

9 класс

Максимальное время решения 230 минут

Задача 1 (10 баллов)

В бочку с 30 литрами воды, имеющей начальную температуру 15°C начинают каждую секунду кидать раскаленные до температуры 700°C камни. Все камни одинаковые массой $0,6\text{ кг}$ и удельной теплоемкостью $570 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$. Через какое время в бочке закипит вода если удельная теплоемкость воды $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$, плотность воды $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Испарением и теплопотерями в окружающую среду и на нагрев бочки пренебречь.

Вариант решения

Приведем необходимые величины в СИ:

$$V_{\text{в}} = 30 \text{ л} = \frac{30}{1000} \text{ м}^3.$$

Количество теплоты, необходимое для нагревания воды:

$$Q_{\text{в}} = c_{\text{в}} \cdot m_{\text{в}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) = 4200 \cdot 30 (100 - 15)$$

$$\text{Массу воды вычислим: } m = \rho_{\text{в}} \cdot V_{\text{в}} = 1000 \cdot \frac{30}{1000} = 30 \text{ кг.}$$

Найдем количество теплоты, необходимое для нагрева воды:

$$Q_{\text{в}} = 4200 \cdot 30 (100 - 15) = 4200 \cdot 30 \cdot 85 = 1071 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

Для того, чтобы вода нагрелась, камни должны отдать ей такое же количество теплоты при остывании, т.е.:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{к}}$$

$$Q_{\text{к}} = c_{\text{к}} \cdot m_{\text{к}} (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) \cdot N, \text{ где } N - \text{ количество камней.}$$

$$\text{Тогда } N = \frac{Q_{\text{в}}}{c_{\text{к}} \cdot m_{\text{к}} (t_{\text{н}} - t_{\text{к}})} = \frac{1071 \cdot 10^4}{570 \cdot 0,6 \cdot 600} = 52,2 \rightarrow 53 \text{ камня нужно бросить в воду.}$$

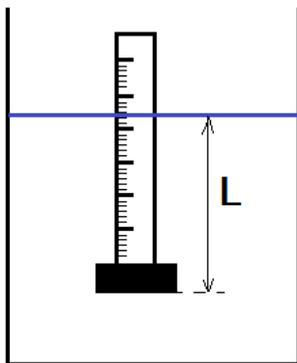
Следовательно, вода закипит через 53 секунды.

Критерии оценивания

Определена масса воды	1 балл
Записано условие теплового баланса	3 балла
Определено количество теплоты для нагревания воды	3 балла
Определено количество камней, необходимых для закипания воды	2 балла
Правильно определено время	1 балл

Задача 2 (10 баллов)

В пресную и морскую воду поочередно опускали деревянную линейку с прикрепленным грузиком на конце. Грузик подобрали такой массы, чтобы конструкция не тонула ни в соленой, ни в пресной воде (как показано на рисунке). В результате эксперимента были получены два набора данных: глубина погружения линейки в соленой воде и глубина погружения линейки в пресной воде (представлены в таблице). По данным эксперимента определите сколько грамм соли растворено в 1 литре морской воды? Плотность пресной воды $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.



L, морская	L, пресная
17,6 см	19,8 см
17,5 см	19,7 см
17,8 см	20,4 см
17,4 см	19,9 см
17,3 см	20,2 см

Вариант решения

Среднее значение погружения линейки в морской воде $L_M = 17,5$ см

Среднее значение погружения линейки в пресной воде $L_{II} = 20$ см

На линейку, погруженную в жидкость, действует сила Архимеда. Так как грузик в обоих случаях погружен полностью, то сила Архимеда, действующая на грузик, сократится (не учитываем).

Условие плавания тел в первом случае (морская вода): $mg = \rho_M \cdot g \cdot S \cdot L_M$.

Во втором случае (пресная вода): $mg = \rho_{II} \cdot g \cdot S \cdot L_{II}$.

$$\rho_{II} \cdot g \cdot S \cdot L_{II} = \rho_M \cdot g \cdot S \cdot L_M ;$$

$$\rho_{II} \cdot L_{II} = \rho_M \cdot L_M ;$$

$$\rho_M = \frac{\rho_{II} \cdot L_{II}}{L_M} = \frac{1000 \cdot 0,2}{0,175} = 1143 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} ;$$

$$m = \rho \cdot V ;$$

$$m_M = \rho_M \cdot V ;$$

$$m_{II} = \rho_{II} \cdot V .$$

В обоих случаях объем воды одинаковый, тогда, приравнявая объемы, получим:

$$m_M = \frac{\rho_{II} m_{II}}{\rho_M} .$$

Массу соли находим как разницу между массами соленой (морской) и пресной воды:

$$m_c = m_M - m_{II} = 143 \text{ г} .$$

Критерии оценивания

Определены средние значения L	1 балл
Записано условие плавания тел для морской воды	3 балла
Записано условие плавания тел для пресной воды	3 балла
Произведен расчет массы 1 литра пресной и морской воды	2 балла
Произведен расчет массы соли	1 балл

Задача 3 (10 баллов)

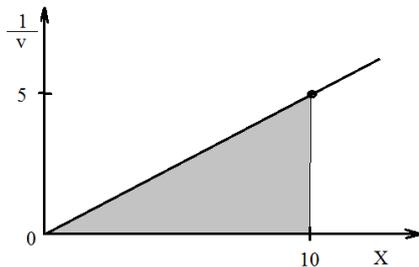
Автомобиль движется с постоянной скоростью по прямой дороге. В момент времени t_0 он начинает уменьшать свою скорость. При этом произведение скорости на пройденный путь остается постоянной величиной равной $c=2 \text{ м}^2/\text{с}$. Определите среднюю скорость автомобиля за первые 10 метров, начиная с момента t_0 .

Вариант решения

Среднюю скорость найдем как отношение пройденного пути к затраченному времени.

По условию задачи $vx = c$, где v -скорость, x - пройденный путь. Отсюда: $\frac{1}{v} = \frac{1}{c}x$

Построим график этой зависимости. Поскольку зависимость линейная, то достаточно двух точек: $x=0, 1/v=0$ и $x=10, 1/v=5$



Площадь под прямой соответствует затраченному времени.

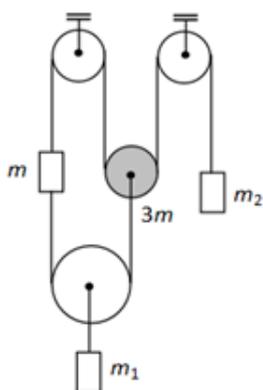
$$t = (5 \cdot 10) / 2 = 25 \text{ с}$$

Средняя скорость составит $v_{cp} = 10 / 25 = 0,4 \text{ м/с}$

Критерии оценивания

Записано выражение зависимости пройденного пути от скорости	2 балла
Построен график зависимости пройденного пути от скорости	5 баллов
Из графика определена средняя скорость	3 балла

Задача 4 (10 баллов)



На рисунке изображена система, состоящая из трех грузов, подвешенных на невесомых нитях, перекинутых через блоки. Все блоки невесомые, кроме одного – на рисунке он выделен серым. Определите при каких значениях масс m_1 и m_2 система будет находиться в равновесии. Масса $m = 1$ кг. Трением пренебречь.

Вариант решения

Обозначим силу натяжения верхней нити за T_2 , а нижней за T_1 . Тогда условие равенства нулю вертикальных сил, действующих на элементы системы, примут вид:

Для груза m_2 : $m_2g = T_2$

Для блока $3m$: $3mg = 2T_2 - T_1$

Для груза m_1 : $m_1g = 2T_1$

Для груза m : $mg = T_2 - T_1$

Решая систему уравнений, получим: $m_1 = 2m = 2$ кг, $m_2 = 2m = 2$ кг

Критерии оценивания

Условие равновесия груза m_2	2 балла
Условие равновесия блока $3m$	2 балла
Условие равновесия груза m_1	2 балла
Условие равновесия груза m	2 балла
Решение системы уравнений и получение верного ответа	2 балла

Задача 5 (10 баллов)

Имеется источник питания с постоянным напряжением U и два одинаковых сопротивления R , которые можно подсоединить к источнику как последовательно, так и параллельно. За 20 минут два последовательно соединенных сопротивления выделяют количество теплоты Q . За какое время эти два сопротивления выделяют такое же количество теплоты если их соединить параллельно?

Вариант решения

Сопротивления последовательно и параллельно соединенных спиралей:

$$R_{\text{пос}} = 2R \quad R_{\text{пар}} = R/2$$

Количество теплоты, выделяемое на сопротивлениях

$$Q_{\text{пос}} = (U^2/2R)t_{\text{пос}}$$

$$Q_{\text{пар}} = (2U^2/R)t_{\text{пар}}$$

$$\text{Откуда } t_{\text{пар}} = t_{\text{пос}}/4 = 5 \text{ мин}$$

Критерии оценивания

Определены результирующие сопротивления при последовательном и параллельном соединении	2 балла
Записан закон Джоуля -Ленца для последовательного соединения сопротивлений	3 балла
Записан закон Джоуля -Ленца для параллельного соединения сопротивлений	3 балла
Верно определено время	2 балла