

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

Полное правильное решение каждой задачи оценивается в 10 баллов.

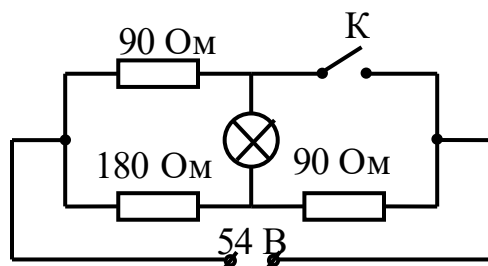
1. Маугли решил навестить Балу. Первую треть всего времени движения он бежал по лесу на юг со скоростью $v_1 = 3$ км/ч, затем треть всего пути перемещался по просеке на восток со скоростью v_2 . Не застав Балу дома Маугли вернулся в исходную точку по кратчайшему пути. Вычислите среднюю (путевую) скорость 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°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°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 $v_1 = \frac{S_1}{t_1} = \frac{\frac{1}{4}S}{\frac{1}{3}t} = \frac{3S}{4t} = \frac{3}{4}v$. 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 Δt 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

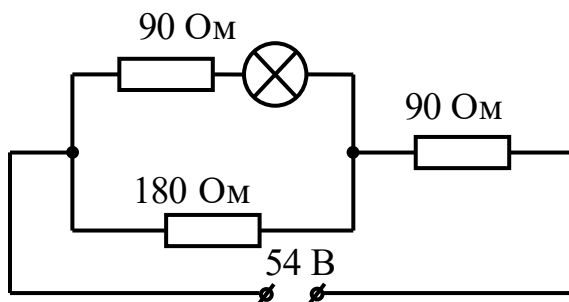
сопротивление найдем по следующей формуле $R_2 = R_1 \cdot \frac{\tau_2 \Delta t_1}{\tau_1 \Delta t_2}$.

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:

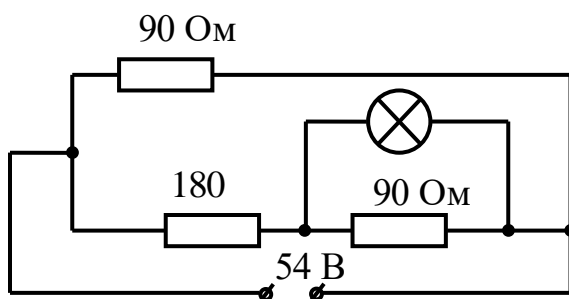


Сила тока, текущего через лампу $I_{л} = \frac{U_{л}}{R_{л}}$. Напряжение на участке,

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