

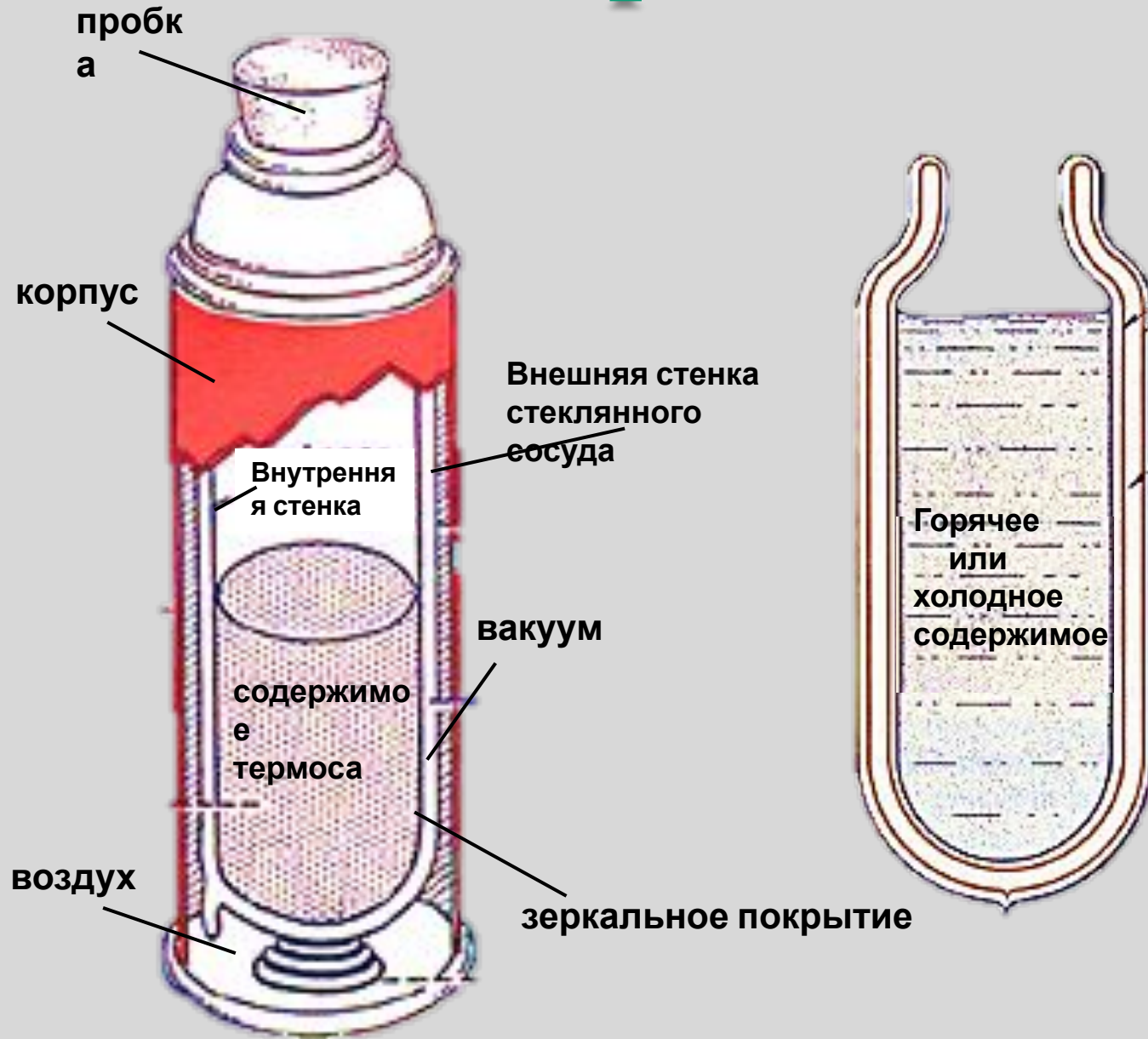
Уравнение теплового баланса

алгоритм решения задач $\equiv 0$

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = 0$$



Термос



В стакан с горячим чаем опустили чайную ложку

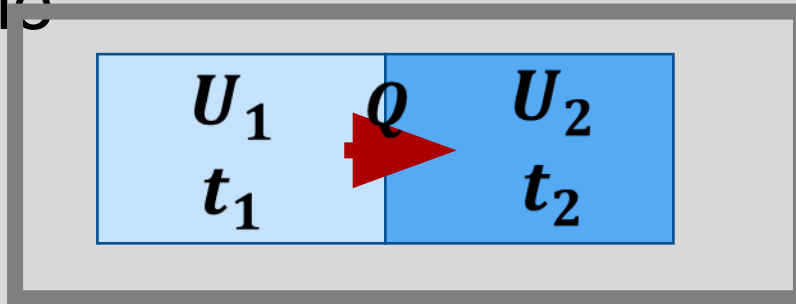
- Как будет изменяться температура ложки? Что произойдет с ее внутренней энергией?
- Как будет изменяться температура чая? Что произойдет с его внутренней энергией?
- Какие процессы будут происходить, если чай налить в



Представим процесс в виде схемы

Пусть процесс происходит в изолированной системе

1.



замкнутая система

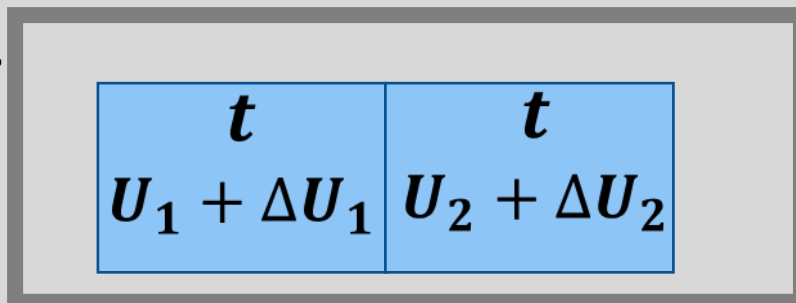
$$t_1 > t_2$$

$$\Delta U_1 = Q_1 < 0, \quad \Delta U_2 = Q_2 > 0$$

$$Q_2 = -Q_1$$

$$|\Delta U_1| = |\Delta U_2|$$

2.



Тепловое
равновесие

Закон сохранения внутренней энергии :

При любых процессах,
происходящих в изолированной
системе, её внутренняя энергия
остаётся неизменной.



Уравнение теплового баланса:

Количество теплоты, отданное при теплообмене более горячим телом, равно по модулю количеству теплоты, полученному менее горячим телом, т.е. $Q_{\text{пол}} = Q_{\text{отд}}$





Рассмотрим решение задачи:

В сосуд с водой, температура которой 15°C , впускают $0,2$ кг водяного пара при 100°C . Температура смеси, установившаяся после наступления равновесия, 89°C . Какова была масса воды в сосуде? Потерями тепла пренебречь.

Прочитав внимательно условие задачи, уясним:

- ✓ *о каких явлениях или процессах идет речь в задаче;*
- ✓ *как при этом изменяются физические величины, характеризующие эти явления или процессы;*

Какой процесс будет происходить между водой и водяным паром?

- Между водой и водяным паром будет происходить теплообмен (теплопередача): вода получает энергию, пар – отдает

Как называется энергия, которую тело получает или отдает при теплопередаче?

- Количество теплоты

В конце система придет в состояние теплового равновесия

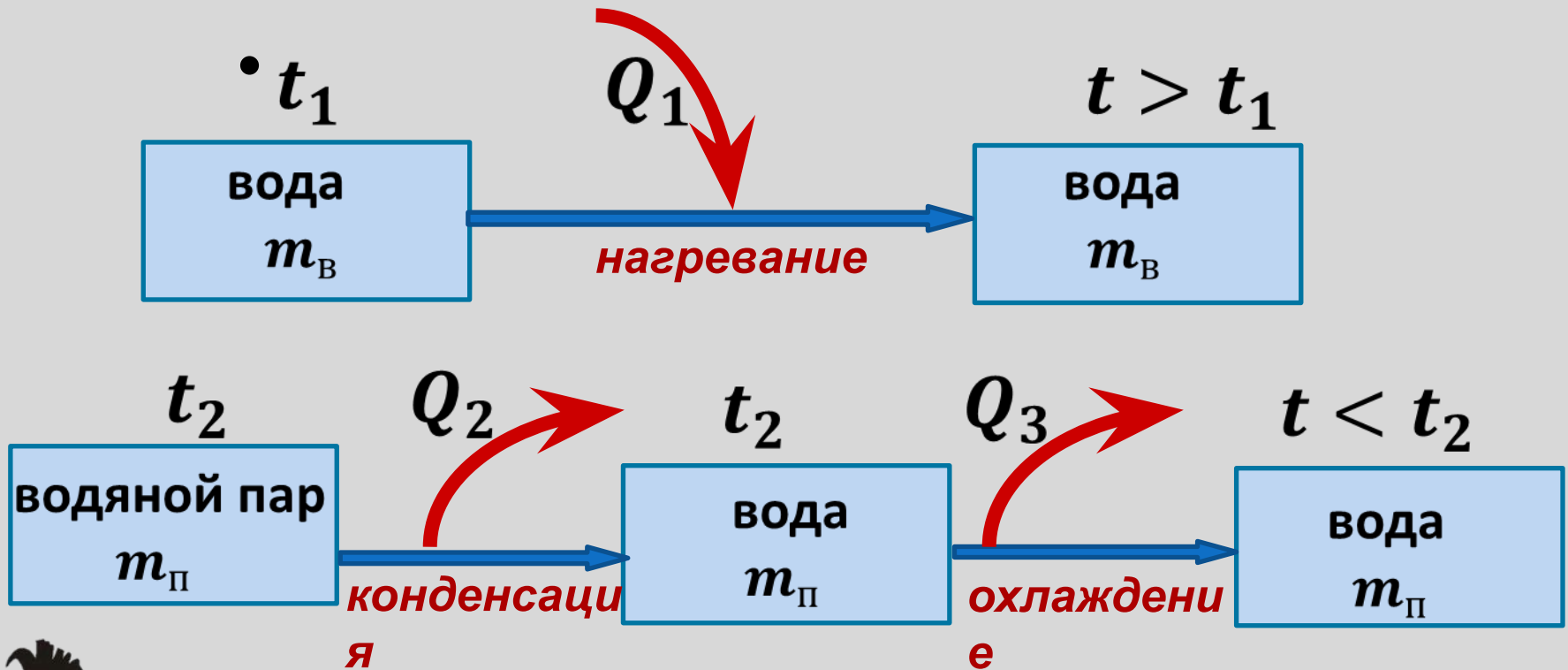
Что будет происходить с водой?

- Вода, получая энергию от пара, нагреется от температуры 15°C до 89°C

Что будет происходить с водяным паром?

- Пар, отдавая энергию, сначала конденсируется при постоянной температуре 100°C , затем конденсат (вода) охлаждается до 89°C .

Составим схему процесса:



Постоянные величины, характеризующие процессы:

- Удельная теплоемкость воды $c = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$
- Удельная теплота конденсации $L = 2,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$



Запишем краткое условие задачи (то, что дано по условию, и необходимые табличные данные):

Дано:

$$m_{\text{п}} = 0,2 \text{ кг}$$

$$t_1 = 15^{\circ}\text{C}$$

$$t_2 = t_{\text{к}} = 100^{\circ}\text{C}$$

$$t = 89^{\circ}\text{C}$$

$$c = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$L = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$$

Найти: $m_{\text{в}}$

Решение

1) Уравнение теплового баланса

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$$

2) Количество теплоты, полученное
водой Q_1 :

$$Q_1 = c \cdot m_{\text{в}}(t - t_1)$$

3) Количество теплоты, отданное

при конденсации Q_2 :

$$Q_2 = -L \cdot m_{\text{п}}$$

4) Количество теплоты, отданное при
охлаждении конденсата Q_3 :

$$Q_3 = c \cdot m_{\text{п}}(t - t_2)$$

Подставим в уравнение теплового баланса выражения для определения Q_1 , Q_2 и Q_3 :

$$c \cdot m_B(t - t_1) - L \cdot m_{\text{п}} + c \cdot m_{\text{п}}(t - t_2) = 0$$

Выразим из полученного уравнения неизвестное m_B

$$c \cdot m_B(t - t_1) = L \cdot m_{\text{п}} - c \cdot m_{\text{п}}(t - t_2)$$

$$m_B = \frac{L \cdot m_{\text{п}} - c \cdot m_{\text{п}}(t - t_2)}{c(t - t_1)}$$

Выполним действия над наименованиями единиц:

$$[m_B] = \frac{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cancel{\text{кг}} - \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \cancel{\text{°C}}} \cdot \cancel{\text{кг}} \cdot \cancel{\text{°C}}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \cancel{\text{°C}}}} = \frac{\text{Дж}}{\frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = \text{кг}$$

Подставим в полученное выражение числовые значения величин и определим массу воды:

$$\begin{aligned} m_{\text{В}} &= \frac{2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,2 - 4200 \cdot 0,2 \cdot (89 - 100)}{4200 \cdot (89 - 15)} = \\ &= \frac{2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,2 + 4,2 \cdot 10^3 \cdot 0,2 \cdot 11}{4,2 \cdot 10^3 \cdot 74} = \frac{0,46 \cdot 10^6 + 9,24 \cdot 10^3}{310,8 \cdot 10^3} = \\ &= \frac{460 \cdot 10^3 + 9,24 \cdot 10^3}{310,8 \cdot 10^3} = \frac{469,24}{310,8} = 1,5 \text{ кг} \end{aligned}$$

Ответ: масса воды равна 1,5 кг

**Задача
решена**





Задача для самостоятельного решения

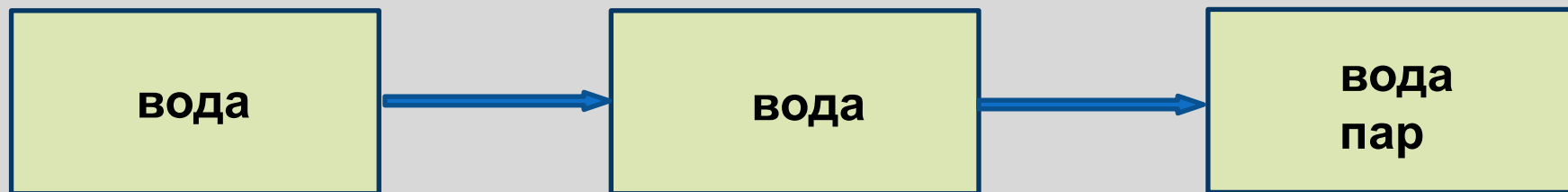
Медную деталь, нагретую до 720°C , погрузили в $1,75\text{ кг}$ воды при температуре 18°C . Вся вода при этом нагрелась до 100°C и 75 г ее обратилось в пар. Определите массу детали. Потерями тепла пренебречь.

Совет: *начните решение со схемы!*

1) В каких процессах будут участвовать медная деталь и вода?

2) В каких процессах энергия выделяется, а какие идут с поглощением энергии?

Дорисуйте схему самостоятельно



Проверьте ответ!

Ответ: *масса детали 3,3 кг*



Получилось?

МОЛОДЦЫ!

Домашнее задание

Успехов!