

**Решения и критерии оценивания решений задач
Заключительного тура олимпиады «Росатом» по физике,
2024-2025 учебный год, 8 класс**

1. Пусть объем камня V . Тогда после того, как в ведро положили камень, из него вылился объем воды V , который и занял камень. Поэтому масса ведра увеличилась на $(\rho_1 - \rho_0)Vg = 2\rho_0gV$, где ρ_1 - плотность камня, ρ_0 - плотность воды. Отсюда получаем

$$F_2 - F_1 = 2\rho_0gV \quad \Rightarrow \quad V = \frac{F_2 - F_1}{2\rho_0g}$$

А поскольку при вытаскивании камня в ведре останется масса воды, меньшая первоначальной на вес воды в объеме камня, получаем

$$F_3 = F_1 - \rho_0gV = F_1 - \frac{F_2 - F_1}{2} = \frac{3F_1 - F_2}{2} = 18 \text{ Н}$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное понимание, что опускание в ведро камня приведет к удалению воды в объеме камня - 1 балл
 2. Правильное использование связи массы, объема, плотности – 1 балл
 3. Правильно найден объем камня – 1 балл
 4. Правильное уравнение для силы при вытаскивании из ведра камня – 1 балл
 5. Правильный ответ (формула и число) – 1 балл
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.**

2. Пусть одна третья часть расстояния от А до В равна a . Тогда время, затраченное автомобилем на движение по первой, второй и третьей частям расстояния от А до В, равно

$$t_1 = \frac{a}{v_1}, \quad t_2 = \frac{a}{v_2}, \quad t_3 = \frac{a}{v_3}.$$

где v_1 , v_2 и v_3 - скорости автомобиля на первой, второй и третьей третях пути от А до В. Поэтому полное время, затраченное автомобилем на весь путь есть

$$t = t_1 + t_2 + t_3 = a \left(\frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} + \frac{1}{v_3} \right) = \frac{a(v_2v_3 + v_1v_3 + v_1v_2)}{v_1v_2v_3}$$

По условию, время, которое затратил автомобиль на движение по второму участку пути, составляет одну треть от полного времени движения:

$$\frac{a}{v_2} = \frac{1}{3} \frac{a(v_2v_3 + v_1v_3 + v_1v_2)}{v_1v_2v_3}$$

Отсюда находим

$$v_3 = \frac{v_1v_2}{2v_1 - v_2}$$

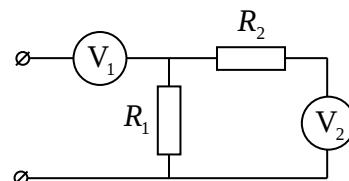
Эта скорость имеет реальный смысл, если $v_2 < 2v_1$, поскольку в противном случае автомобиль не сможет затратить на прохождение второй трети пути треть полного времени движения.

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное использование формулы «расстояние-время-скорость» – 1 балл
2. Правильное выражение для полного времени движения – 1 балл

3. Правильное уравнение для скорости на второй трети – 1 балл
 4. Правильный ответ для скорости на второй трети – 1 балл
 5. Правильное ограничение на данные скорости (с обоснованием) – 1 балл.
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

3. Так как каждый вольтметр показывает напряжение на самом себе, а ток, текущий через вольтметр V_2 (см. рисунок), меньше тока, текущего через вольтметр V_1 , а вольтметры одинаковые, то из закона Ома для вольтметров следует, что показание $U_1 = 10$ В относится к вольтметру V_1 , а показание $U_2 = U_1/10$ относится к вольтметру V_2 .



Далее. Пусть через вольтметр V_1 течет электрический ток силой I . Тогда через вольтметр V_2 течет ток силой $I/10$ (т.к. он показывает в 10 раз меньшее напряжение), а, значит, через резистор R_1 течёт электрический ток силой $8I/10$. А так как на резисторе R_1 и резисторе R_2 и вольтметре одинаковое напряжение, то из закона Ома имеем

$$\frac{9I}{10}R = \frac{I}{10}(R + r_V)$$

где R и r_V - сопротивления резистора и вольтметра. Отсюда находим сопротивление вольтметра

$$r_V = 8R = 16 \text{ кОм.}$$

Теперь легко найти напряжение, приложенное к цепи. Т.к. сопротивление резистора в 8 раз меньше сопротивления вольтметра, а вольтметр V_2 показывает напряжение $U_1/10$, то напряжение на резисторе R_2 составит $U_1/80$. Поэтому к цепи приложено следующее напряжение U

$$U = U_1 + \frac{1}{10}U_1 + \frac{1}{80}U_1 = \frac{89}{80}U_1 = 11,1 \text{ В.}$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильно соотнесены показания вольтметров с вольтметрами на схеме – 1 балл
 2. Использованы правильные соотношения между токами и напряжениями при последовательном и параллельном соединении резисторов - 1 балл
 3. Правильное уравнение для сопротивления вольтметра через закон Ома для резистора R_1 и участка, содержащего R_2 и V_2 – 1 балл
 4. Правильный ответ для сопротивления вольтметра - 1 балл
 5. Правильный ответ для напряжения, приложенного к цепи – 1 балл
- Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

4. Поскольку потерями тепла в окружающее пространство по условию можно пренебречь, то, если бы мы грели только воду, во втором случае нам потребовалось бы в полтора раза больше времени для нагревания, чем в первом (т.е. 7,5 минут). А нам потребовалось 7 минут, т.е. меньше. Это значит, что кроме нагрева воды тепло тратится куда-то еще. Теплопотерь по условию нет, поэтому остается единственная возможность потерь – нельзя пренебречь теплоемкостью самого чайника. Давайте, учтем ее в уравнениях теплового баланса.

Пусть мощность нагревателя чайника P , и для нагревания объема V_1 от комнатной температуры до температуры кипения нужно количество теплоты Q , а для нагревания чайника – количество теплоты q . Тогда уравнение теплового баланса для нагревания объема воды V дает

$$Pt_1 = Q + q$$

Во втором случае мы нагреваем тот же чайник, и в полтора раза большее количество воды. Поэтому

$$Pt_2 = \frac{3}{2}Q + q$$

Решая эту систему уравнений относительно Q и q , получим

$$Q = 2P(t_2 - t_1), \quad q = P(3t_1 - 2t_2).$$

Рассмотрим теперь нагревание втрое большего количества воды, чем в первом случае. Уравнение теплового баланса дает

$$Pt_3 = 3Q + q$$

где t_3 - время нагрева чайника с объемом воды $3V$. Подставляя в эту формулу величины Q и q , получим

$$t_3 = 4t_2 - 3t_1 = 13 \text{ мин.}$$

Критерии оценивания (максимальная оценка за задачу – 5 баллов)

- 1. Правильный вывод (с обоснованием), что нужно учитывать теплоемкость чайника – 1 балл**
- 2. Правильная система уравнений теплового баланса для нагревания первой и второй порций воды – 1 балл**
- 3. Правильное выражение для количества теплоты, необходимого для нагревания объема воды V до кипения – 1 балл**
- 4. Правильное выражение для количества теплоты, необходимого для нагревания чайника от комнатной температуры до температуры кипения воды – 1 балл**
- 5. Правильный ответ (формула и число) – 1 балл**

5. Если бы плотность воды не менялась, то при растворении менялась бы масса кристалла соли, и пропорционально менялся бы его объем. Поэтому разность силы тяжести и силы Архимеда (т.е. вес кристалла в воде) уменьшалась бы пропорционально уменьшению его массы и объема. В частности, при растворении двух третьих частей кристалла, вес остатка составлял бы ровно одну треть от начального веса кристалла в воде. Но при растворении меняется плотность воды, и именно это изменение нужно учесть, чтобы понять, как меняется вес кристалла соли. Найдем это изменение.

Вес кристалла в воде до P и после P_1 растворения соли определяется соотношением

$$P = mg - \rho_0 gV = (\rho - \rho_0)gV, \quad P_1 = \frac{1}{3}mg - \frac{1}{3}\rho_1 gV = \frac{1}{3}(\rho - \rho_1)gV$$

где m и V - масса и объем кристалла соли до растворения, ρ , ρ_0 и ρ_1 - плотность соли, воды до растворения и воды после растворения соли соответственно. Найдем ρ_1 . Т.к. масса и объем растворенной соли равны

$$\frac{2}{3}m = \frac{2}{3}\rho V \text{ и } \frac{2}{3}V$$

соответственно, то масса воды после растворения в ней соли равна $4\rho_0 V + (2/3)\rho V$, а ее объем - $4V + (2/3)V = (14/3)V$. Отсюда находим плотность ρ_1 воды после растворения в ней двух третьих частей кристалла соли

$$\rho_1 = \frac{4\rho_0 V + (2/3)\rho V}{(14/3)V} = \frac{12\rho_0 + 2\rho}{14} = \rho_0 + \frac{1}{7}(\rho - \rho_0)$$

Поэтому вес кристалла после растворения двух третьих его объема будет равен

$$P_1 = \frac{1}{3}mg - \rho_1 g \frac{1}{3}V = \frac{1}{3}mg - \rho_0 g \frac{1}{3}V - \frac{(\rho - \rho_0)gV}{21} = \frac{1}{3}(\rho - \rho_0)gV - \frac{1}{21}(\rho - \rho_0)gV = \frac{1}{3}P - \frac{1}{21}P$$

А это значит, что вес кусочка соли после растворения будет меньше одной трети первоначального веса соли на одну двадцать седьмую первоначального веса соли

$$\Delta P = \frac{1}{21}P = 0,013 \text{ Н}$$

Критерии оценки решения задачи (максимальная оценка за решение – 5 баллов)

1. Правильное понимание того, что такое вес соли в воде – 1 балл
2. Правильная идея решения – изменение веса остатка кристалла по сравнению с одной третью его первоначального веса в воде связано с изменением плотности воды при растворении в ней соли – 1 балл
3. Правильно найдена плотность воды после растворения в ней соли – 1 балл
4. Правильный ответ для величины изменения веса кристалла соли в воде – 1 балл
5. Правильный и обоснованный вывод о том, что вес кристалла соли в воде после растворения двух третьих частей соли будет меньше одной трети первоначального веса кристалла в воде – 1 балл.

Оценка за решение задачи равна сумме оценок за перечисленные пункты.

Оценка работы

Оценка работы складывается из оценки задач. Максимальная оценка – 25 баллов. Допустимыми являются все целые оценки от 0 до 25.