

**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников по физике  
2017- 2018 учебный год  
9 класс**

*Полное правильное решение каждой задачи оценивается в 10 баллов.*

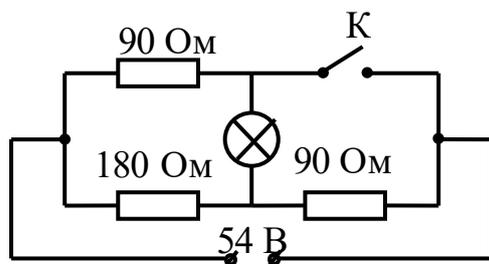
1. Маугли решил навестить Балу. Первую треть всего времени движения он бежал по лесу на юг со скоростью  $v_1 = 3$  км/ч, затем треть всего пути перемещался по просеке на восток со скоростью  $v_2$ . Не застав Балу дома Маугли вернулся в исходную точку по кратчайшему пути. Вычислите среднюю (путевую) скорость Маугли.

2. До конца XIX в. некоторые ученые полагали, что источником энергии Солнца являются реакции горения, в частности, горения угля. Приняв, что теплота сгорания угля  $q = 10^7$  Дж/кг, масса Солнца  $M = 2 \cdot 10^{30}$  кг, а светимость (количество энергии, излучаемой в единицу времени)  $L = 4 \cdot 10^{26}$  Вт, приведите веские доказательства неправильности этой гипотезы.

3. В некотором сосуде находится большое количество льда при нуле градусов по Цельсию. На лед льется струя воды при температуре  $20^\circ\text{C}$ , причем за 1 секунду в сосуд попадает 1 грамм воды. Из сосуда через небольшое отверстие вблизи дна эта вода вытекает вместе с растаявшей водой при температуре  $3^\circ\text{C}$ . Определите, какая масса воды вытекает из сосуда за 1 секунду. Теплообменом с окружающим воздухом и с сосудом можно пренебречь. Удельная теплоёмкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг  $^\circ\text{C}$ ), удельная теплота плавления льда  $\lambda = 3,4 \cdot 10^5$  Дж/кг. Вода в сосуде не накапливается.

4. Опишите способ определения сопротивления неизвестного резистора  $R_2$  с использованием следующего оборудования: источник тока, резистор с известным сопротивлением  $R_1$ , стеклянный стакан объемом 100 мл, термометр, секундомер, соединительные провода, ключ и сосуд с водой комнатной температуры (в достаточном количестве). Напряжение источника тока неизвестно.

5. В собранной схеме лампочка горит одинаково ярко как при замкнутом, так и при разомкнутом ключе К. Найдите напряжение на лампочке.



**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников по физике  
2017- 2018 учебный год  
9 класс**

*Ответы и указания к решению*

1. Пусть  $S_1$  путь пройденный Маугли по лесу,  $S_2$  – по просеке. Тогда по теореме Пифагора путь домой по кратчайшему пути равен

$$S_3^2 = S_1^2 + S_2^2 \quad (1)$$

По условию задачи полный путь, пройденный Маугли  $S = S_1 + S_2 + S_3$ . Откуда

$$S_3 = S - S_1 - \frac{1}{3}S = \frac{2}{3}S - S_1 = 2S_2 - S_1 \quad (2)$$

Возведем (2) в квадрат и приравняем к (1). Тогда

$$S_1^2 + S_2^2 = 4S_2^2 - 4S_1S_2 + S_1^2$$

Откуда получаем, что  $S_1 = \frac{1}{4}S$ . По условию  $t_1 = \frac{1}{3}t$

Тогда  $v_1 = \frac{S_1}{t_1} = \frac{\frac{3S}{4}}{\frac{3}{4}t} = \frac{3S}{4t} = \frac{3}{4}v$ . Откуда  $v = 4$  км/ч

2. Количество теплоты, выделяющейся при полном сгорании угля  $Q = q \cdot M = 2 \cdot 10^{37}$  Дж. Этого запаса хватит на время

$$t = \frac{Q}{L} = 5 \cdot 10^{10} \text{ с} = 1700 \text{ лет.}$$

Юлий Цезарь жил более 2000 лет назад, динозавры вымерли около 60 млн. лет назад, так, что за счет сгорания топлива Солнце светить не может.

3. За 1 секунду в сосуд вытекает масса воды  $m = 1$  г, имеющей температуру  $T_1$ . Она плавит лёд и нагревает получившуюся воду до температуры  $T$ . Втекающая вода отдаёт количество тепла

$$Q_1 = cm(T_1 - T).$$

При плавлении льда и нагревании получившейся воды поглощается количество тепла

$$Q_2 = \lambda m_1 + cm_1(T - T_0), \text{ где } m_1 - \text{масса растаявшего за 1 секунду.}$$

Из уравнения теплового баланса следует, что

$$Q_1 = Q_2, \text{ откуда } m_1 = cm(T_1 - T)/(\lambda + c(T - T_0)).$$

Из сосуда за 1 секунду вытекает вода, которая в него за это время втекла, и, дополнительно, вода, получившаяся при плавлении льда:  $m + m_1$ .

Отсюда получаем массу ежесекундно вытекающей воды 1,2 г.

4. При соединении резистора с источником тока в нем выделяется количество теплоты, равное  $\frac{U^2}{R} \tau$ . Если резистор опустить в воду, то последняя нагреется на некоторую величину  $\Delta t$  по сравнению с комнатной температурой. Если нагрев будет небольшим, то потерями на нагрев воздуха можно пренебречь, и получим равенство  $\frac{U^2}{R} \tau = cm\Delta t$ .

Выполнив нагрев сначала с известным резистором, а затем с неизвестным, получим два равенства. Стоит отметить, что обязательно указание на то, что

оба раза в стаканчике одно и то же количество воды, причем перед вторым опытом воду нужно поменять.

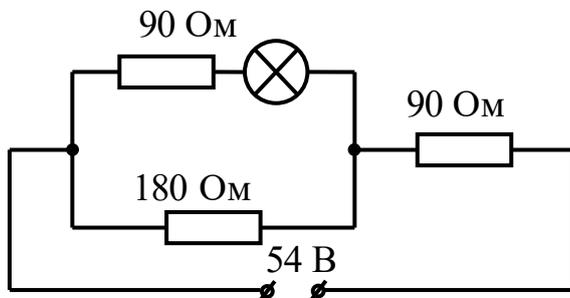
Поделив одно равенство на другое получим  $\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{\tau_1}{\tau_2} = \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$ . Неизвестное сопротивление найдем по следующей формуле  $R_2 = R_1 \cdot \frac{\tau_2 \Delta t_1}{\tau_1 \Delta t_2}$ .

#### Критерии оценивания

Критерий	Балл
Идея с нагревом воды резистором	2
Запись уравнения теплового баланса для нагрева	2
Указание на одинаковое количество воды и ее температуру в опытах	2
Получение формулы для сопротивления	3
Указание на проведение незначительного нагрева для минимизации потерь тепла	1

5. Пусть  $U_{л}$  – напряжение на лампочке, а  $R_{л}$  – сопротивление лампочки.

Эквивалентная схема при разомкнутом ключе:

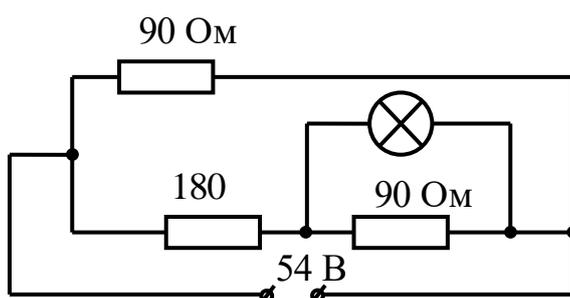


Сила тока, текущего через лампу  $I_{л} = \frac{U_{л}}{R_{л}}$ . Напряжение на участке,

содержащем параллельное соединение  $U_1 = U_{л} + 90 \cdot \frac{U_{л}}{R_{л}}$ . Сила тока на этом

участке  $I_1 = \frac{U_{л}}{R_{л}} + \frac{U_1}{180}$ . Напряжение во всей цепи  $U_1 + I_1 \cdot 90 = 54$ ,

$$U_{л} + 90 \cdot \frac{U_{л}}{R_{л}} + 90 \cdot \left( \frac{U_{л}}{R_{л}} + \frac{U_{л} + 90 \cdot \frac{U_{л}}{R_{л}}}{180} \right) = 54.$$



Эквивалентная схема при замкнутом ключе:

Сила тока, текущего через соединённые параллельно лампу и резистор,  
равна  $I = \frac{U_{л}}{R_{л}} + \frac{U_{л}}{90}$ .

Напряжение во всей цепи равно  $U_{л} + 180 \cdot \left( \frac{U_{л}}{R_{л}} + \frac{U_{л}}{90} \right) = 54$ .

Решение полученных уравнений:  $U_{л}=6 \text{ В}$ ,  $R_{л}=30 \text{ Ом}$ .