

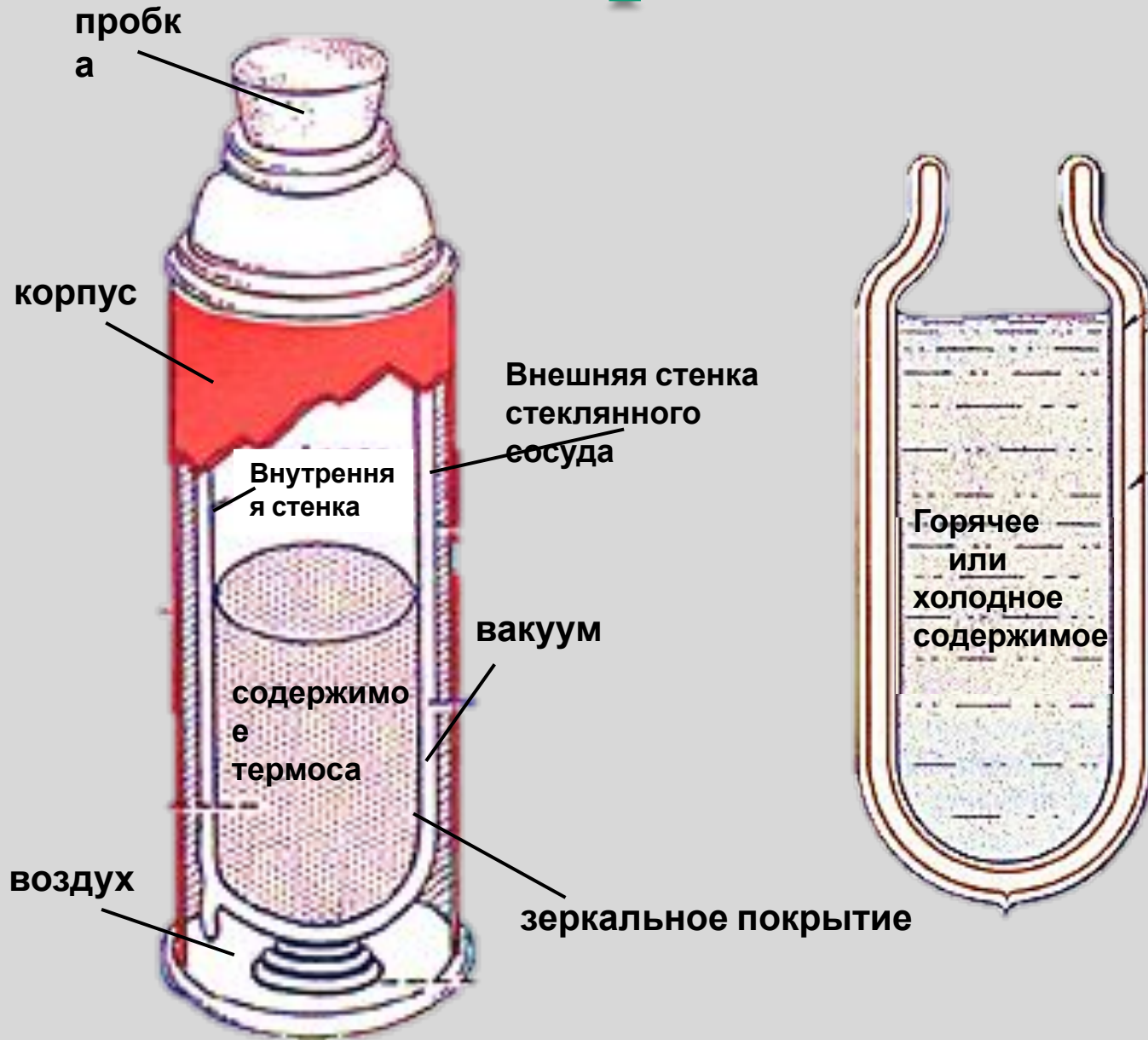
# Уравнение теплового баланса

алгоритм решения задач  $\equiv 0$

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



# Термос



# В стакан с горячим чаем опустили чайную ложку

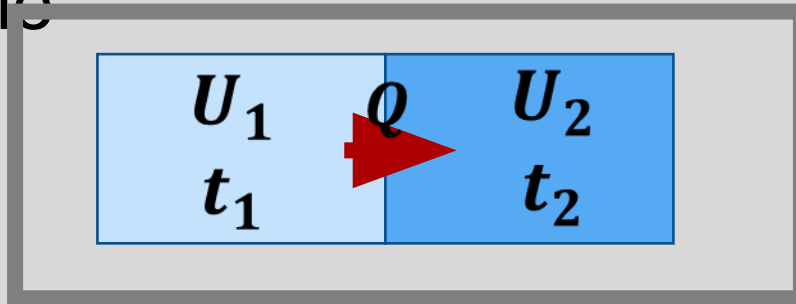
- Как будет изменяться температура ложки? Что произойдет с ее внутренней энергией?
- Как будет изменяться температура чая? Что произойдет с его внутренней энергией?
- Какие процессы будут происходить, если чай налить в



# Представим процесс в виде схемы

Пусть процесс происходит в изолированной системе

1.



замкнутая система

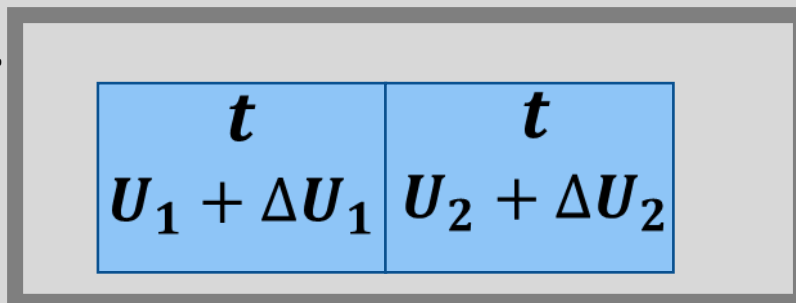
$$t_1 > t_2$$

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

$$Q_2 = -Q_1$$

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

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  $15^{\circ}\text{C}$ , впускают  $0,2$  кг водяного пара при  $100^{\circ}\text{C}$ . Температура смеси, установившаяся после наступления равновесия,  $89^{\circ}\text{C}$ . 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**



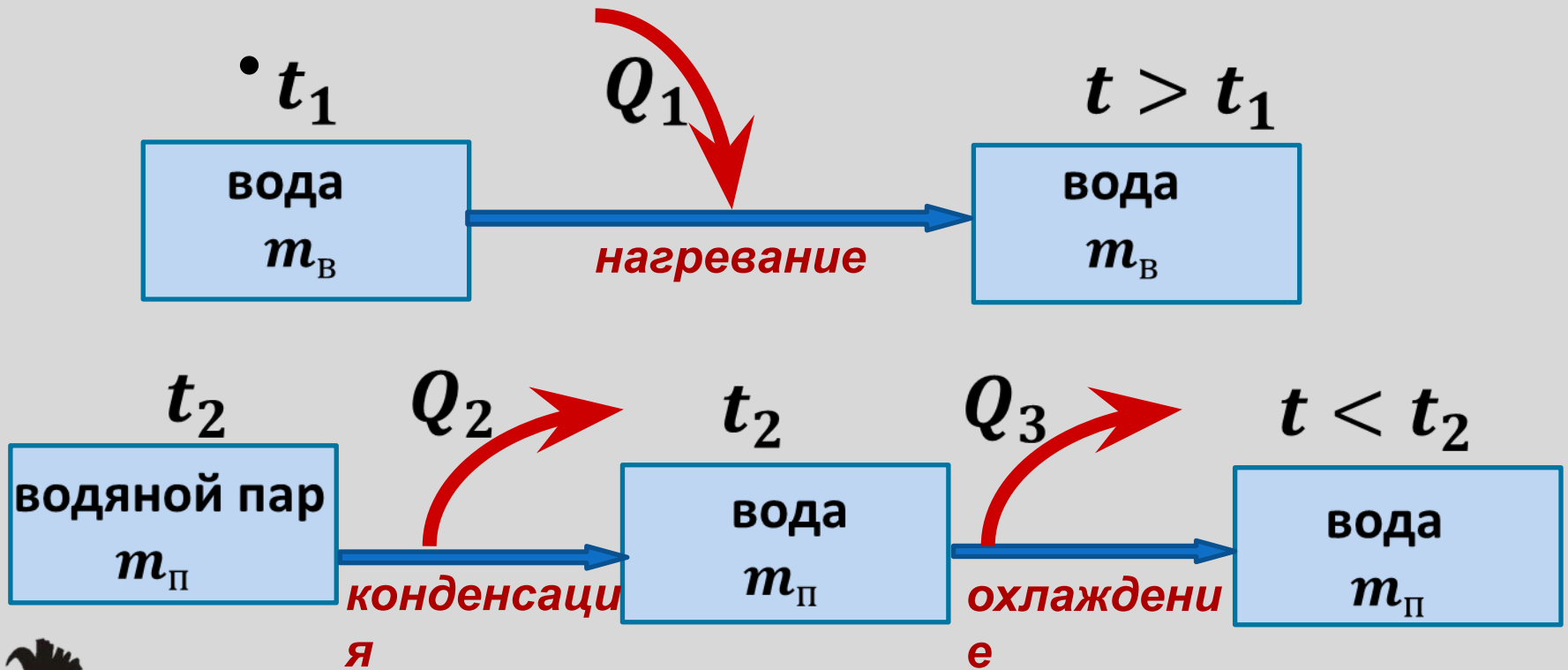
# Что будет происходить с водой?

- Вода, получая энергию от пара, нагреется от температуры  $15^{\circ}\text{C}$  до  $89^{\circ}\text{C}$

# Что будет происходить с водяным паром?

- Пар, отдавая энергию, сначала конденсируется при постоянной температуре  $100^{\circ}\text{C}$ , затем конденсат (вода) охлаждается до  $89^{\circ}\text{C}$ .

# 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:

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



**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

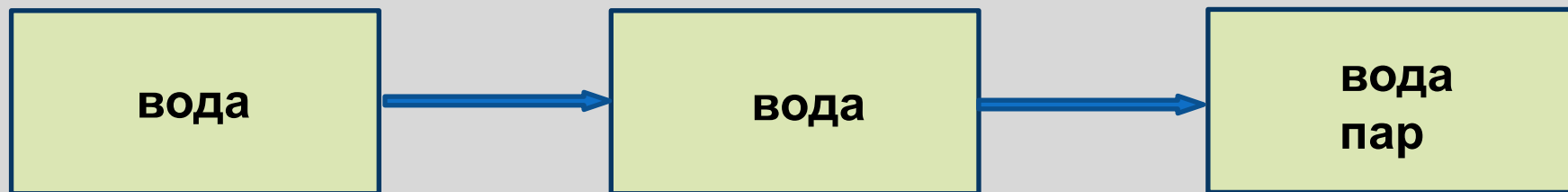
**Медную деталь, нагретую до  $720^{\circ}\text{C}$ , погрузили в  $1,75\text{ кг}$  воды при температуре  $18^{\circ}\text{C}$ . Вся вода при этом нагрелась до  $100^{\circ}\text{C}$  и  $75\text{ г}$  ее обратилось в пар. Определите массу детали. Потерями тепла пренебречь.**

**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!**