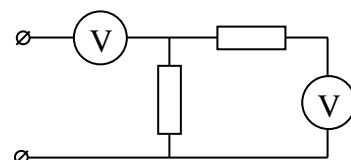


**Решения и критерии оценивания решений задач  
Заключительного тура олимпиады «Росатом» по физике,  
2024-2025 учебный год, 8 класс**

1. На динамометре висит ведро, заполненное до краев водой, при этом показание динамометра составляет  $F_1 = 20$  Н. В ведро кладут камень, который полностью погружается в воду. В этом случае динамометр показывает  $F_2 = 24$  Н. Каким будет показание динамометра, если камень вытащить из ведра? Плотность камня втрое больше плотности воды.

2. Путь между двумя городами А и В автомобиль прошел следующий образом. Первый участок пути, длина которого составляет одну треть расстояния от А до В, автомобиль двигался с известной скоростью  $v_1$ . Второй участок пути, длина которого также составляет одну треть расстояния от А до В, автомобиль двигался с известной скоростью  $v_2$ . С какой постоянной скоростью автомобиль прошел третий участок пути, если на движение по второму он затратил одну треть полного времени движения между городами А и В?

3. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, один из двух одинаковых вольтметров показывает напряжение  $U_1 = 10$  В, второй -  $U_2 = U_1/10$ . Известно, что резисторы одинаковые и имеют



сопротивление  $R = 2$  кОм. Найти электрическое напряжение, приложенное к цепи, и сопротивление вольтметров.

4. В три одинаковых чайника налили следующие объемы воды комнатной температуры:  $V_1 = V = 1$  л,  $V_2 = 3V/2$  и  $V_3 = 3V$ . Вода в первом чайнике закипела через время  $t_1 = 5$  мин после включения, во втором – через  $t_2 = 7$  мин после включения. Через какое время после включения закипит вода в третьем чайнике? Потерями тепла в окружающее пространство пренебречь.

5. Для облицовки стен в саунах, банях и спа-салонах используют плитки из гималайской соли, которая добывается в Пакистане и представляет собой монокристалл поваренной соли, образовавшейся 250 миллионов лет назад на месте древнего моря. Тело из кристалла гималайской соли подвесили к динамометру и опустили в пробирку с водой, объем которой вчетверо больше объема тела, и которая полностью его покрывает. При этом динамометр показал вес  $P = 0,27$  Н. Затем две трети объема тела растворились. Будет ли вес оставшегося кристалла соли в воде отличаться от  $P/3$ , и если да, то на сколько и в какую сторону (больше или меньше)? Считать, что объем раствора равен сумме объемов воды и соли.

## Решения и критерии оценивания

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  $\rho_1$  - плотность камня,  $\rho_0$  - 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

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

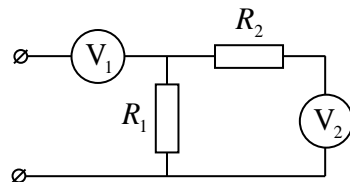
Эта скорость имеет реальный смысл, если  $v_2 < 2v_1$ , поскольку в противном случае автомобиль не сможет затратить на прохождение второй трети пути треть полного времени движения.

**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. Используются 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 третей 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,  $\rho$ ,  $\rho_0$  и  $\rho_1$  - плотность соли, воды до растворения и воды после растворения соли соответственно. Найдем  $\rho_1$ . 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  $4\rho_0V + (2/3)\rho V$ , а ее объем -  $4V + (2/3)V = (14/3)V$ . Отсюда находим плотность  $\rho_1$  воды после растворения в ней двух третьих частей кристалла соли

$$\rho_1 = \frac{4\rho_0V + (2/3)\rho V}{(14/3)V} = \frac{12\rho_0 + 2\rho}{14} = \rho_0 + \frac{1}{7}(\rho - \rho_0)$$

Поэтому вес кристалла после растворения двух третьих его объема будет равен

$$P_1 = \frac{1}{3}mg - \rho_1g \frac{1}{3}V = \frac{1}{3}mg - \rho_0g \frac{1}{3}V - \frac{(\rho - \rho_0)gV}{21} = \frac{1}{3}(\rho - \rho_0)gV - \frac{1}{21}(\rho - \rho_0)gV = \frac{1}{3}P - \frac{1}{21}P$$

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.