

1. «Предохранитель»

На входе в электрическую цепь квартиры стоит предохранитель, размыкающий цепь при силе тока в 16 А. Напряжение в квартире равно 220 В. Какое максимальное количество утюгов номинальной мощностью 800 Вт при включении в 220 В у каждого можно одновременно включить в квартире? Как они должны быть включены и почему?

Возможное решение:

- 1) Мощность в 800 Вт у утюга – номинальная, то есть вырабатывается при включении в 220 В. Если включить утюги последовательно, то номинальная мощность вырабатываться не будет, так как напряжение будет между утюгами делиться. Поэтому включать их необходимо параллельно.
- 2) Общая мощность равна сумме мощностей при параллельном подключении: $P_0 = nP$, где n – количество утюгов. Следовательно, $n = \frac{P_0}{P}$.
- 3) По определению мощность тока равна $P_0 = UI = 220 \text{ В} * 16 \text{ А} = 3520 \text{ Вт}$.
- 4) $n = \frac{P_0}{P} = \frac{3520 \text{ Вт}}{800 \text{ Вт}} = 4,4 \Rightarrow$ можно включить максимум 4 утюга.

Система оценивания задачи:

Сказано, что утюги должны быть соединены параллельно, и объяснено, почему – **3 балла**

Общая мощность выражена через количество утюгов – **3 балла**

Рассчитана общая мощность – **2 балла**

Найдено количество утюгов – **2 балла**

Максимальный балл за полное решение – 10 баллов

2. «Морозильная камера»

Вася поставил в морозильную камеру бутылку воды и заметил, что за 10 минут она охладилась от 4°C до 0°C. За какое время вода в бутылке кристаллизуется? Удельная теплоёмкость воды равна $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$, удельная теплота плавления льда равна $3,3 * 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$.

Возможное решение:

- 1) Мощность теплопередачи прямо пропорциональна разности температур взаимодействующих тел. Разница температур воды и окружающей среды небольшая, поэтому мощность теплопередачи меняется незначительно, следовательно, можно считать мощность теплопередачи постоянной.
- 2) Количество теплоты, отобранное у воды за 10 минут $P\tau_1 = cm\Delta t$
- 3) Количество теплоты, отобранное у воды за искомое время τ_2 : $P\tau_2 = \lambda m$
- 4) Из п.3 и п.2 находим: $\tau_2 = \tau_1 * \frac{\lambda}{c\Delta t} = 10 \text{ мин} * \frac{3,3*10^5}{4,2*10^3*4} = 196 \text{ мин}$

Система оценивания задачи:

Объяснено, почему мощность теплопередачи между камерой и водой можно считать постоянной – **3 балла**

Написано выражение из п.2 – **2 балла**

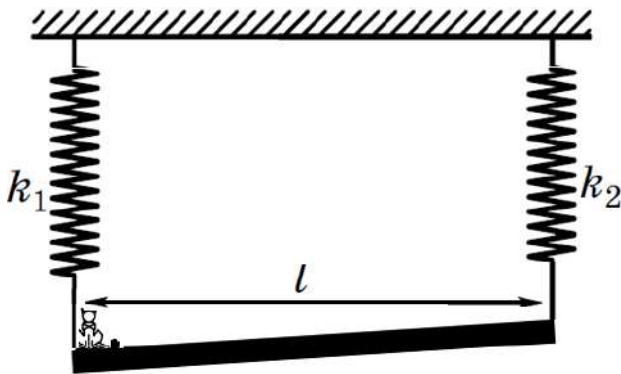
Написано выражение из п.3. – **2 балла**

Найдено искомое время – **3 балла**

Максимальный балл за полное решение – 10 баллов

3. «Кошка на балке»

Маленькая кошка идёт со скоростью u по длинной прямой балке длиной L , подвешенной на двух пружинах, и катит перед собой шарик. Масса кошки m , масса балки M . Жёсткость левой пружины $k_1 = k$, а правой $k_2 = 2k$. Длины пружин в недеформированном состоянии одинаковы. Определите время, через которое шарик начнёт скатываться по балке в сторону правой пружины. Можно считать, что балка наклоняется на небольшой угол. В начальный момент времени кошка находится на левом крае балки. Массой шарика можно пренебречь.



Возможное решение:

- 1) Так как угол, на который наклоняется балка, небольшой, можно сказать, что точка приложения силы тяжести балки не перемещается, а для пружин можно считать справедливым закон Гука.
- 2) В момент, когда шарик начнёт скатываться по балке в сторону правой пружины, длины пружин станут равными. Так как начальные длины у них равны, деформации пружин тоже станут равными друг другу $\Delta x_1 = \Delta x_2$.
- 3) Правило моментов относительно правого края балки: $k\Delta x_1 l = (l - vt)mg + \frac{Mgl}{2}$.
- 4) Правило моментов относительно левого края балки: $mgvt + \frac{Mgl}{2} = 2k\Delta x_2$
- 5) Решая систему уравнений, получим $t = \frac{(\frac{M}{2} + 2m)l}{3mv}$

Система оценивания задачи:

Показано, что длины пружин должны быть одинаковы в искомый момент времени – **2 балла**

Показано, что деформации пружин должны быть одинаковы в искомый момент времени – **1 балл**

Записано правило моментов относительно правого края – **2 балла**

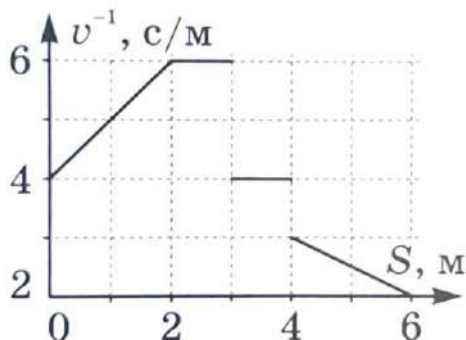
Записано правило моментов относительно левого края – **2 балла**

Найдено искомое время – **3 балла**

Максимальный балл за полное решение – 10 баллов

4. «Средняя скорость мухи»

Зависимость $v^{-1}(S)$ для мухи представлена на графике. Найдите среднюю скорость мухи на всём пути.



Возможное решение:

- 1) Площадь под графиком $v^{-1}(S)$ равна времени движения тела на соответствующем пути, т.к. $t = \frac{S}{v} = S * v^{-1}$
- 2) Время на первом участке равно 16 с, на втором 4 с, на третьем 5с. Всего 25 с.
- 3) Средняя скорость по определению равна $v = \frac{S}{t} = \frac{6\text{м}}{25\text{с}} = 0,24 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Система оценивания задачи:

Написано определение средней скорости – **2 балла**

Выяснен смысл площади под графиком – **5 баллов**

Найдено всё время движения мухи – **2 балла**

Найдена средняя скорость движения мухи – **1 балл**

Максимальный балл за полное решение – 10 баллов

5. «Правильный параллелепипед»

Сосуд в форме правильного параллелепипеда доверху наполнен водой. В начальный момент температура воды линейно изменяется с высотой от $t_0 = 5^\circ\text{C}$ до $t_1 = 15^\circ\text{C}$. Какая температура установится в сосуде после прекращения теплообмена. Потерями в окружающую среду пренебречь. Плотность и удельную теплоёмкость считайте неизменными.

Возможное решение:

- 1) Введём вертикальную ось Oh. Из условия следует, что $t_i = a(h_i - h_0) + t_0$, где t_i – температура i-ого слоя, h_i – уровень i-ого слоя, h_0 – уровень нижней грани параллелепипеда, $a = \frac{\Delta t}{\Delta h} = \frac{t_1 - t_0}{H}$.
- 2) Уравнение теплового баланса выглядит так: $\sum_i c \rho S \Delta h (t_i - \theta) = 0 \Rightarrow \sum_i \Delta h (t_i - \theta) = 0 \Rightarrow \sum_i \frac{\Delta t}{a} (t_i - \theta) = 0 \Rightarrow \sum_i \Delta t * t_i = \sum_i \Delta t * \theta \Rightarrow \theta = \frac{\sum_i \Delta t * t_i}{\sum_i \Delta t} = \frac{t_1^2 - t_0^2}{2(t_1 - t_0)} = \frac{1}{2}(t_1 + t_0) = 10^\circ\text{C}$

Система оценивания задачи:

Введена зависимость температуры от уровня воды в сосуде – **3 балла**

Написано уравнение теплового баланса – **3 балла**

Найдена конечная температура – **4 балла**

Максимальный балл за полное решение – 10 баллов