

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ЮНИОР»

ПРЕДМЕТ: ФИЗИКА

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

2025-2026 учебный год

8 КЛАСС

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальное количество баллов – 50 баллов

Задача № 1. Задача «Молот кузнеца»

Кузнец использует молот массой $m = 10$ кг. Он поднимает молот на высоту $H = 2$ м над наковальной и опускает его на железную заготовку массой $M = 0,5$ кг, лежащую на массивной наковальне. При ударе вся механическая энергия молота превращается во внутреннюю энергию заготовки и молота (они нагреваются). Температура заготовки до удара $t_0 = 20^\circ\text{C}$. Удельная теплоёмкость железа $c = 460$ Дж/(кг·°C). Ускорение свободного падения $g = 10$ Н/кг. Соппротивлением воздуха пренебречь.

1. Какую скорость имел молот в момент удара о заготовку?
2. На сколько градусов нагреется железная заготовка, если предположить, что вся энергия удара идёт только на её нагревание?
3. При ударе нагревается и молот, и заготовка. Если известно, что заготовка нагрелась на $\Delta t_1 = 0,4^\circ\text{C}$, какая доля энергии (в %) пошла на нагревание молота?

Решение:

1. Скорость молота в момент удара
2. По закону сохранения энергии:
3. $m \cdot g \cdot H = m \cdot v^2 / 2$
4. $v = \sqrt{(2gH)} = \sqrt{(2 \cdot 10 \cdot 2)} = \sqrt{40} \approx 6.32$ м/с
5. Нагрев заготовки (если вся энергия идёт в неё)
6. Энергия молота: $E = m \cdot g \cdot H = 10 \cdot 10 \cdot 2 = 200$ Дж
7. $Q = c \cdot M \cdot \Delta t$
8. $200 = 460 \cdot 0.5 \cdot \Delta t$
9. $\Delta t = 200 / (460 \cdot 0.5) \approx 0.87^\circ\text{C}$
10. Доля энергии, пошедшая на нагрев молота
11. Тепло, полученное заготовкой: $Q_1 = c \cdot M \cdot \Delta t_1 = 460 \cdot 0.5 \cdot 0.4 = 92$ Дж
12. Энергия, пошедшая на нагрев молота: $Q_2 = E - Q_1 = 200 - 92 = 108$ Дж
13. Доля: $\eta = (108/200) \cdot 100\% = 54\%$

Ответы:

1. $v \approx 6.3$ м/с
2. $\Delta t \approx 0.87^\circ\text{C}$
3. $\eta \approx 54\%$

Критерии оценивания (10 баллов):

- 3 балла — за скорость (формула, расчёт, ответ)
- 3 балла — за нагрев заготовки (энергия, формула, ответ)
- 4 балла — за долю энергии (тепло заготовки, энергия молота, процент, ответ)

Задача № 2. «Айсберг с грузом»

Льдина площадью $S = 10$ м² плавает в море. Когда на неё поместили груз массой m , льдина погрузилась дополнительно на $\Delta h = 4$ мм. Первоначальная толщина льдины 5 см. Определите массу m груза. Плотность льда $\rho_1 = 900$ кг/м³, плотность воды $\rho_p = 1000$ кг/м³.

Решение:

Находим массу льдины:

$$M = \rho_1 \cdot S \cdot h = 900 \cdot 10 \cdot 0.05 = 450 \text{ кг.}$$

Находим начальную глубину погружения (без груза) из условия плавания:

$$\rho_p \cdot S \cdot H_1 = M$$

$$H_1 = M / (\rho_p \cdot S) = 450 / (1000 \cdot 10) = 0,045 \text{ м} = 4,5 \text{ см.}$$

После добавления груза глубина погружения увеличивается на Δh :

$$H_2 = H_1 + \Delta h = 0,045 + 0,004 = 0,049 \text{ м.}$$

Условие плавания с грузом:

$$\rho_p \cdot S \cdot H_2 = M + m$$

Выражаем массу груза:

$$m = \rho_p \cdot S \cdot H_2 - M = 1000 \cdot 10 \cdot 0,049 - 450 = 490 - 450 = 40 \text{ кг.}$$

Ответ: $m = 40 \text{ кг.}$

Критерии оценивания (10 баллов):

- 2 балла — правильное вычисление массы льдины M
- 3 балла — нахождение начальной глубины погружения H_1 из условия плавания
- 2 балла — вычисление новой глубины погружения $H_2 = H_1 + \Delta h$
- 2 балла — применение условия плавания с грузом и вывод формулы для m
- 1 балл — правильный численный ответ с единицами измерения

Задача № 3. «Сок со льдом»

В стакан налили $m_1 = 250 \text{ г}$ сока при температуре $t_1 = 18^\circ\text{C}$. В сок опустили $m_2 = 30 \text{ г}$ льда при температуре $t_2 = -8^\circ\text{C}$. Когда лёд растаял, температура напитка стала $t_3 = 10^\circ\text{C}$. Определите удельную теплоёмкость сока, если удельная теплоёмкость воды $c_p = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$, удельная теплоёмкость льда $c_1 = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж}/\text{кг}$. Теплоёмкостью стакана пренебречь.

Решение:

1. Теплообмен: Лёд нагревается, плавится, полученная вода нагревается. Сок остывает.
2. Теплота, полученная льдом:
 - Нагрев льда от -8°C до 0°C :
 - $Q_1 = c_1 \cdot m_2 \cdot (0 - t_2) = 2100 \cdot 0,03 \cdot 8 = 504 \text{ Дж}$
 - Плавление льда:
 - $Q_2 = \lambda \cdot m_2 = 330000 \cdot 0,03 = 9900 \text{ Дж}$
 - Нагрев полученной воды от 0°C до 10°C :
 - $Q_3 = c_p \cdot m_2 \cdot (t_3 - 0) = 4200 \cdot 0,03 \cdot 10 = 1260 \text{ Дж}$
 - Общее тепло, полученное льдом/водой:
 - $Q_{\text{получ}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 504 + 9900 + 1260 = 11664 \text{ Дж}$
3. Теплота, отданная соком:
4. $Q_{\text{отд}} = c_{\text{сока}} \cdot m_1 \cdot (t_1 - t_3) = c_{\text{сока}} \cdot 0,25 \cdot (18 - 10) = c_{\text{сока}} \cdot 0,25 \cdot 8 = 2 \cdot c_{\text{сока}}$ (в Дж, если $c_{\text{сока}}$ в $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$)
5. Уравнение теплового баланса:
6. $Q_{\text{отд}} = Q_{\text{получ}}$
7. $2 \cdot c_{\text{сока}} = 11664$
8. $c_{\text{сока}} = 11664 / 2 = 5832 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$

Ответ: $c_{\text{сока}} \approx 5830 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$

Критерии оценивания (10 баллов):

- 2 балла — за расчёт нагрева льда
- 2 балла — за учёт плавления льда
- 2 балла — за нагрев полученной воды
- 2 балла — за уравнение теплового баланса
- 2 балла — за правильный ответ с единицами

Задача № 4. «Открыли дверь»

Две смежные комнаты разделены дверью. В первой комнате объёмом 56 м^3 при температуре 25°C относительная влажность составляет 32% . Во второй комнате объёмом 34 м^3 при той же температуре относительная влажность 44% . Дверь между комнатами открыли, воздух перемешался и пришёл в термодинамическое равновесие. Найдите новую относительную влажность в объединённом помещении. Давление насыщенного водяного пара при 25°C равно 23 г/м^3 . Ответ дайте в % округлив до сотых.

Решение:

1. Абсолютная влажность в каждой комнате:
2. $\rho_{\text{нас}} = 23 \text{ г/м}^3$
 - Комната 1: $\varphi_1 = 32\%$
 - $\rho_1 = \varphi_1 \cdot \rho_{\text{нас}} = 0.32 \cdot 23 = 7.36 \text{ г/м}^3$
 - Комната 2: $\varphi_2 = 44\%$
 - $\rho_2 = \varphi_2 \cdot \rho_{\text{нас}} = 0.44 \cdot 23 = 10.12 \text{ г/м}^3$
3. Масса пара в каждой комнате:
 - $m_1 = \rho_1 \cdot V_1 = 7.36 \cdot 56 = 412.16 \text{ г}$
 - $m_2 = \rho_2 \cdot V_2 = 10.12 \cdot 34 = 344.08 \text{ г}$
4. После смешения:
 - Общая масса пара: $m_{\text{общ}} = 412.16 + 344.08 = 756.24 \text{ г}$
 - Общий объём: $V_{\text{общ}} = 56 + 34 = 90 \text{ м}^3$
 - Новая абсолютная влажность: $\rho_{\text{нов}} = m_{\text{общ}} / V_{\text{общ}} = 756.24 / 90 \approx 8.4027 \text{ г/м}^3$
5. Проверка на конденсацию:
6. $\rho_{\text{нов}} = 8.4027 \text{ г/м}^3 < \rho_{\text{нас}} = 23 \text{ г/м}^3 \rightarrow$ конденсации нет.
7. Новая относительная влажность:
8. $\varphi_{\text{нов}} = (\rho_{\text{нов}} / \rho_{\text{нас}}) \cdot 100\% = (8.4027 / 23) \cdot 100\% \approx 36.5335\% \approx 36.53\%$

Ответ: $\varphi \approx 36.53\%$

Критерии оценивания (10 баллов):

- 2 балла — за нахождение абсолютной влажности в каждой комнате
- 2 балла — за вычисление масс пара
- 2 балла — за общую массу и объём после смешения
- 2 балла — за новую абсолютную влажность
- 1 балл — за проверку отсутствия конденсации
- 1 балл — за правильный ответ с округлением

Задача № 5. «Электрическая цепь»

Электрическая цепь состоит из источника постоянного напряжения $U = 3 \text{ В}$ и трёх резисторов: $R_1 = 8 \text{ Ом}$, $R_2 = 12 \text{ Ом}$, $R_3 = 1 \text{ Ом}$. Резисторы R_1 и R_2 соединены параллельно, к ним последовательно подключён резистор R_3 . Параллельно всей этой сборке подключён реостат R_4 , изготовленный из нихромовой проволоки. Ползунок реостата установлен на середину, общая длина проволоки реостата $L = 2 \text{ м}$, площадь поперечного сечения $S = 0,5 \text{ мм}^2$. Удельное сопротивление нихрома $\rho = 1,1 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$. Чему равно количество теплоты, выделившееся во всей цепи за время $t = 10 \text{ минут}$? Ответ округлите до сотых.

Решение:

1. Находим сопротивление реостата R_4 :

Общее сопротивление нихромовой проволоки:

$$R_{\text{полное}} = \rho \cdot L / S = 1.1 \cdot 2 / 0.5 = 1.1 \cdot 4 = 4.4 \text{ Ом}$$

$$\text{Ползунок на середине} \rightarrow R_4 = R_{\text{полное}} / 2 = 4.4 / 2 = 2.2 \text{ Ом}$$

2. Сопротивление участка $R_1 R_2 R_3$:

R_1 и R_2 параллельно:

$$R_{12} = (R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2) = (8 \cdot 12) / (8 + 12) = 96 / 20 = 4.8 \text{ Ом}$$

R_{12} последовательно с R_3 :

$$R_{123} = R_{12} + R_3 = 4.8 + 1 = 5.8 \text{ Ом}$$

3. Общее сопротивление цепи:

R_{123} и R_4 параллельно:

$$R_{\text{общ}} = (R_{123} \cdot R_4) / (R_{123} + R_4) = (5.8 \cdot 2.2) / (5.8 + 2.2) = 12.76 / 8 = 1.595 \text{ Ом}$$

4. Общий ток от источника:

$$I_{\text{общ}} = U / R_{\text{общ}} = 3 / 1.595 \approx 1.8809 \text{ А}$$

5. Общая выделенная теплота за $t = 10$ минут = 600 с:

$$Q_{\text{общ}} = I_{\text{общ}}^2 \cdot R_{\text{общ}} \cdot t = (1.8809)^2 \cdot 1.595 \cdot 600$$

$$1.8809^2 \approx 3.5378$$

$$3.5378 \cdot 1.595 \approx 5.6428$$

$$Q_{\text{общ}} \approx 5.6428 \cdot 600 \approx 3385.68 \text{ Дж}$$

6. Округление до сотых:

$$Q_{\text{общ}} \approx 3385.68 \text{ Дж}$$

Ответ: $Q \approx 3385.68 \text{ Дж}$

Критерии оценивания (10 баллов):

- 1 балл — расчёт полного сопротивления реостата
- 1 балл — учёт положения ползунка (деление на 2)
- 2 балла — расчёт R_{12} и R_{123}
- 2 балла — расчёт общего сопротивления цепи
- 1 балл — нахождение общего тока
- 2 балла — применение формулы $Q = I^2 \cdot R \cdot t$
- 1 балл — правильный ответ с округлением и единицами