

2022-2023 учебный год



## ФИЗИКА

ОТВЕТЫ РЭ-2023

8 класс

Максимальное количество баллов за задания:

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Сумма |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------|
| 8 | 8 | 7 | 4 | 6 | 8 | 6 | 4 | 6 | 5  | 62    |

## 1. Максимально 8 баллов.

- Мощность нагревательного элемента **1,4 Вт** (1 балл)
- Удельная теплоемкость сплава в твердом состоянии **420 Дж/(кг·°C)** (2 балла)
- Удельная теплоемкость сплава в жидком состоянии **700 Дж/(кг·°C)** (2 балла)
- Удельная теплота плавления **3640 Дж/кг** (3 балла)

За 1 мин вода нагревается на 4°C, поэтому мощность нагревателя равна

$$P = \frac{4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)} \cdot 0,005 \text{ кг} \cdot 4 \text{ °C}}{60 \text{ с}} = 1,4 \text{ Вт.}$$

Вначале сплав был в твёрдом состоянии. Если в течение минуты агрегатное состояние сплава не меняется, он должен нагреваться на одинаковое количество градусов. Но из таблицы видно, что за каждую следующую минуту температура сплава меняется на разное число градусов. Это значит, что сплав начинает плавиться в интервале между 1 мин и 2 мин, а заканчивает плавиться в интервале между 3 мин и 4 мин от начала нагревания. Температура плавления равна, соответственно,  $T_{\text{плав}} = 33^\circ\text{C}$ .

Для определения удельной теплоёмкости сплава в твёрдом состоянии приравняем теплоту, полученную им и водой за первую минуту нагревания:

$$c_{\text{тв}} \cdot 0,02 \text{ кг} \cdot 10 \text{ °C} = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)} \cdot 0,005 \text{ кг} \cdot 4 \text{ °C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow c_{\text{тв}} = 420 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}.$$

Для определения удельной теплоёмкости сплава в жидком состоянии приравняем теплоту, полученную им и водой за последнюю минуту нагревания:

$$c_{\text{ж}} \cdot 0,02 \text{ кг} \cdot 6 \text{ °C} = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)} \cdot 0,005 \text{ кг} \cdot 4 \text{ °C} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow c_{\text{ж}} = 700 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{°C)}.$$

Сплав в твёрдом состоянии нагревается на 10°C за 1 мин. Следовательно, от 30°C до  $T_{\text{плав}} = 33^\circ\text{C}$  сплав нагреется за 0,3 мин. В жидком состоянии сплав нагревается на 6 °C за 1 мин, поэтому от  $T_{\text{плав}} = 33^\circ\text{C}$  до 38°C он нагреется за 5/6 мин. Отсюда получаем, что плавление длится 2 мин – 0,3 мин – 5/6 мин = 52 с, и, следовательно удельная теплота плавления составляет

$$\lambda = \frac{1,4 \text{ Вт} \cdot 52 \text{ с}}{0,02 \text{ кг}} = 3640 \text{ Дж/кг.}$$

## 2. Максимально 8 баллов.

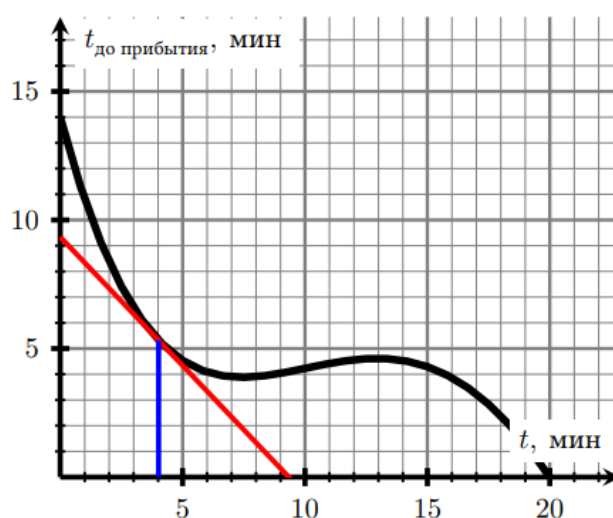
Обозначим длину маршрута за  $L$ . Когда автомобиль проехал  $x$ , время до прибытия равно  $t_{\text{до прибытия}} = \frac{L-x}{v_{\text{ср}}} = \frac{L}{v_{\text{ср}}} - \frac{x}{v_{\text{ср}}}$  (2 балла).

Подставляя во второе слагаемое определение средней скорости  $v_{\text{ср}} = \frac{x}{t}$  (1 балл), получим:  $t_{\text{до прибытия}} = \frac{L}{v_{\text{ср}}} - t$  (1 балл).

Разберёмся как использовать это равенство. Для этого полезно задаться чуть более общим вопросом, чем тот, который задан в условии. Попробуем найти моменты времени, в которые средняя скорость была равна некоторому заданному значению  $v_0$ . Они определяются исходя из  $t_{\text{до прибытия}} = \frac{L}{v_0} - t$ .

В правой части – уравнение прямой с единичным коэффициентом наклона, а моменты времени, когда средняя скорость равна  $v_0$  – пересечения этой прямой с графиком из условия. Чем больше  $v_0$ , тем меньше отношение  $L/v_0$ . Значит, чтобы найти момент времени, когда средняя скорость была максимальна, нам нужно провести как можно более «низкую» прямую с единичным коэффициентом наклона. Причём эта прямая должна иметь с графиком общую точку. Проведя такую прямую, найдём ответ. (2 балла за идею)

Ответ: Средняя скорость была максимальна через 4 мин после начала движения. (2 балла за верный ответ)



## 3. Максимально 7 баллов.

Пусть расстояние между городами равно  $s$ . Тогда полное время движения автомобиля можно найти как

$$S = v_1 \frac{t}{2} + v_2 \frac{t}{2} \quad \Rightarrow \quad t = \frac{2S}{v_1 + v_2} \quad (1 \text{ балл})$$

Поскольку  $v_1 > v_2$ , то смена скоростей произошла на второй половине пути, и первую половину пути автомобиль двигался со скоростью  $v_1$ . Следовательно, средняя скорость на первой половине пути

$$v_{\text{ср}}^{(1)} = v_1 \quad (1 \text{ балл})$$

и на движение на первой половине пути автомобиль затратил время  $t_1 = \frac{S}{2v_1}$  (1 балл)

Поэтому на вторую половину пути он затратит время

$$t_2 = t - t_1 = \frac{2S}{v_1 + v_2} - \frac{S}{2v_1} = \frac{S(3v_1 - v_2)}{2v_1(v_1 + v_2)} \quad (2 \text{ балла})$$

Отсюда находим среднюю скорость автомобиля на второй половине пути

$$v_{\text{ср}}^{(2)} = \frac{S}{2t_2} = \frac{v_1(v_1 + v_2)}{3v_1 - v_2} \quad (2 \text{ балла})$$

4. Максимально 4 балла.

Пусть масса воды в одном стакане  $m_1$ , в другом  $m_2$ , плечи весов равны  $l_1$  и  $l_2$ . Тогда выполнены следующие условия:

$$l_1 + l_2 = l$$

$$m_1 l_1 = m_2 l_2 \quad (1 \text{ балл})$$

После переливания воды из одного стакана в другой и передвижения опоры условие равновесия весов дает

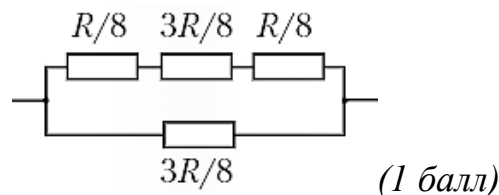
$$(m_1 - m)(l_1 + \Delta l) = (m_2 + m)(l_2 - \Delta l) \quad (1 \text{ балл})$$

где  $\Delta l = l/10$  - величина сдвига опоры весов. Раскрывая в этом выражении скобки, получим, используя выражение выше

$$m_1 + m_2 = \frac{ml}{\Delta l} = 10m \quad (2 \text{ балла})$$

5. Максимально 6 баллов.

Очевидно, сопротивление каждой длинной стороны равно  $3R/8$  (1 балл), а короткой  $R/8$  (1 балл). Эквивалентная схема включения прямоугольника показана на рисунке



Сопротивление верхнего участка равно  $5R/8$  (1 балл).

Полное сопротивление цепи находим из формулы:

$$\frac{1}{r} = \frac{8}{3R} + \frac{8}{5R} = \frac{64}{15R} \Rightarrow r = \frac{15R}{64}.$$

(1 балл за формулу  
+ 1 балл за получение верного ответа)

6. Максимально 8 баллов.

Очевидно, в описанном в задаче процессе существуют потери тепла (иначе возрастание температуры за одно и то же время было бы пропорционально возрастанию мощности нагревателя). Поскольку вода в сосуде горячая, а поток тепла между телами с разными температурами определяется разностью этих температур, то можно ожидать, что при изменении температуры воды на 1 градус Цельсия разность температур воды и окружающей среды изменится не сильно, поэтому можно считать, что мощность тепловых потерь (количество теплоты, отдаваемое за 1 секунду) постоянна. (Вывод о том, что существуют тепловые потери – 2 балла). Пусть мощность нагревателя  $P$ , мощность тепловых потерь  $w$ . Тогда уравнения теплового баланса для первого и второго случаев имеют следующий вид:

$$\begin{cases} c\Delta T = Pt - wt, \\ c \cdot 2,1\Delta T = 2Pt - wt, \end{cases} \quad (\text{за каждое уравнение системы по 1 баллу}).$$

где  $c$  – теплоемкость сосуда с водой.

Из этой системы уравнений получим:

$$\frac{Pt}{c} = 1,1 \cdot \Delta T, \quad \frac{wt}{c} = 0,1 \cdot \Delta T. \quad (2 \text{ балла})$$

Подставляя теперь мощность нагревателя и мощность тепловых потерь в уравнение теплового баланса для случая, когда мощность нагревателя увеличили втрое:

$$c \cdot \Delta T_1 = 3Pt - wt, \quad (1 \text{ балл})$$

тогда

$$\Delta T_3 = 3,2 \Delta T. \quad (1 \text{ балл})$$

## 7. Максимально 6 баллов.

Найдем скорость уменьшения уровня воды в аквариуме. Пусть в данный момент площадь воды в аквариуме  $S$ . Тогда за малое время  $\Delta t$  испарится масса жидкости  $\Delta m$  следующей величины

$$\Delta m = qS\Delta t \quad (1 \text{ балл})$$

Это приводит к уменьшению высоты уровня воды в аквариуме на величину  $\Delta h$ , которая определяется из следующего соотношения

$$\Delta m = \rho \Delta h S \quad (1 \text{ балл})$$

Из этих соотношений находим

$$qS\Delta t = \rho \Delta h S \quad \Rightarrow \quad \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{q}{\rho} \quad (1 \text{ балл})$$

Из этой формулы видим, что скорость уменьшения уровня воды не зависит от площади поверхности воды (1 балл). Поэтому время испарения воды в аквариуме равно

$$t = \frac{h}{(\Delta h / \Delta t)} = \frac{h\rho}{q} \quad (2 \text{ балла})$$

## 8. Максимально 4 балла.

- Путешественник пробегает один круг за **36 минут**. (2 балла)
- Путешественник и Маня будут встречаться раз в **18 минут**. (2 балла)

Пусть длина маршрута равна  $L$ , скорость лошадки  $v_{\text{л}}$ , а скорость путешественника  $v_{\text{п}}$ . Тогда, чтобы оббежать планету, лошадке требуется

$$L/v_{\text{л}} = 12 \text{ минут, тогда } v_{\text{л}}/L = 1/12.$$

Когда путешественник начал бегать вместе с лошадкой, они стали встречаться каждые 9 минут, значит они бежали навстречу друг другу, тогда:

$$L/(v_{\text{л}} + v_{\text{п}}) = 9, \text{ тогда } (v_{\text{л}} + v_{\text{п}})/L = 1/9. \text{ Откуда } v_{\text{п}}/L = 1/9 - 1/12 = 1/36.$$

То есть, путешественник пробегает один круг за  $L/v_{\text{п}} = 36$  минут.

Время между встречами после того, как путешественник начал бежать в другую сторону:

$$t = L/(v_{\text{л}} - v_{\text{п}}) = 1/(v_{\text{л}}/L - v_{\text{п}}/L) = 1/(1/12 - 1/36) = 18 \text{ минут.}$$

**9. Максимально 6 баллов.**

Поскольку плотность стекла больше плотности воды (1 балл), то средняя плотность бутылки с водой больше плотности воды (1 балл), следовательно, она утонет в воде (1 балл). Бутылка с ртутью будет плавать в ртути, будучи погружена частично (1 балл), поскольку плотность стекла меньше плотности ртути (1 балл) и средняя плотность бутылки меньше плотности ртути (1 балл).

**10. Максимально 5 баллов.**

Пусть в стакане с молоком содержится некоторое количество кофе. Поскольку ему неоткуда взяться, кроме как из второго стакана, то во втором стакане не хватает в точности такого количества кофе. Но количество жидкости в стаканах одинаково и равно первоначальным количествам. Поэтому тот объем, который освободился от кофе, заполнен точно таким же количеством молока. Поэтому молока в том стакане, где был кофе, и кофе в том стакане, где было молоко – одинаково.

*Верный ответ с логически верным обоснованием оценивается в 5 баллов.*

*Обоснование может отличаться от представленного выше.*