

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП
2024-2025 ГОД**

9 класс

1 Задание 1. Вариант 1 (10 баллов)

На желтой линии метро города Нексус-Прайм 20 станций, среднее время движения между ними составляет 2 минуты 30 секунд. На оранжевой линии метро города Астраль-Сити 15 станций, среднее время движения между ними составляет 2 минуты 40 секунд. Во сколько раз желтая линия Нексус-Прайма длиннее, чем оранжевая линия Астраль-Сити? Скорость поездов считать одинаковой. Ответ указать с точностью до сотых.

Ответ: 1,27

Решение:

Для решения задачи нужно рассчитать общее время движения из линий, поскольку скорость поездов одинаковая, и время прямо пропорционально длине линии.

1) Желтая линия метро в Нексус-Прайм:

На желтой линии 20 станций, а значит, количество интервалов между станциями: Количество интервалов = $20 - 1 = 19$

Среднее время на один интервал составляет 2 минуты 30 секунд, что в секундах: 2 минуты 30 секунд = $2 \cdot 60 + 30 = 150$ секунд/

Общее время движения по желтой линии: $T_{\text{желтая}} = 19 \cdot 150 = 2850$ секунд

2) Оранжевая линия метро в Астраль-Сити:

На оранжевой линии 15 станций, количество интервалов между ними: Количество интервалов = $15 - 1 = 14$.

Среднее время на один интервал составляет 2 минуты 40 секунд, что в секундах: 2 минуты 40 секунд = $2 \cdot 60 + 40 = 160$ секунд.

Общее время движения по оранжевой линии: $T_{\text{оранжевая}} = 14 \cdot 160 = 2240$ секунд

3) Во сколько раз желтая линия длиннее оранжевой:

Так как длина линии пропорциональна времени движения, находим отношение: $\frac{L_{\text{желтая}}}{L_{\text{оранжевая}}} = \frac{T_{\text{желтая}}}{T_{\text{оранжевая}}} = \frac{2850}{2240} \approx 1.27$

2 Задание 1. Вариант 2 (10 баллов)

На синей линии метро города Энигма-Нова 34 станции, среднее время движения между ними составляет 3 минуты 10 секунд. На зеленой линии метро города Техноспайр 28 станций, среднее время движения между ними составляет 3 минуты 20 секунд. Во сколько раз синяя линия Энигма-Новы длиннее, чем зеленая линия Техноспайра? Скорость поездов считать одинаковой. Ответ указать с точностью до сотых.

Ответ: 1,16

Решение:

Для решения задачи нужно рассчитать общее время движения из линий, поскольку скорость

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП
2024-2025 ГОД**

поездов одинаковая, и время прямо пропорционально длине линии.

1) Синяя линия метро в Энигма-Нова:

На синей линии 34 станций, а значит, количество интервалов между станциями: Количество интервалов = $34 - 1 = 33$

Среднее время на один интервал составляет 3 минуты 10 секунд, что в секундах: 3 минуты 10 секунд = $3 \cdot 60 + 10 = 190$ секунд/

Общее время движения по синей линии: $T_{\text{синяя}} = 33 \cdot 190 = 6270$ секунд

2) Зеленая линия метро в Техноспайр:

На зеленой линии 28 станций, количество интервалов между ними: Количество интервалов = $28 - 1 = 27$.

Среднее время на один интервал составляет 3 минуты 20 секунд, что в секундах: 3 минуты 20 секунд = $3 \cdot 60 + 20 = 200$ секунд.

Общее время движения по зеленой линии: $T_{\text{зеленая}} = 27 \cdot 200 = 5400$ секунд

3) Во сколько раз синей линия длиннее зеленой:

Так как длина линии пропорциональна времени движения, находим отношение: $\frac{L_{\text{синяя}}}{L_{\text{зеленая}}} = \frac{T_{\text{синяя}}}{T_{\text{зеленая}}} = \frac{6270}{5400} \approx 1.16$

3 Задание 2. Вариант 1 (10 баллов)

Автомобиль массой 1200 кг разгоняется по прямой горизонтальной дороге с места до скорости 20 м/с за 10 секунд. Определите среднюю полезную мощность двигателя автомобиля. Ответ выразить в киловаттах и округлить до целого. Пренебречь потерями энергии, связанными с работой сил трения и сопротивления воздуха.

Ответ: 24

Решение:

1) Найдем работу, которую совершает двигатель:

Полезная работа равна изменению кинетической энергии автомобиля. Формула для кинетической энергии: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, где:

- $m = 1200$ кг - масса автомобиля

- $v = 20$ м/с - конечная скорость автомобиля.

Начальная скорость $v_0 = 0$ м/с, поэтому начальная кинетическая энергия $E_{k0} = 0$

Конечная кинетическая энергия: $E_k = \frac{1}{2} \cdot 1200 \cdot 20^2 = 0.5 \cdot 1200 \cdot 400 = 240000$ Дж.

2) Определим среднюю полезную мощность:

Мощность рассчитывается по формуле: $P = \frac{A}{t}$, где:

- $A = 240000$ Дж - полезная работа, которую совершил двигатель

- $t = 10$ с - время разгона

Подставим значения: $P = \frac{240000}{10} = 24000 \text{ Вт} = 24 \text{ кВт}$.

4 Задание 2. Вариант 2 (10 баллов)

Беспилотный катер развивает полезную среднюю мощность двигателя 50 кВт, разгоняясь из положения покоя относительно воды за 9 секунд. Определите конечную скорость относитель-

но воды к концу промежутка времени 9 секунд и работы двигателя на максимальной мощности, если его масса составляет 1000 кг, и начальная скорость была равна нулю. Движение происходит без учёта сопротивления воздуха и воды. Ответ выразить в м/с, округлить до целого.

Ответ: 30

Решение:

Для решения задачи используем формулу для полезной работы и кинетической энергии. Полезная работа двигателя равна кинетической энергии катера к концу временного промежутка в 9 секунд: $A = \frac{mv^2}{2}$

Полезная мощность - это полезная работа, совершенная за единицу времени: $P = \frac{A}{t}$

Выразим A через мощность и время: $A = P \cdot t$

Теперь подставим это в уравнение для кинетической энергии: $P \cdot t = \frac{mv^2}{2}$.

Выразим скорость v: $v = \sqrt{\frac{2P \cdot t}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 50000 \cdot 9}{1000}} = \sqrt{900} = 30 \text{ м/с}$

5 Задание 3. Вариант 1 (10 баллов)

Камень запустили вертикально вверх с поверхности земли. За пятую и десятую секунды своего движения он проходит одинаковое расстояние. Найдите начальную скорость камня. Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2 , сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ выразить в м/с, округлить до целого.

Ответ: 70

Решение:

Для определения начальной скорости воспользуемся следующим подходом:

1) Высота тела в момент времени t: $h(t) = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$

Расстояние, пройденное камнем за пятую секунду:

Расстояние, которое проходит камень за пятую секунду можно выразить как разность высот (все единицы в СИ): $\Delta h_{4-5} = h(5) - h(4) = (v_0 \cdot 5 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 5^2) - (v_0 \cdot 4 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4^2) = (5v_0 - 125) - (4v_0 - 80) = v_0 - 45$

3) Расстояние пройденное камнем за десятую секунду:

Аналогично определим разность высота за десятую секунду (все единицы в СИ): $\Delta h_{9-10} = h(10) - h(9) = (v_0 \cdot 10 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 10^2) - (v_0 \cdot 9 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 9^2) = (10v_0 - 500) - (9v_0 - 405) = v_0 - 95$

Так как в обоих временных промежутках расстояния одинаковы, можно записать: $v_0 - 45 = -(v_0 - 95)$

Решаем уравнение: $v_0 - 45 = -v_0 + 95$. Получаем: $v_0 = 70 \text{ м/с}$.

6 Задание 3. Вариант 2 (10 баллов)

Футболист наносит сильный удар по мячу, мяч летит вертикально вверх. Известно, что мяч прошёл одинаковое по модулю перемещение за третью и девятую секунды своего полёта. Опреде-

лите начальную скорость мяча после удара. Ускорение свободного падения считать равным 10 м/с^2 , сопротивлением воздуха пренебречь. Ответ выразить в м/с, округлить до целого.

Ответ: 55

Решение:

Для определения начальной скорости воспользуемся следующим подходом:

1) Высота тела в момент времени t : $h(t) = v_0 t - \frac{1}{2} g t^2$

Расстояние, пройденное камнем за третью секунду:

Расстояние, которое проходит камень за третью секунду можно выразить как разность высот (все единицы в СИ): $\Delta h_{2-3} = h(3) - h(2) = (v_0 \cdot 3 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 3^2) - (v_0 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 2^2) = (3v_0 - 45) - (2v_0 - 20) = v_0 - 25$

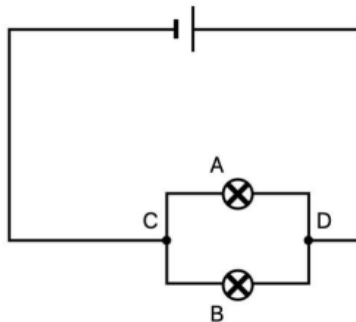
3) Расстояние пройденное камнем за девятую секунду:

Аналогично определим разность высота за десятую секунду (все единицы в СИ): $\Delta h_{8-9} = h(9) - h(8) = (v_0 \cdot 9 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 9^2) - (v_0 \cdot 8 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 8^2) = (9v_0 - 405) - (8v_0 - 320) = v_0 - 85$

Так как в обоих временных промежутках расстояния одинаковы, можно записать: $v_0 - 25 = -(v_0 - 85)$

Решаем уравнение: $v_0 - 25 = -v_0 + 85$. Получаем: $v_0 = 55 \text{ м/с}$.

7 Задание 4. Вариант 1 (10 баллов)



На схеме изображены две параллельно соединенные мегалампы А и В. Определить силу тока, проходящего через источник, если дан заряд $Q_A = 150 \text{ мКл}$ и $Q_B = 60 \text{ мКл}$, проходящий через мегалампы А и В соответственно за время $t=5 \text{ с}$. Ответ дать в Амперах, округлить целого.

Ответ: 42

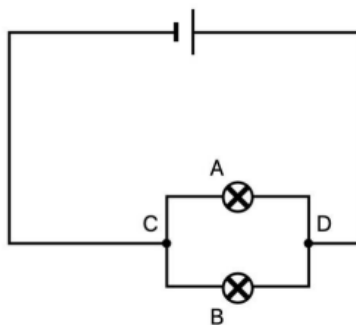
Решение:

Сила тока через лампочку А определяется по формуле: $I_A = \frac{Q_A}{t} = \frac{150}{5} = 30 \text{ А}$

Сила тока через лампочку В: $I_B = \frac{Q_B}{t} = \frac{60}{5} = 12 \text{ А}$

Так как лампы соединены параллельно, то суммарная сила тока через источник равна сумме токов через лампочки А и В: $I_0 = I_A + I_B = 30 + 12 = 42 \text{ А}$

8 Задание 4. Вариант 2 (10 баллов)



На схеме изображены две параллельно соединенные лампочки А и В. Через лампу А прошел заряд $Q_A = 120 \text{ мКл}$, а через лампу В — заряд $Q_B = 84 \text{ мКл}$. Сила тока через лампочку А составляет $I_A = 10 \text{ мА}$, а через лампочку В — $I_B = 7 \text{ мА}$. Определите время t , за которое эти заряды прошли через лампочки А и В. Ответ дать в секундах, округлить до целого.

Ответ: 12

Решение:

Для того, чтобы определить время t , используем формулу, связывающую заряд Q , силу тока I и время t : $t = \frac{Q}{I}$

Для лампочки А: $t = \frac{Q_A}{I_A} = \frac{120}{10} = 12 \text{ с}$

Для лампочки В: $t = \frac{Q_B}{I_B} = \frac{84}{7} = 12 \text{ с}$.

Поскольку время прохождения зарядов через обе лампочки одинаково, общее время t составляет 12 секунд.

9 Задание 5. Вариант 1 (30 баллов, каждый вопрос - 10 баллов)

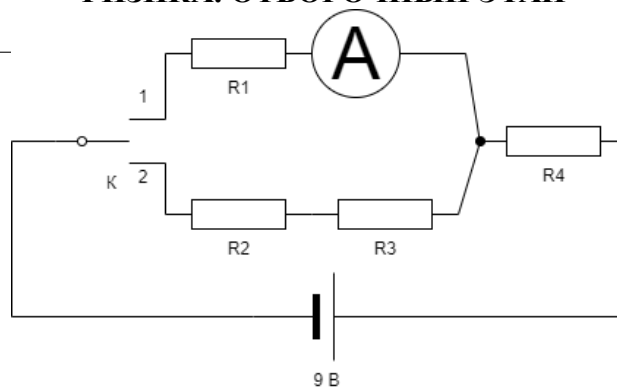
На изображенной схеме представлена электрическая цепь, состоящая из четырех резисторов: $R_1 = 220 \text{ Ом}$, $R_2 = 100 \text{ Ом}$, $R_3 = 50 \text{ Ом}$, $R_4 = 10 \text{ Ом}$. Также в схеме имеется ключ К, который имеет 3 режима работы: замыкание верхнего контакта (1), замыкание нижнего контакта (2), замыкание двух контактов одновременно (1 и 2). ЭДС источника составляет $U = 9 \text{ В}$. Источник тока и амперметр считать идеальными.

1. Найдите общее сопротивление цепи, если контакты ключа 1 и 2 замкнуты. Ответ представьте в Омах, округлите до целого.

2. Каковы будут показания амперметра, если будет замкнут только контакт 1? Ответ представьте в Амперах, округлите до 2 знака после запятой.

3. Вычислите мощность, выделяющуюся на резисторе R_4 , при замыкании только контакта 2. Ответ представьте в Вт, округлите до 2 знака после запятой.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП**



Ответ: 1) 99
2) 0,04
3) 0,03

Решение:

1) Найдем общее сопротивление цепи, если контакты ключа 1 и 2 замкнуты.

Когда замкнуты оба контакта, резисторы R1, R2, R3 и R4 включены в цепь. Необходимо определить, как они соединены (последовательно или параллельно), чтобы найти их общее сопротивление.

Анализ:

- Когда замкнут контакт 1: в цепи участвует резистор R1
- Когда замкнут контакт 2: резисторы R2 и R3 соединены последовательно, и их комбинация включена параллельно с R1
- Резистор R4 соединен последовательно с остальной цепью.

Шаги:

- Сначала вычислим эквивалентное сопротивление резисторов R2 и R3, соединенных последовательно: $R_{23} = R2 + R3 = 100 + 50 = 150 \text{ Ом}$

- Теперь найдем эквивалентное сопротивление резистора R1, включенного параллельно с R23: $R_{123} = \left(\frac{1}{R1} + \frac{1}{R_{23}}\right)^{-1} = \left(\frac{1}{220} + \frac{1}{150}\right)^{-1} = 0.01121 \text{ Ом}^{-1}$

Получаем: $R_{123} = \frac{1}{0.01121} = 89.23 \text{ Ом}$

- Наконец, общее сопротивление - это сумма R_{123} и R4, так как они соединены последовательно: $R_{\text{общ}} = R_{123} + R4 = 89.23 + 10 = 99.23 \text{ Ом}$

2) Показания амперметра, если замкнут только контакт 1

В этом случае в цепи участвуют только резисторы R1 и R4, так как ключи обходит резисторы R2 и R3.

- Общее сопротивление цепи - это сумма R1 и R4, соединенных последовательно: $R_{\text{общ}} = R1 + R4 = 220 + 10 = 230 \text{ Ом}$

- По закону Ома, ток в цепи (что и будет показанием амперметра) равен: $I = \frac{U}{R_{\text{общ}}} = \frac{9}{230} = 0.0391 \approx 0.04 \text{ А}$

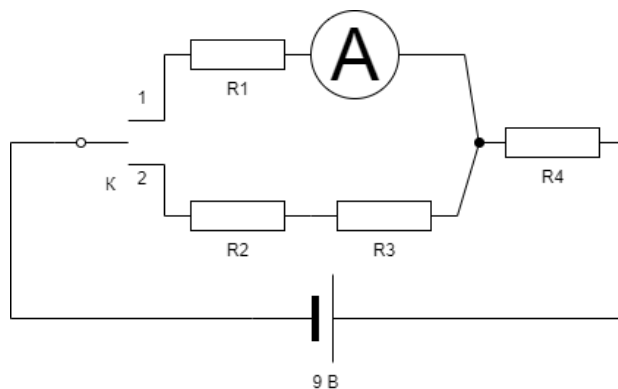
3) Мощность, выделяющаяся на резисторе R4, при замыкании контакта 2:

Когда замкнут только контакт 2, резисторы R2, R3 и R4 включены в цепь. R2 и R3 соединены последовательно, а R4 включен последовательно с их комбинацией.

**МОСКОВСКАЯ ПРЕДПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП
2024-2025 ГОД**

- Сначала вычислим общее сопротивление: $R_{\text{общ}} = R_2 + R_3 + R_4 = 100 + 50 + 10 = 160 \text{ Ом}$.
- Ток в цепи: $I = \frac{U}{R_{\text{общ}}} = \frac{9}{160} = 0.05625 \text{ А}$.
- Мощность выделяющаяся на резисторе R_4 , равна: $P = I^2 R_4 = 0.05625^2 \cdot 10 = 0.0316 \approx 0.03 \text{ Вт}$

10 Задание 5. Вариант 2 (30 баллов, каждый вопрос -10 баллов)



На изображенной схеме представлена электрическая цепь, состоящая из четырех резисторов: $R_1 = 150 \text{ Ом}$, $R_2 = 200 \text{ Ом}$, $R_3 = 25 \text{ Ом}$, $R_4 = 110 \text{ Ом}$. Также в схеме имеется ключ K , который имеет 3 режима работы: замыкание верхнего контакта (1), замыкание нижнего контакта (2), замыкание двух контактов одновременно (1 и 2). Показания амперметра при замыкании ключа только контактом 1 равняются 250 мА . Источник тока и амперметр считать идеальными.

1. Найдите значение ЭДС источника. Ответ представьте в Вольтах, округлите до целого.
2. Найдите величину тока, которая будет течь в цепи при замыкании только контакта 2. Ответ выразить в миллиамперах, округлить до целого.
3. Вычислите мощность, выделяющуюся во всей цепи, при одновременном замыкании контактов 1 и 2. Ответ представьте в Вт, округлите до 2 знака после запятой.

Ответ: 1) 65

2) 194

3) 21,13

Решение:

1) Найдём значение ЭДС источника

Рассмотрим цепь при замыкании ключа только контакта 1. Тогда общее сопротивление цепи в данном случае будет равно: $R_{\text{общ}} = R_1 + R_4 = 150 + 110 = 260 \text{ Ом}$. Тогда найдём ЭДС источника по закону Ома: $U = I \cdot R_{\text{общ}} = 0.25 \cdot 260 = 65 \text{ В}$.

2) Найдём величину тока, которая будет течь в цепи при замыкании контакта 2.

Найдём общее сопротивление цепи только при замкнутом контакте 2: $R_{\text{общ}} = R_2 + R_3 + R_4 = 200 + 25 + 110 = 335 \text{ Ом}$. Тогда по закону Ома найдём силу тока: $I = \frac{U}{R} = \frac{65}{335} = 0.194 \text{ А} = 194 \text{ мА}$.

3) Найдём мощность, выделяющуюся во всей цепи при замыкании обоих контактов.

Найдем общее сопротивление цепи при замыкании обоих контактов. Резисторы R_2 и R_3 соединены последовательно, а к ним параллельно подключен резистор R_1 и ко всему этому фрагменту подключен последовательно резистор R_4 . Тогда общее сопротивление $R_{\text{общ}} = \frac{R_1 \cdot (R_2 + R_3)}{R_1 + (R_2 + R_3)} + R_4 = \frac{150 \cdot (200 + 25)}{150 + 200 + 25} + 110 = \frac{150 \cdot 225}{375} + 110 = 200 \text{ Ом}$.

Найдем мощность всей цепи по закону Джоуля-Ленца: $P = \frac{U^2}{R_{\text{общ}}} = \frac{65^2}{200} = 21.125 \approx 21.13 \text{ Вт}$

11 Задание 6. Вариант 1 (30 баллов, каждый вопрос - 10 баллов)

На далёкой планете Калиста, где создана колония людей, астронавты используют специальный титановый контейнер для хранения воды. Имеется контейнер из титана массой $m = 0,5 \text{ кг}$, заполненный водой массой $M = 1 \text{ кг}$ при температуре 90°C . Для охлаждения воды в этот контейнер решено добавить ледяной астероидный фрагмент массой $m_{\text{лед}} = 0,2 \text{ кг}$ при температуре -15°C .

Удельная теплоёмкость титана: $C_{\text{титан}} = 522 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$, удельная теплоёмкость воды: $C_{\text{вода}} = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$, удельная теплоёмкость фрагмента астероидного льда: $C_{\text{лед}} = 2100 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$, а удельная теплота плавления астероидного льда: $\lambda = 330 \times 10^3 \text{ Дж/кг}$.

Теплообменом с внешней средой пренебречь. Атмосферное давление на планете такое же, как на Земле.

1. Какое количество теплоты необходимо потратить на полное плавление ледяного фрагмента массой $m_{\text{лед}}$ на этой планете. Ответ представить в Джоулях, округлить до целого.
2. До какой температуры T охладится вода в контейнере после полного расплавления льда? Ответ представить в градусах Цельсия, округлить до 1 знака после запятой.
3. Какое количество теплоты отдаст титановый контейнер при охлаждении от 90°C до конечной температуры T ? Ответ представить в Джоулях, округлить до целого.

Ответ: 1) 72300

2) 73,8

3) 4230

Решение:

1) Для того, чтобы лед полностью расплавился, сначала его необходимо нагреть с -15°C до 0°C , а затем растопить при температуре плавления. Рассчитаем общее количество теплоты, необходимое для этого процесса.

Шаг 1: Нагрев льда до 0°C

Количество теплоты для нагрева льда от -15°C до 0°C можно вычислить по формуле: $Q_1 = m_{\text{лед}} \cdot c_{\text{лед}} \Delta T$, где:

- $m_{\text{лед}} = 0.2 \text{ кг}$

- $c_{\text{лед}} = 2100 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$

- $\Delta T = 0 - (-15) = 15^\circ\text{C}$

Подставим значения: $Q_1 = 0.2 \cdot 2100 \cdot 15 = 6300 \text{ Дж}$.

Шаг 2: Плавление льда:

Количество теплоты, необходимое для плавления льда, можно найти по формуле: $Q_2 = m_{\text{лед}} \cdot \lambda = 0.2 \cdot 330 \cdot 10^3 = 66000 \text{ Дж}$.

Общее количество теплоты:

Суммируем Q_1 и Q_2 : $Q_{\text{общ}} = Q_1 + Q_2 = 6300 + 66000 = 72300$ Дж.

2) Для этого необходимо использовать уравнение теплового баланса. Количество теплоты, которое вода и титан отдадут при охлаждении, должно равняться количеству теплоты, полученной льдом для нагрева, плавления и последующего нагрева образовавшейся воды.

Шаг 1: Количество теплоты отданное водой:

$$Q_{\text{вода}} = M \cdot c_{\text{вода}} \cdot (t_{\text{в}} - T) = 1 \cdot 4200 \cdot (90 - T) = 4200 \cdot (90 - T) \text{ Дж.}$$

Шаг 2: Количество теплоты отданное титаном:

$$Q_{\text{титан}} = m_{\text{титан}} \cdot c_{\text{титан}} \cdot (t_{\text{титан}} - T) = 0.5 \cdot 522 \cdot (90 - T) = 261 \cdot (90 - T) \text{ Дж.}$$

Шаг 3: Количество теплоты, полученное льдом:

Это уже было рассчитано в первом вопросе и равно 72300 Дж.

Подставляем выражения: $4200 \cdot (90 - T) + 261 \cdot (90 - T) = 72300$

Решаем уравнение: $90 - T = \frac{72300}{4461} \approx 16.2$. Получаем: $T = 90 - 16.2 = 73.8^\circ\text{C}$

3) Количество теплоты, отданное титановым контейнером при охлаждении от 90 градусов

Цельсия до конечной температуры T

Используем формулу для количества теплоты, отдаваемого титаном: $Q_{\text{титан}} = m_{\text{титан}} \cdot c_{\text{титан}} \cdot (t_{\text{титан}} - T) = 0.5 \cdot 522 \cdot (90 - T) = 261 \cdot (90 - T)$ Дж, где $\Delta T = \frac{72.3 \cdot 10^3}{c_{\text{титан}} m_{\text{титан}} + c_{\text{вода}} M}$

Получаем, что: $c_{\text{титан}} \approx 4230.1$ Дж.

12 Задание 6. Вариант 2 (30 баллов, каждый вопрос - 10 баллов)

На далёкой планете Калиста, где создана колония людей, астронавты используют специальный титановый контейнер для хранения воды. Имеется контейнер из титана массой $m = 0,5$ кг, заполненный водой массой $M = 2$ кг при температуре T . Для охлаждения воды в этот контейнер решено добавить ледяной астероидный фрагмент массой $m_{\text{лед}}$ при температуре -25°C .

Удельная теплоёмкость титана: $C_{\text{титан}} = 522$ Дж/кг $\cdot^\circ\text{C}$, удельная теплоёмкость воды: $C_{\text{вода}} = 4200$ Дж/кг $\cdot^\circ\text{C}$, удельная теплоёмкость фрагмента астероидного льда: $C_{\text{лед}} = 2100$ Дж/кг $\cdot^\circ\text{C}$, а удельная теплота плавления астероидного льда: $\lambda = 330 \times 10^3$ Дж/кг.

Теплообменом с внешней средой пренебречь. Атмосферное давление на планете такое же, как на Земле.

1. Какова масса ледяного фрагмента, который был добавлен в титановый контейнер, если для полного его расплавления потребовалось 0.1 МДж. Ответ представьте в килограммах, округлите до 2 знаков после запятой.

2. Вода в контейнере после полного расплавления льда охладилась до 50°C . Какова была начальная температура воды T до того, как добавили лед? Ответ представьте в градусах Цельсия, округлить до 1 знака после запятой.

3. Какое количество теплоты отдаст титановый контейнер при охлаждении от начальной температуры T ? Ответ представить в Джоулях, округлить до целого.

Ответ: 1) 0,26

2) 61,5

3) 3014

Решение:

1) Какова масса ледяного фрагмента?

Для полного расплавления ледяного фрагмента потребуется тепло, ключающее:

1. Нагрев льда от -25°C до 0°C

2. Плавление льда при 0°C .

Теплота, необходимая для нагрева льда до 0°C : $Q_{\text{нагрев льда}} = m_{\text{лед}} \cdot c_{\text{лед}} \cdot \Delta T = m_{\text{лед}} \cdot 2100 \cdot (0 - (-25)) = m_{\text{лед}} \cdot 52500 \text{ Дж}$

Теплота необходимая для плавления льда: $Q_{\text{плавления}} = m_{\text{лед}} \cdot \lambda = m_{\text{лед}} \cdot 330000 \text{ Дж}$

Общее количество теплоты:

Общее количество теплоты для нагрева и плавления равно 100000 Дж : $Q_{\text{общ}} = Q_{\text{нагрев льда}} + Q_{\text{плавления}} = m_{\text{лед}} \cdot (52500 + 330000) = 100000$

$m_{\text{лед}} \cdot 382500 = 100000$, тогда $m_{\text{лед}} = \frac{100000}{382500} = 0.26 \text{ кг}$

Какова была начальная температура воды $T_{\text{нач}}$ до того, как добавили лед?

После добавления льда и его полного плавления, вода охладилась до 50°C . Теперь нужно найти начальную температуру воды, принимая во внимание тепло, отдаваемое водой и титаном.

Количество теплоты отданное водой: $Q_{\text{вода}} = M_{\text{вода}} \cdot c_{\text{вода}} \cdot (T_{\text{нач}} - T_{\text{кон}})$, получаем: $Q_{\text{вода}} = 2 \cdot 4200 \cdot (T_{\text{нач}} - 50) = 8400 \cdot (T_{\text{нач}} - 50) \text{ Дж}$

Количество теплоты отданное титаном: $Q_{\text{титан}} = m_{\text{титан}} \cdot c_{\text{титан}} \cdot (T_{\text{нач}} - T_{\text{кон}})$, получаем: $Q_{\text{титан}} = 0.5 \cdot 522 \cdot (T_{\text{нач}} - 50) = 261 \cdot (T_{\text{нач}} - 50) \text{ Дж}$

Уравнение теплового баланса: общее количество теплоты, отданное водой и титаном, должно быть равно количеству теплоты, потребованной для нагрева и плавления льда (100000 Дж):

$Q_{\text{вода}} + Q_{\text{титан}} = 100000 \text{ Дж}$

Подставляем: $8400 \cdot (T_{\text{нач}} - 50) + 261 \cdot (T_{\text{нач}} - 50) = 100000$, то есть: $8661 \cdot (T_{\text{нач}} - 50) = 100000$

Получаем: $T_{\text{нач}} = 50 + \frac{100000}{8661} = 50 + 11.5 = 61.5^{\circ}\text{C}$

Какое количество теплоты отдаст титановый контейнер?

Теперь рассчитаем количество теплоты, которое отдаст титановый контейнер при охлаждении от начальной температуры $T_{\text{нач}}$, найденной в предыдущем вопросе, до конечной температуры 50°C

Количество теплоты, отдаваемое титаном: $Q_{\text{титан}} = m_{\text{титан}} \cdot c_{\text{титан}} \cdot \Delta T$, где:

- $m_{\text{титан}} = 0.5 \text{ кг}$

- $c_{\text{титан}} = 522 \text{ Дж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$

- $\Delta T = \frac{100000}{8661} ^{\circ}\text{C}$

Получаем: $Q_{\text{титан}} = 0.5 \cdot 522 \cdot \frac{100000}{8661} = 3013.5 \approx 3014 \text{ Дж}$