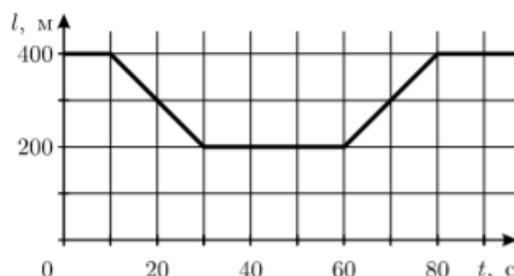


**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников
по физике**

2019-2020 учебный год

10 класс

Задача 1. На длинном прямом шоссе автомобили движутся с постоянной скоростью V_1 всюду, за исключением моста, на котором автомобили движутся с другой постоянной скоростью V_2 . На рисунке изображён график зависимости расстояния l между двумя едущими друг за другом автомобилями от времени t . Найдите скорости V_1 и V_2 , а также длину моста.



Возможное решение. Пока оба автомобиля движутся по шоссе или по мосту, расстояние между ними остаётся постоянным: $l_1 = 400$ м или $l_2 = 200$ м. Расстояние l начинает уменьшаться, когда первый автомобиль въезжает на мост. Поэтому ясно, что второй автомобиль в этот момент ($t_1 = 10$ с на графике) находится на расстоянии $l_1 = 400$ м от въезда на мост. При движении первого автомобиля по мосту расстояние между ним и вторым автомобилем, движущимся по шоссе, как видно из графика, сокращается до момента времени $t_2 = 30$ с на $l_1 - l_2 = 200$ м за время $t_2 - t_1 = 20$ с, то есть они сближаются со скоростью $V_1 - V_2 = \frac{l_1 - l_2}{t_2 - t_1} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Таким образом, скорость $V_1 > 10$ м/с, и время, за которое второй автомобиль доедет до моста, не может быть больше $\frac{400 \text{ м}}{10 \text{ м/с}} = 40$ секунд.

В момент $t_2 = 30$ с расстояние между автомобилями перестаёт меняться. Это означает, что они снова движутся с одинаковыми скоростями – либо первый автомобиль съехал с моста, либо второй въехал на мост. В первом случае въезд второго автомобиля на мост будет соответствовать моменту времени $t_3 = 60$ с, когда расстояние между автомобилями начинает вновь расти (см. график). Поскольку это произошло только через $t_3 - t_1 = 50$ с после

въезда первого автомобиля на мост, первый случай невозможен, и в данных условиях реализуется вторая возможность, когда в момент $t_3 = 60$ с первый автомобиль съезжает с моста. Значит, второй автомобиль проехал по шоссе $l_1 = 400$ м за время $t_2 - t_1 = 20$ с, и его скорость была равна $V_1 = \frac{l_1}{t_2 - t_1} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Скорость автомобилей на мосту, очевидно, равна $V_2 = V_1 - \frac{l_1 - l_2}{t_2 - t_1} = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Первый автомобиль преодолел мост с этой скоростью $V_2 = 10$ м/с за время $t_3 - t_1 = 50$ с, так что длина моста равна $L = V_2 \cdot (t_3 - t_1) = 500$ м.

Критерии оценивания:

Найдено выражение для скорости сближения автомобилей – 2 балла

Выполнена оценка скорости первого автомобиля – 2 балла

Рассмотрены случаи увеличения расстояния между автомобилями – 2 балла

Получено правильное выражение для скорости первого автомобиля – 1 балл

Найдено верное численное значение для скорости первого автомобиля – 1 балл

Получено выражение для скорости второго автомобиля – 1 балл

Найдено верное численное значение второго автомобиля – 1 балл

Итого – 10 баллов

Задача 2. Шарик массой m и объёмом V под действием силы тяжести падает в жидкости плотностью ρ с постоянной скоростью v . Сила сопротивления жидкости движению шарика пропорциональна квадрату скорости. К шарiku прилагается дополнительно горизонтально направленная сила f . Какой станет вертикальная составляющая скорости шарика v_1 ?

Возможное решение. До приложения силы f выполнялось равенство $(m - \rho V)g = kv^2$, где k – коэффициент пропорциональности между силой сопротивления движению шарика и его скоростью. После приложения дополнительной силы f суммарная сила F , действующая на шарик по величине равна $F = ku^2 = \sqrt{(m - \rho V)^2 g^2 + f^2}$ и направлена вместе с вектором установившейся скорости \vec{u} под таким углом к вертикали, что $\text{tg} \alpha = \frac{f}{(m - \rho V)g}$. Поэтому вертикальная проекция скорости шарика станет

равной $v_1 = u \cos \alpha$ или, после преобразований:

$$v_1 = \frac{((m-\rho V)^2 g^2 + f^2)^{\frac{1}{4}}}{\sqrt{\frac{(m-\rho V)g}{v}} \sqrt{1 + \frac{f^2}{(m-\rho V)^2 g^2}}} = \frac{v}{\sqrt[4]{1 + \frac{f^2}{(m-\rho V)^2 g^2}}}$$

Критерии оценивания:

Найдено выражение для стационарного движения в первом случае – 2 балла

Найдено выражение для полной силы, действующей на шарик после приложения дополнительной силы – 4 балла

Найдено выражение для угла скорости к вертикали – 1 балла

Найдено выражения для проекции скорости на вертикальную ось – 1 балл

Получено итоговое выражение для искомой величины – 2 балла

Итого – 10 баллов

Задача 3. Сухие дрова плотностью $\rho_1 = 600 \text{ кг/м}^3$, привезённые со склада, свалили под открытым небом и ничем не укрыли. Дрова промокли, и их плотность стала равной $\rho_2 = 700 \text{ кг/м}^3$. Для того, чтобы в холодную, но не морозную погоду (при температуре $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$) протопить дом до комнатной температуры, нужно сжечь в печи $M_1 = 20 \text{ кг}$ сухих дров. Оцените, сколько нужно сжечь мокрых дров, чтобы протопить дом до той же комнатной температуры? Удельная теплота парообразования воды $L = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$, удельная теплоёмкость воды $C = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$, удельная теплота сгорания сухих дров $q = 107 \text{ Дж/кг}$.

Возможное решение. Для того, чтобы сообщить определённое количество теплоты дому (печке, трубам и пр.) и одновременно перевести в парообразное состояние некоторое количество воды, которая содержится в мокрых дровах, требуется сжечь мокрых дров больше, чем сухих. Из трубы дым выходит с температурой, несколько превышающей $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Для простоты примем температуру на улице равной $0 \text{ }^\circ\text{C}$, а температуру выходящего дыма равной $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Тогда при сжигании массы $m_0 = 1 \text{ кг}$ мокрых дров нагревается на $\Delta T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ и испаряется масса воды $m = m_0 \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} = \frac{1}{7} \text{ кг}$. При этом сгорает сухая древесина массой $M = m_0 - m = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{6}{7} \text{ кг}$. На нагревание и испарение массы воды m затрачивается

количество теплоты $Q_1 = m(C\Delta T + L) = m_0 \frac{\rho_2 - \rho_2}{\rho_2} (C\Delta T + L) \approx 0,39 \cdot 10^6$ Дж.

При сгорании массы M древесины выделяется количество теплоты $Q_2 = Mq = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_2} q \approx 8,57 \cdot 10^6$ Дж. Следовательно, на отопление дома при

сгорании массы 1 кг мокрых дров уходит количество теплоты $Q_3 = Q_2 - Q_1 = m_0 \frac{\rho_1}{\rho_2} q - m_0 \frac{\rho_2 - \rho_2}{\rho_2} (C\Delta T + L) \approx 8,81 \cdot 10^6$ Дж. То есть

удельная теплота сгорания мокрых дров равна

$q_3 = Q_3/m_0 = 8,81 \cdot 10^6$ Дж/кг. Поэтому для того, чтобы протопить дом,

потребуется либо масса $M_1=20$ кг сухих дров, либо масса $M_2 = \frac{M_1 q}{q_3} = 24,5$ кг.

Критерии оценивания:

Сделана оценка массы сухих дров и воды в мокрых дровах – 2 балла

Найдено количество теплоты, необходимое для нагревания и испарения воды – 2 балла

Найдено теплота сгорания сухих дров – 1 балла

Найдено удельная теплота сгорания мокрых дров – 2 балл

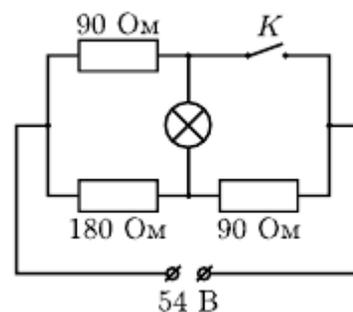
Получено итоговые выражение для искомой величины – 3 балла

Итого – 10 баллов

Задача 4. В собранной схеме (см. рисунок)

лампочка горит одинаково ярко как при замкнутом, так и при разомкнутом ключе К.

Найдите напряжение на лампочке.



Возможное решение. Обозначим сопротивление

лампочки через R , а искомое напряжение на ней

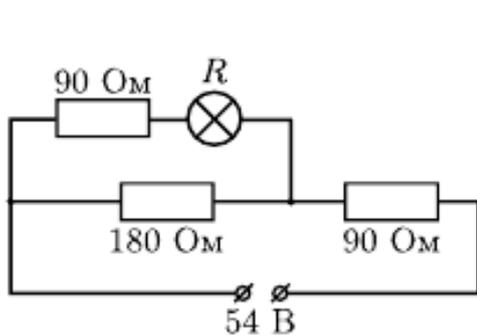
— через U . Исходную электрическую цепь с незамкнутым ключом можно

изобразить в эквивалентном виде, показанном на рисунке (А). Тогда

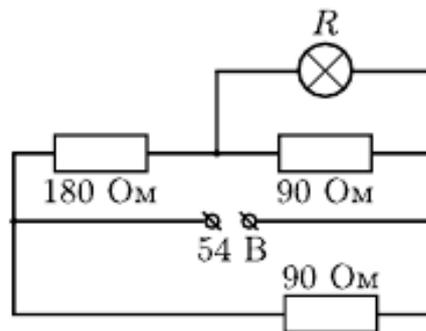
напряжение на участке цепи, содержащем параллельное соединение, равно

$U_1 = U + 90 \frac{U}{R}$, сила текущего через этот участок тока составляет $\frac{U}{R} + \frac{U_1}{180}$, и

закон Ома для данной схемы дает: $U + 90 \frac{U}{R} + 90 \left(\frac{U}{R} + \frac{U + 90 \frac{U}{R}}{180} \right) = 54$ В.



А



Б

После замыкания ключа цепь можно перерисовать как показано на рисунке (Б). Из него видно, что напряжение на верхнем участке цепи, содержащем два резистора и лампочку, составляет 54 В. Закон Ома для этого участка цепи имеет вид: $U + 180 \left(\frac{U}{R} + \frac{U}{90} \right) = 54 \text{ В}$.

Решая полученные уравнения, найдем, что сопротивление лампочки равно 30 Ом, а напряжение на ней 6 В.

Критерии оценивания:

Найдены эквивалентные схемы с замкнутым и разомкнутым ключом – 2 балла

Записан закон Ома для схемы А – 3 балла

Записан закон Ома для цепи Б – 3 балла

Получено итоговое выражение для искомой величины – 2 балла

Итого – 10 баллов

Задача 5. Посередине между двумя плоскими зеркалами, параллельными друг другу, помещен точечный источник света. С какими одинаковыми скоростями должны двигаться оба зеркала, оставаясь параллельными друг другу, чтобы первые мнимые изображения источника в зеркалах сближались со скоростью 5 м/с?

Возможное решение. Расстояние между первыми мнимыми изображениями источника всегда равно удвоенному расстоянию между зеркалами, поэтому относительная скорость сближения зеркал в 2 раза меньше скорости сближения этих изображений. Зеркала должны двигаться навстречу друг другу со скоростями 1,25 м/с.

Критерии оценивания:

Указано соотношение между скоростями изображений и зеркал – 8 баллов

Получено итоговое выражение для искомой величины – 2 балла

Итого – 10 баллов