Решение вступительной работы по *ФИЗИКЕ* в 9 класс ФТШ 2017 год

1. *Лилиметрическая система мер*

По условию, 1500 лилипыхов $= 60$ Вт, поэтому

$$1\text{ Вт} = \left(\frac{1500}{60} =\right) 25\text{ лилипыхов.}$$

В СИ

$$1\text{ Вт} = \frac{\text{Дж}}{\text{с}} = \frac{\text{н}\cdot\text{м}}{\text{с}} = \frac{\text{кг}\cdot\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\cdot\text{м}}{\text{с}} = \text{кг}\cdot\frac{\text{м}^2}{\text{с}^3}.$$

Соответственно

$$1\text{ лилипых} = \text{лилипуд}\cdot\frac{\text{лилипрыг}^2}{\text{лилимиг}^3}.$$

Из этих равенств получается, что:

$$\text{кг}\cdot\frac{\text{м}^2}{\text{с}^3} = 25\text{ лилипуд}\cdot\frac{\text{лилипрыг}^2}{\text{лилимиг}^3} \Longrightarrow \text{лилимиг}^3 = 25\cdot\frac{\text{лилипуд}}{\text{кг}}\cdot\frac{\text{лилипрыг}^2}{\text{м}^2}\cdot\text{с}^3$$

$$\text{лилимиг}^3 = 25\cdot 0{,}016\cdot 0{,}05^2\text{ с}^3 = 0{,}001\text{ с}^3 \Longrightarrow \text{лилимиг} = 0{,}1\text{ с.}$$

Ответ: лилимиг равен $0{,}1$ секунды.

2. *Прозрачные шарики*

А) Когда средняя плотность шарика с содержимым сравнивается с плотностью окружающего воздуха, полная сила тяжести шарика сравнивается с силой Архимеда со стороны воздуха:

$$\rho_{\text{возд}} = \rho_{\text{сред}} \Longrightarrow \rho_{\text{возд}}Vg = \rho_{\text{сред}}Vg = m_{\text{общ}}g \Leftrightarrow F_{\text{Арх}} = F_{\text{тяж}}.$$

Ответ: шарики отрываются из-за силы Архимеда, как только она начинает превосходить силу тяжести.

Примечание: *то, что это происходит примерно сразу, как только они сравниваются, означает, что другие силы, могущие удерживать шарик (какое-то прилипание, поверхностное натяжение и т.п.) малы и несущественны для задачи.*

Б) Средняя плотность шарика определяется его оболочкой и внутренностью:

$$\rho_{\text{сред}} = \frac{m_{\text{об}} + m_{\text{вн}}}{V_{\text{об}} + V_{\text{вн}}} = \frac{\rho_{\text{об}}V_{\text{об}} + \rho_{\text{вн}}V_{\text{вн}}}{V_{\text{об}} + V_{\text{вн}}}.$$

В силу сказанного в пункте А шарик *всегда* должен отрываться, когда его средняя плотность примерно сравнивается с плотностью окружающего воздуха, которая не меняется, поэтому и $\rho_{\text{сред}}$ в момент отрыва постоянна.

Плотность оболочки $\rho_{\text{об}}$, очевидно, больше $\rho_{\text{сред}} = \rho_{\text{возд}}$, а плотность горячего воздуха $\rho_{\text{вн}}$ – меньше. Если нагрев станет слабее, то $\rho_{\text{вн}}$ возрастет (оставаясь меньше $\rho_{\text{сред}}$), следовательно, чтобы обеспечить (через легкость внутренности) то же самое $\rho_{\text{сред}}$, доля объема, приходящаяся на внутреннее содержимое, должна *возрасти*.

При изменении размеров шарика в N раз его объем $V_{вн}$ изменяется как N^3, а объем оболочки $V_{об}$ – пропорционально площади, то есть N^2.

То есть с ростом шарика ($N > 1$) *доля* $V_{вн}$ растет быстрее, что нам и нужно.
Ответ: при ослаблении нагрева внутреннего воздуха будут отрываться шарики *большего* размера.

3. Самовар и самоварище

Посчитаем затраченную самоваром (объема $V_1 = 4$ л) энергию:

$$Є_{затр_1} = P_1 \cdot t = 4 \text{ кВт} \cdot 500 \text{ с} = 2 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Полезная же энергия (тепло, идущее на нагрев воды):

$$Є_{полез_1} = Q_1 = c \cdot m_1 \cdot \Delta T = 4200 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \cdot 4 \text{ кг} \cdot 100° = 1{,}68 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Поскольку $Є_{полез_1} < Є_{затр_1}$, то при работе самовара точно есть потери тепла:

$$Q_{потери_1} = Є_{затр_1} - Є_{полез_1} = 3{,}2 \cdot 10^5 \text{ Дж}.$$

Эти потери могут быть объяснены двумя причинами:
1) кроме воды нужно нагревать и само вещество самовара;
2) с поверхности самовара идет теплоотдача наружу.

Рассмотрим теперь увеличенный самовар. Пусть в нем все линейные размеры (длину, ширину и высоту) увеличили в N раз. Тогда его объем увеличился в N^3 раз. Тем самым и масса воды, и полезная энергия на ее нагрев возрастет в N^3 раз:

$$Є_{полез_2} = N^3 \cdot Є_{полез_1}.$$

Однако, при тех же материалах и толщине стенок, масса самого самовара, а значит, и затрачиваемая энергия на его нагрев, растет пропорционально площади, то есть как N^2. Мощность теплоотдачи в окружающую среду тоже растет пропорционально площади.
Поэтому

$$Q_{потери_2} = N^2 \cdot Q_{потери_1}.$$

Тем самым:

$$Є_{затр_2} = Є_{полез_2} + Q_{потери_2} = N^3 \cdot Є_{полез_1} + N^2 \cdot Q_{потери_1} <$$
$$< N^3 \cdot Є_{полез_1} + N^3 \cdot Q_{потери_1} < N^3 \cdot Є_{затр_1}.$$

Затраты возросли меньше, чем в N^3 раз, однако, по условию, мощность самовара возросла в столько же раз, во сколько вырос его объем, то есть в N^3 раз:

$$P_2 = N^3 \cdot P_1.$$

Итак, мощность возросла в *большее* количество раз, чем полная затрачиваемая энергия. Значит, времени на нагрев требуется *меньше*.
Ответ: время до закипания полного большого самовара стало меньше 500 секунд.

Дополнение: *приведенного ниже расчета не требовалось, но несложно подсчитать, каким примерно станет новое время нагрева.*

Имеем:

$$P_1 t_1 = \epsilon_{\text{полез}_1} + Q_{\text{потери}_1} \quad (1)$$

$$P_2 t_2 = \epsilon_{\text{полез}_2} + Q_{\text{потери}_2}$$

или

$$N^3 P_1 \cdot t_2 = N^3 \cdot \epsilon_{\text{полез}_1} + N^2 \cdot Q_{\text{потери}_1}. \quad (2)$$

Разделив уравнение (2) на уравнение (1), получим:

$$N^3 \cdot \frac{t_2}{t_1} = \frac{N^3 \cdot \epsilon_{\text{полез}_1} + N^2 \cdot Q_{\text{потери}_1}}{\epsilon_{\text{полез}_1} + Q_{\text{потери}_1}}$$

или

$$t_2 = \frac{t_1}{N} \cdot \frac{N \cdot \epsilon_{\text{полез}_1} + Q_{\text{потери}_1}}{\epsilon_{\text{полез}_1} + Q_{\text{потери}_1}}. \quad (3)$$

Найдем N:

$$N^3 = \frac{V_2}{V_1} = \frac{13{,}5}{4} = \frac{27}{8} \Longrightarrow N = \frac{3}{2}.$$

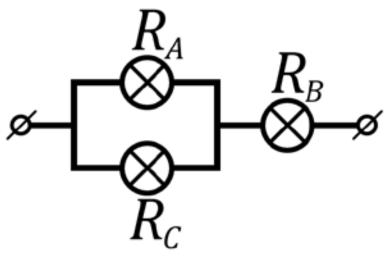
Подставим найденные N, $\epsilon_{\text{полез}_1}$ и $Q_{\text{потери}_1}$ в уравнение (3) и получим $t_2 \approx 0{,}95 t_1 = 475$ с.

4. *Лампочки и предохранитель*

А) Согласно формуле для номинальной мощности:

$$P_0 = \frac{U_0^2}{R},$$

получаем из условия $P_{0_A} = P_{0_B} > P_{0_C}$, что $R_A = R_B < R_C$.



В схеме (см. рис.) лампы A и C параллельны, поэтому их напряжения одинаковы, и из $R_A < R_C$ следует $P_A > P_C$.
Лампы A и B равны по сопротивлениям, но ток в лампе B равен сумме токов в лампах A и C. Значит $I_B > I_C$, следовательно, $P_B > P_A$.

В итоге: $P_B > P_A > P_C$.
<u>Ответ</u>: ярче всех горит лампа B.

Б) В силу последовательного подсоединения ток через предохранитель равен общему току через схему:

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_A R_C}{R_A + R_C} + R_B \quad (1)$$

$$I_{\text{общ}} = \frac{U_1}{R_{\text{общ}}} \quad (2)$$

Вычислим R_A:

$$\frac{U_0^2}{R_A} = P_A \Longrightarrow R_A = (R_B =) \frac{U_0^2}{P_A} = \frac{220^2}{110} = 440\ \Omega.$$

Аналогично найдем R_C:

$$R_C = \frac{U_0^2}{P_C} = \frac{220^2}{44} = 1100\ \Omega.$$

Подставим эти значения в (1) и (2):

$$R_{\text{общ}} = \frac{12}{7} R_A = \frac{12}{7} \cdot 440\ \Omega \quad \text{и} \quad I_{\text{общ}} = \frac{7 \cdot 380}{12 \cdot 440} = \frac{1}{2} \cdot \frac{133}{132} \approx 0{,}504\ \text{А}.$$

Значение общего тока больше, чем пороговый ток предохранителя $I_{\text{п}} = 0{,}5$ А, откуда получаем <u>**Ответ**</u>**:** предохранитель разомкнет цепь.