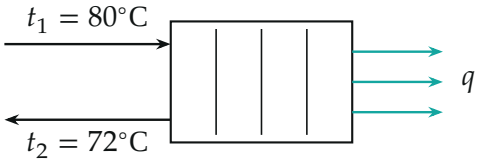
Водяное отопление комнаты

Задача 1. [Росатом 2025/26, 8 класс, задача 1] Для отопления комнаты требуется количество теплоты $q = 1{,}4 \cdot 10^6$ Дж в час. Какая масса воды проходит в час через батареи водяного отопления, если вода входит в них с температурой $t_1 = 80°\text{C}$, а выходит из них с температурой $t_2 = 72°\text{C}$? Удельная теплоёмкость воды $c = 4{,}2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·град).

▲ **Решение. Что происходит.** Горячая вода входит в батарею, остывает на 8°C и уходит; потерянное при остывании тепло получает комната. Каждый килограмм воды отдаёт комнате одинаковую порцию тепла, и нужно набрать из таких порций ровно q за час. Главная идея: тепло, отданное водой за час, равно теплу, которое требуется комнате (потерь по дороге в условии нет).

Обозначения. m — масса воды, прошедшей через батарею за час; $\Delta t = t_1 - t_2$ — на сколько остывает вода; μ — масса воды, проходящей через батарею за 1 с; $T = 3600$ с — час.

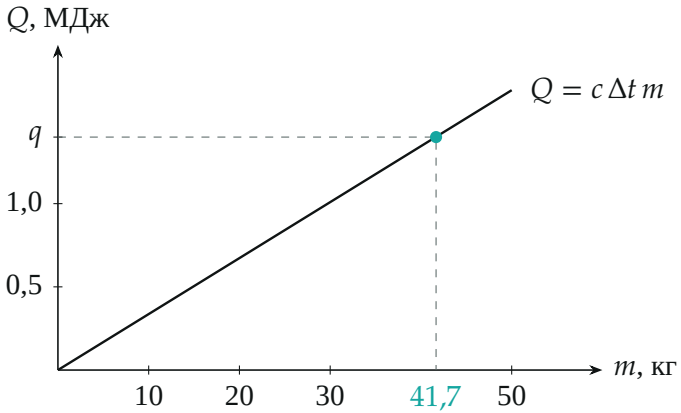


Батарея: вода входит с t_1, выходит с t_2, отданное тепло (бирюзовые стрелки) идёт в комнату

1. Тепло, которое отдаёт вода. При остывании массы m на Δt вода отдаёт количество теплоты $Q = c\,m\,\Delta t$. Здесь $\Delta t = 80°\text{C} - 72°\text{C} = 8°\text{C}$; разность температур в градусах Цельсия равна разности в кельвинах, так что переводить ничего не нужно.

2. Тепловой баланс. За час вода должна отдать комнате ровно q:

$$q = c\,m\,(t_1 - t_2) \quad \Rightarrow \quad m = \frac{q}{c\,(t_1 - t_2)} = \frac{1{,}4 \cdot 10^6}{4{,}2 \cdot 10^3 \cdot 8} \approx 41{,}7 \text{ кг}.$$

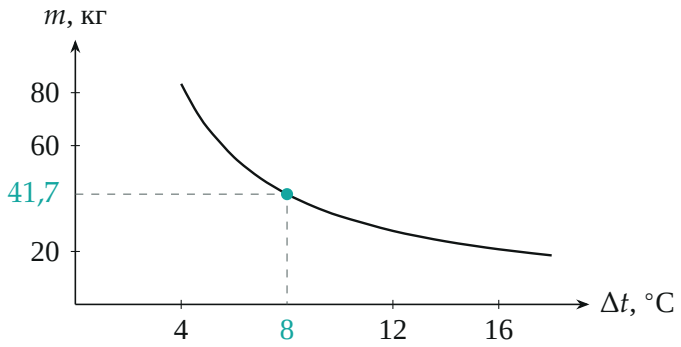


Тепло, отданное водой, растёт пропорционально её массе: каждый килограмм отдаёт $c\Delta t = 33{,}6$ кДж. Уровень q достигается при $m \approx 41{,}7$ кг

3. Расход в секунду. Масса m проходит за $T = 3600$ с, значит

$$\mu = \frac{m}{T} = \frac{q}{c\,(t_1 - t_2)\,T} \approx \frac{41{,}7\text{ кг}}{3600\text{ с}} \approx 0{,}0116\ \frac{\text{кг}}{\text{с}} = 11{,}6\ \frac{\text{г}}{\text{с}}.$$

Обратите внимание: спрашивают массу *за час* (≈ 42 кг), а расход в секунду — в 3600 раз меньше; не перепутайте, какая из двух величин — ответ на вопрос задачи.



Масса воды за час при том же q: $m = q/(c\Delta t)$. Чем меньше вода остывает в батарее, тем больше её нужно прогнать

Проверка. Размерность: Дж/(Дж/(кг · К) · К) = кг. Оценка: килограмм воды отдаёт $4200 \cdot 8 \approx 34$ кДж, а $1{,}4 \cdot 10^6 / 34\,000 \approx 41$ — сходится. Второй способ: мощность батареи $q/T = 1{,}4 \cdot 10^6 / 3600 \approx 389$ Вт; вода массой μ в секунду отдаёт $\mu c \Delta t = 389$ Вт, откуда $\mu = 389/33\,600 \approx 0{,}0116$ кг/с — то же. Смысл: батарея отдаёт комнате около 0,4 кВт, и для этого через неё должно проходить примерно 12 г воды в секунду, около 42 кг в час.

Ответ. $m = \dfrac{q}{c\,(t_1 - t_2)} \approx 42$ кг в час, то есть $\mu \approx 11{,}6$ г/с.