

ОЛИМПИАДА «Я – БАКАЛАВР»  
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 5-11 КЛАССОВ  
2025/2026 учебный год  
ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

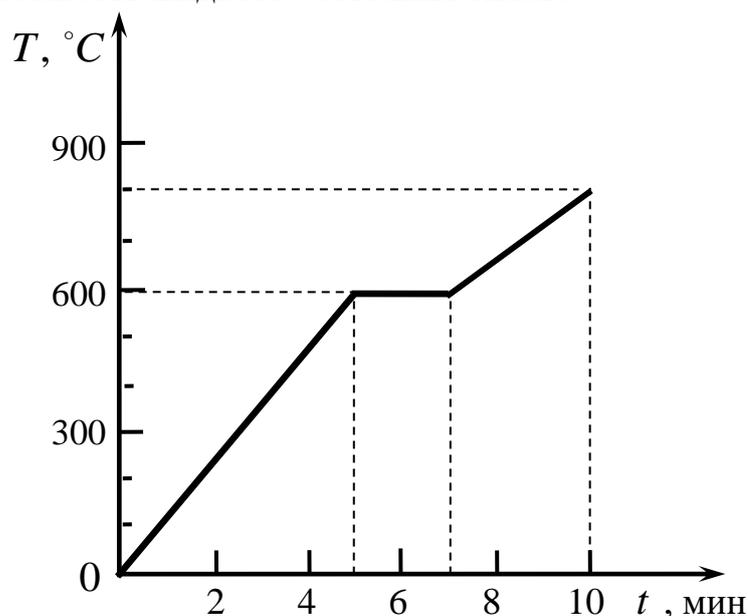
ФИЗИКА

КЛАСС 8

Вариант 2

Задача 1 (20 баллов)

Образец сплава алюминия с неизвестными примесями поместили в лабораторную печь, настроенную так, что за равные бесконечно малые интервалы времени образец получает равные порции теплоты. На графике представлена зависимость температуры сплава от времени нагрева. Известно, что удельная теплоёмкость сплава в твёрдом состоянии приблизительно равна  $0,5 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ . Определите удельную теплоту плавления сплава и удельную теплоёмкость жидкого состояния сплава.



**Решение:**

Горизонтальный участок графика соответствует плавлению, а следующий за ним наклонный участок – нагреванию расплава. Нагревание образца до температуры плавления заняло 5 мин, а плавление – 2 мин. Так как мощность печи постоянна, количество теплоты, поступающей в единицу времени, неизменно. Значит, теплота, потраченная на нагревание, должна быть пропорциональна времени нагрева, а количество теплоты, затраченное на плавление, пропорционально длительности периода плавления. То есть:

$$Q_2 = \frac{2}{5} Q_1.$$

Так как  $Q_1 = c_{m\epsilon} m \Delta T_1$  и  $Q_2 = \lambda m$ , то

$$\lambda m = \frac{2}{5} c_{m\epsilon} m \Delta T_1.$$

Откуда  $\lambda = \frac{2}{5} c_{m\epsilon} \Delta T_1$ . Из графика видно, что  $\Delta T_1 = 600^\circ \text{C}$ .

Подставим числовые значения:

$$\lambda = \frac{2}{5} \cdot 0,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}} \cdot 600^\circ \text{C} = 120 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

За следующие 3 минуты расплав нагрелся на  $\Delta T_2 = 200^\circ \text{C}$ . Следовательно,  $3c_{m\epsilon} m \Delta T_1 = 5c_2 m \Delta T_2$ .

Откуда удельная теплоемкость расплава равна:  $c_2 = \frac{3c_{m\epsilon} \Delta T_1}{5 \Delta T_2}$ .

Из графика видно, что  $\Delta T_2 = 200^\circ \text{C}$ .

Подставим числовые значения:

$$c_2 = \frac{3}{5} \cdot 0,5 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}} \cdot \frac{600^\circ \text{C}}{200^\circ \text{C}} = 0,9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}.$$

**Ответ:**  $\lambda = 120 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ ;  $c_2 = 0,9 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$ .

## Задача 2 (20 баллов)

В городе Верхоянск, известном своими экстремально низкими зимними температурами, школьники поставили интересный эксперимент. Ученица школы села Верхоянск решила повторить опыт своих сверстников из соседнего поселка Оймякон. Она взяла тонкостенную кружку и наполнила её водой объемом 100 мл при температуре  $t_1 = 15^\circ \text{C}$ . Затем аккуратно положила внутрь кусочек льда массой  $m_2 = 400 \text{ г}$ , имеющего температуру  $t_2 = -52^\circ \text{C}$ . Через некоторое время установилось тепловое равновесие. Найдите конечную температуру содержимого кружки, считая, что теплообмен с окружающей средой отсутствовал, давление нормальное атмосферное. Удельная теплоёмкость воды  $c_1 = 4,2 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ , льда  $c_2 = 2,1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 334 \text{ кДж}/\text{кг}$ . Ответ округлите до десятых.

### Решение:

Конечное состояние в условии не задано, поэтому необходимо провести предварительные оценки баланса теплоты. Превращения льда в воду и обратно при нормальном атмосферном давлении происходят при  $t_0 = 0^\circ \text{C}$ .

Определим количество теплоты, которое может отдать вода, остывая до  $t_0$  и затем полностью замерзая:

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - t_0) + \lambda m_1.$$

Масса воды  $m_1$  будем считать равной 0,1 кг.

Подставим числовые значения:

$$Q_1 = 4,2 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot (15 - 0) + 334 \cdot 10^3 \cdot 0,1 = 39,7 \cdot 10^3 \text{ Дж}.$$

Далее подсчитаем количество теплоты, которое необходимо для нагревания льда до температуры плавления:

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_0 - t_2).$$

Подставим числовые значения:

$$Q_2 = 2,1 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot (0 - (-52)) = 43,68 \cdot 10^3 \text{ Дж}.$$

Получилось, что  $Q_2 > Q_1$ , следовательно, конечная температура будет отрицательной; лед нагреется до некоторой температуры  $t < t_0$ , а вода, превратившись в лед и, отдав теплоту  $Q_1$ , остынет до температуры  $t$ , выделив еще некоторое количество теплоты.

Составим окончательное уравнение теплового баланса:

$$c_1 m_1 (t_1 - t_0) + \lambda m_1 + c_2 m_1 (t_0 - t) = c_2 m_2 (t - t_2).$$

Раскроем скобки, приведем подобные и выразим конечную температуру  $t$ :

$$c_1 m_1 t_1 + \lambda m_1 + c_2 m_1 t = c_2 m_2 t - c_2 m_2 t_2,$$

$$t = \frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2 + \lambda m_1}{c_2 (m_1 + m_2)}.$$

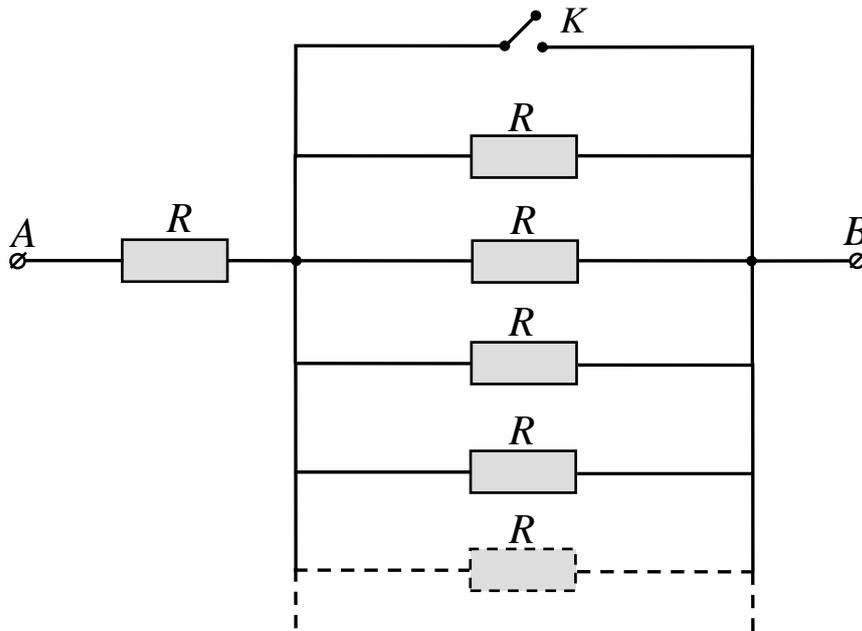
Подставим числовые значения:

$$t = \frac{4,2 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 15 + 2,1 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot (-52) + 334 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{2,1 \cdot 10^3 (0,1 + 0,4)} \approx -3,8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

**Ответ:**  $-3,8 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### Задача 3 (20 баллов)

50 резисторов сопротивлением  $R$  каждый параллельно соединили и последовательно подключили к еще одному резистору  $R$ . Как и во сколько раз изменится сопротивление участка  $AB$  при замыкании ключа?



**Решение:**

До замыкания ключа общее сопротивление участка  $AB$ :

$$R_{\text{общ}_1} = \frac{R}{50} + R = \frac{51}{50} R.$$

После замыкания ключа  $K$  ток через 50 резисторов не течет. Тогда общее сопротивление участка  $AB$ :

$$R_{\text{общ}_2} = R.$$

Найдем отношение  $R_{\text{общ}_1}$  к  $R_{\text{общ}_2}$ :

$$\frac{R_{\text{общ}_1}}{R_{\text{общ}_2}} = \frac{51R}{50R} = \frac{51}{50} = 1,02.$$

Таким образом, делаем вывод, что  $R_{\text{общ}_1}$  больше, чем  $R_{\text{общ}_2}$  в 1,02 раза.

**Ответ:** уменьшится в 1,02 раза.

**Задача 4 (20 баллов)**

В научном эксперименте используется ускоритель элементарных частиц, направляющий пучок положительно заряженных протонов, движущихся со скоростью  $1,5 \cdot 10^7$  м/с, на специальную мишень. Определите, сколько протонов попадает в мишень за полчаса, а также концентрацию протонов в пучке, если диаметр пучка равен 2 мм, а ток, образованный движением протонов, составляет 500 мкА.

**Решение:**

По определению, сила тока:

$$I = \frac{q}{t},$$

откуда

$$q = I \cdot t.$$

С другой стороны, протон – носитель элементарного заряда, поэтому:

$$q = N \cdot e,$$

где  $N$  – число протонов;  $e$  – элементарный заряд, равный  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Тогда

$$N \cdot e = I \cdot t,$$

откуда

$$N = \frac{I \cdot t}{e}.$$

Переведем время в секунды:  $t = 30 \text{ мин} = 1800 \text{ с}$  и подставим числовые значения:

$$N = \frac{500 \cdot 10^{-6} \cdot 1800 \text{ с}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 5,625 \cdot 10^{18}.$$

Так как концентрация – это число частиц в единице объема, то:

$$n = \frac{N}{V}.$$

Будем считать объем пучка протонов равным объему цилиндра:

$$V = S \cdot l.$$

Площадь поперечного сечения пучка:

$$S = \pi r^2 = \frac{\pi d^2}{4}.$$

«Высоту» цилиндрического пучка определим как расстояние, пройденное протонами со скоростью  $v$  за время  $t$ :  $l = v \cdot t$ .

Получим:

$$V = \frac{\pi d^2 v t}{4}.$$

Тогда концентрация протонов в пучке:

$$n = \frac{4N}{\pi d^2 v t}.$$

Подставим числовые значения:

$$n = \frac{4 \cdot 5,625 \cdot 10^{18}}{3,14 \cdot (2 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1,5 \cdot 10^7 \cdot 1800 \text{ с}} = 6,63 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}.$$

**Ответ:**  $N = 5,625 \cdot 10^{18}$ ;  $n = 6,63 \cdot 10^{13} \text{ м}^{-3}$ .

### Задача 5 (20 баллов)

Два одинаковых металлических диска, заряды которых  $q_1 > q_2 > 0$ , привели в соприкосновение. При этом заряд первого диска уменьшился на 30 процентов. Найдите отношение  $q_1$  к  $q_2$  начальных зарядов дисков.

**Решение:**

По закону сохранения заряда:

$$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2.$$

Поскольку металлические диски одинаковые, то при соприкосновении их новые заряды станут равны:

$$q'_1 = q'_2.$$

Известно, что после соприкосновения заряд первого диска становится меньше на 30%, то есть:

$$q'_1 = 0,7q_1.$$

Тогда

$$q_1 + q_2 = 0,7q_1 + 0,7q_1.$$

$$q_2 = 0,4q_1.$$

Следовательно,

$$\frac{q_1}{q_2} = 2,5.$$

**Ответ:** 2,5.