имеет постоянную $T_1 = 20^\circ\text{C}$. Затем за 10 мин температура возрастет до 40° , причем в течении этих 10 мин рост температуры происходит с замедлением – в начале воды в бассейне меньше и она холоднее, и потому при попадании каждой капли нагревается сильнее (то есть график $T(t)$ этих 10 мин будет как на рисунке справа).



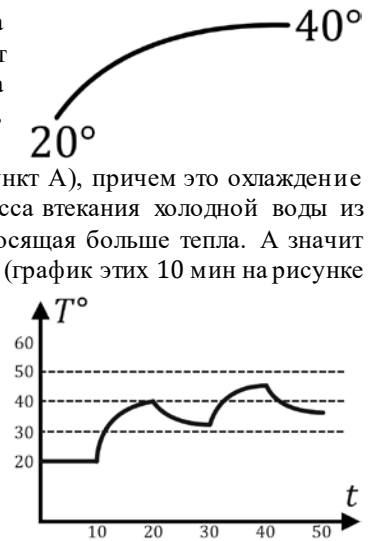
Затем 10 мин вода охлаждается до $T > 30^\circ$ (см. пункт А), причем это охлаждение тоже происходит с замедлением – в начале процесса вытекания холодной воды из бассейна вытекает вода более горячая, то есть уносящая больше тепла. А значит охлаждение остающейся части происходит быстрее (график этих 10 мин на рисунке слева).

Далее процессы нагревания и охлаждения чередуются, а температура колеблется около 40° – средней температуры вытекающей в бассейн воды.

Ответ: график $T(t)$.

Примечание: начав 10-минутку охлаждения с $T_H > 40^\circ$, мы всегда будем получать $T_K > 30^\circ$, а начав нагревать с $T_H > 30^\circ$, будем иметь $T_K < 50^\circ$.

Можно вычислить и более точные границы колебаний температуры.



2. Светящаяся «рыба»

Полный ток I_0 , текущий через «рыбу», в «туловище» делится на 2 параллельных и равных тока, а в «хвосте» – на 3 (три трубки «хвоста» подключены параллельно). Поэтому в «туловище» ток $I_1 = I_0/2$, а в «хвосте» – $I_2 = I_0/3$.

А) Если R – сопротивление трубки, то мощности трубок:

$$P = I^2 R \Rightarrow P_1 = \frac{I_0^2 R}{4}; P_2 = \frac{I_0^2 R}{9} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{9}{4}.$$

Ответ: в «туловище» трубки светятся ярче в $9/4$ раза.

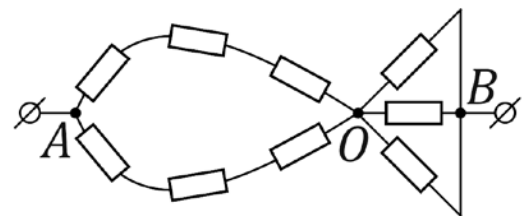
Б) Общее сопротивление «рыбы» $R_0 = R_{AO} + R_{OB}$, а оба участка (AO и OB) – параллельные подключения:

$$\begin{cases} \frac{1}{R_{AO}} = \frac{1}{3R} + \frac{1}{3R} = \frac{2}{3R} \Rightarrow R_{AO} = \frac{3}{2}R \\ \frac{1}{R_{OB}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{3}{R} \Rightarrow R_{OB} = \frac{R}{3} \end{cases} \Rightarrow R_0 = \frac{3}{2}R + \frac{R}{3} = \frac{11}{6}R.$$

Общая мощность, выделяющаяся в «рыбе»:

$$P_0 = \frac{U^2}{R_0} = \frac{U^2}{\frac{11}{6}R} = \frac{6U^2}{11R} \Rightarrow R = \frac{6U^2}{11P_0} = \frac{6 \cdot (220)^2}{11 \cdot 220} = 120 \text{ Ом}.$$

Ответ: сопротивление каждой трубки равно 120 Ом.



3. Где быстрее?

А) При последовательном соединении токи в участках одинаковы: $I_1 = I_2$. Поскольку площади сечения проводников и их вещества одинаковы, то и скорости зарядов одинаковы.

Ответ: при последовательном соединении средние скорости электронов в кусках провода равны.

Примечание: верным является еще и такое рассуждение: при последовательном соединении куски одинакового провода могут рассматриваться как единый провод, а поэтому средние скорости электронов в них одинаковы.

Б) При параллельном соединении на проводах одинаковые напряжения: $U_1 = U_2 = U$, а значит

$$I_1 = \frac{U}{R_1}, \quad I_2 = \frac{U}{R_2}.$$

Так как $R \sim l$, в более длинном проводе сопротивление больше, а значит ток меньше: $I_1 < I_2$. Мы уже знаем (см. пункт А), что при одинаковой толщине и веществе чем больше ток, тем больше скорость, поэтому...

Ответ: при параллельном соединении в более длинном проводе средняя скорость электронов меньше.

В) Чем больше скорость электронов, тем больше сила тока, а поскольку у одинаковых проводов сопротивление на единицу длины R_l одно и то же, то и мощность выделения тепла $I^2 R_l$ на участниках одинаковой длины одинакова, то есть одинаков нагрев.

Ответ: в условиях задачи, то есть для одинаковых проводов, предположение верно.

Примечание 1: это же можно обосновать и по-другому – более быстрые электроны сильнее сталкиваются с веществом, и поэтому на одинаковых участках одинаковых проводов они нагревают вещество сильнее.

Примечание 2: для разных проводов утверждение, вообще говоря, неверно. Например, можно представить себе провод, где электроны бегут быстрее, но их количество (концентрация) гораздо меньше, чем в другом. Тогда каждый отдельный электрон будет сообщать при столкновениях веществу больше энергии, но из-за их общего малого количества провод будет нагреваться слабее.

4. Лес, болото и река

Пусть путь туристов (за один день) по лесу $l_L = x$, по болоту $l_B = y$, по реке $l_P = z$.

А) По условию, если скорость туристов по лесу

$$v_L = v,$$

то по болоту

$$v_B = \frac{v}{2},$$

а по реке

$$\text{в первый день (по течению): } v_{P_1} = \frac{3}{2}v,$$

$$\text{во второй день (против течения): } v_{P_2} = v_B = \frac{v}{2}.$$

Тогда время движения туристов:

$$\text{в первый день: } t_1 = \frac{l_L}{v_L} + \frac{l_B}{v_B} + \frac{l_P}{v_{P_1}} = \frac{x}{v} + \frac{2y}{v} + \frac{2z}{3v} = 8 \text{ часов,}$$

$$\text{во второй день: } t_2 = \frac{l_L}{v_L} + \frac{l_B}{v_B} + \frac{l_P}{v_{P_2}} = \frac{x}{v} + \frac{2y}{v} + \frac{2z}{v} = 12 \text{ часов.}$$

Вычитая уравнения, получим

$$t_2 - t_1 = \frac{2z}{v} - \frac{2z}{3v} = 4 \Rightarrow \frac{4z}{3v} = 4 \Rightarrow \frac{z}{v} = 3 \text{ часа}$$

или

$$t_{P_1} = \frac{2z}{3v} = 2; \quad t_{P_2} = \frac{2z}{v} = 6.$$

Ответ: время движения туристов по реке в первый день – 2 часа, во второй – 6 часов.

Б) Если $t_L = t_B$, то, например, все время первого дня за вычетом времени реки, полностью приходилось на путь по лесу и болоту, то есть

$$t_L = \frac{x}{v} = t_B = \frac{2y}{v} = \frac{1}{2}(t_1 - t_{P_1}) = 3 \text{ часа.}$$

Из системы

$$\begin{cases} \frac{x}{v} = \frac{2y}{v} = 3 \\ \frac{2z}{3v} = 2 \end{cases}$$

получаем $x = 2y = z$. А так как $x + y + z = l_{AB} = 30$ км, то

$$l_L = x = 12 \text{ км, } \quad l_B = y = 6 \text{ км, } \quad l_P = z = 12 \text{ км.}$$

Скорость туристов:

$$\text{по течению реки: } v_{P_1} = \frac{l_P}{t_{P_1}} = \frac{12}{2} = 6 \frac{\text{км}}{\text{ч}},$$

$$\text{против течения реки: } v_{P_2} = \frac{l_P}{t_{P_2}} = \frac{12}{6} = 2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}.$$

Поскольку в обе стороны туристы гребут с одинаковыми усилиями, то относительно воды они движутся с одинаковой скоростью u . Если v_T – скорость течения, то

$$\begin{aligned} \text{скорость по течению: } u + v_T = v_{P_1} \Rightarrow \\ \text{скорость против течения: } u - v_T = v_{P_2} \Rightarrow v_T = \frac{1}{2}(v_{P_1} - v_{P_2}) = \frac{1}{2}(6 - 2) = 2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}. \end{aligned}$$

Ответ: мы можем узнать скорость течения реки, она равна $2 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.