

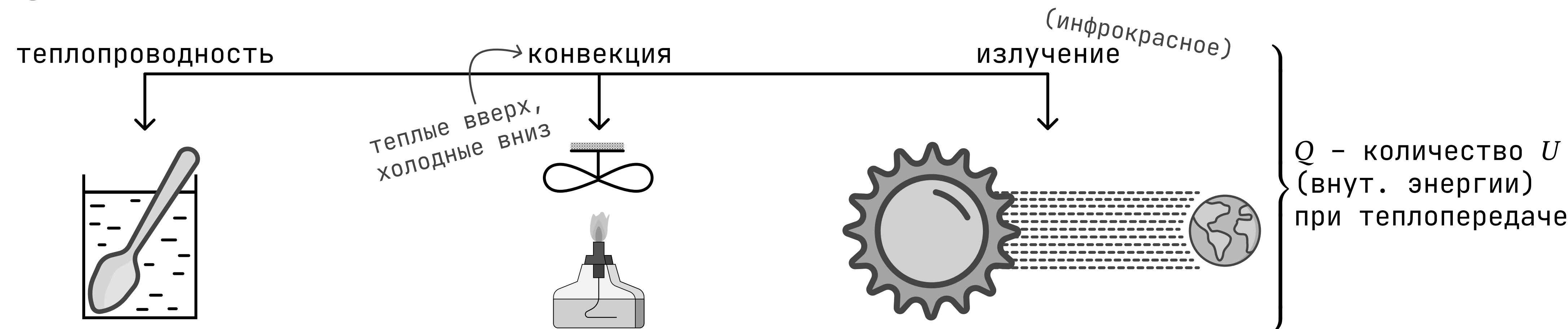
ВНУТРЕННЯЯ ЭНЕРГИЯ

① Основные понятия

$$U = E_k + E_n \rightarrow \text{если ид. газ, то } E_n \rightarrow 0$$

$$U = \bar{E}_1 \cdot N_A \cdot \frac{m}{M} = \frac{3}{2} kT \cdot N_A \cdot \frac{m}{M} = \frac{3}{2} \frac{m}{M} \cdot RT \Rightarrow U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

② Способы изменения $U \rightarrow$ работа или теплопередача



③ Формулы для различных процессов

$$Q = C \cdot m \cdot \Delta t \rightarrow \text{нагревание, охлаждение}$$

$$Q = q \cdot m \rightarrow \text{сгорание топлива}$$

$$Q = \lambda \cdot m \rightarrow \text{плавление, отвердевание}$$

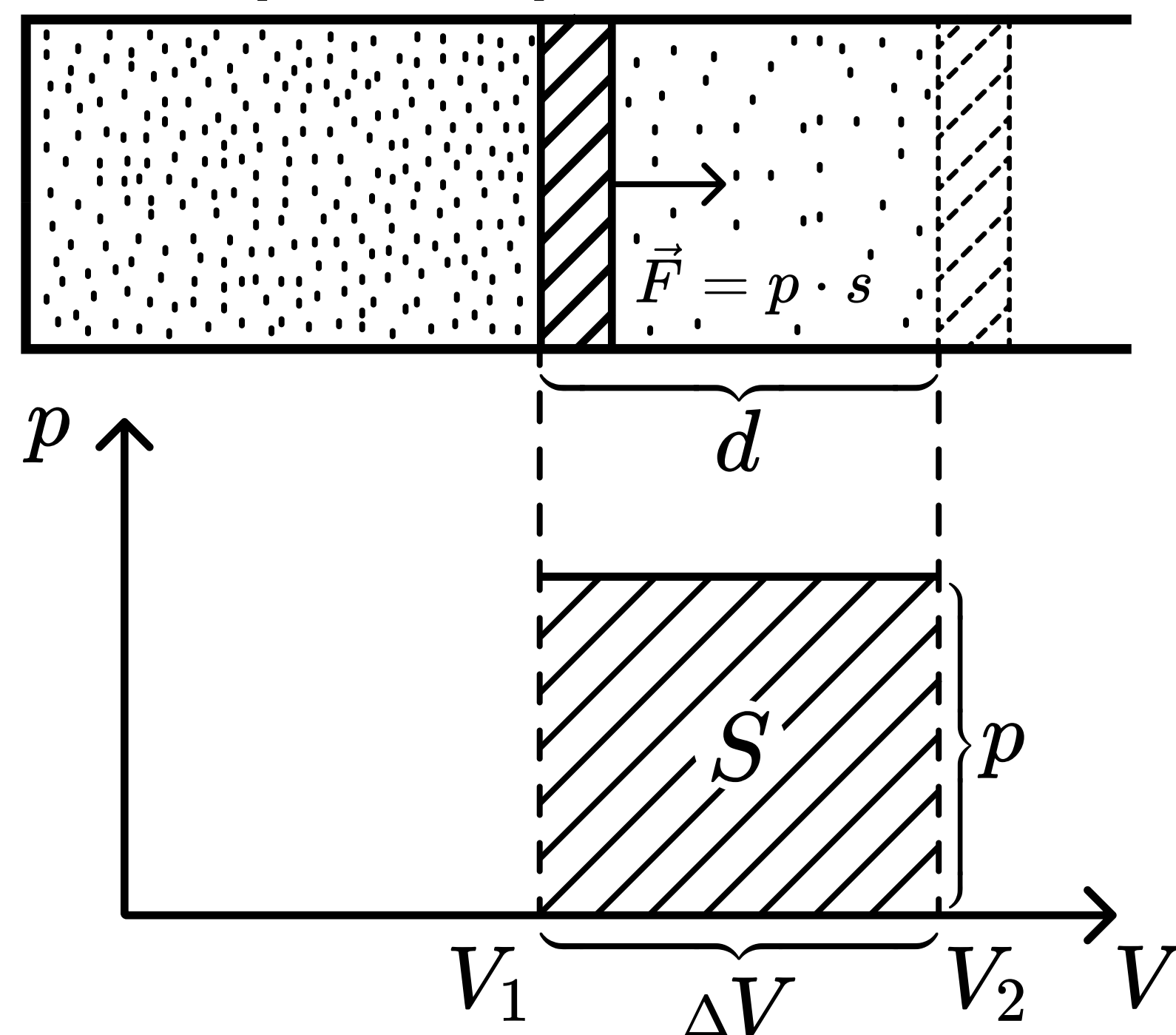
$$Q = L \cdot m \rightarrow \text{парообразование, конденсация}$$

$$Q > 0 \rightarrow \text{при поглощении}$$

$$Q < 0 \rightarrow \text{при выделении тепла}$$

РАБОТА В ТЕРМОДИНАМИКЕ

① Изобарный процесс



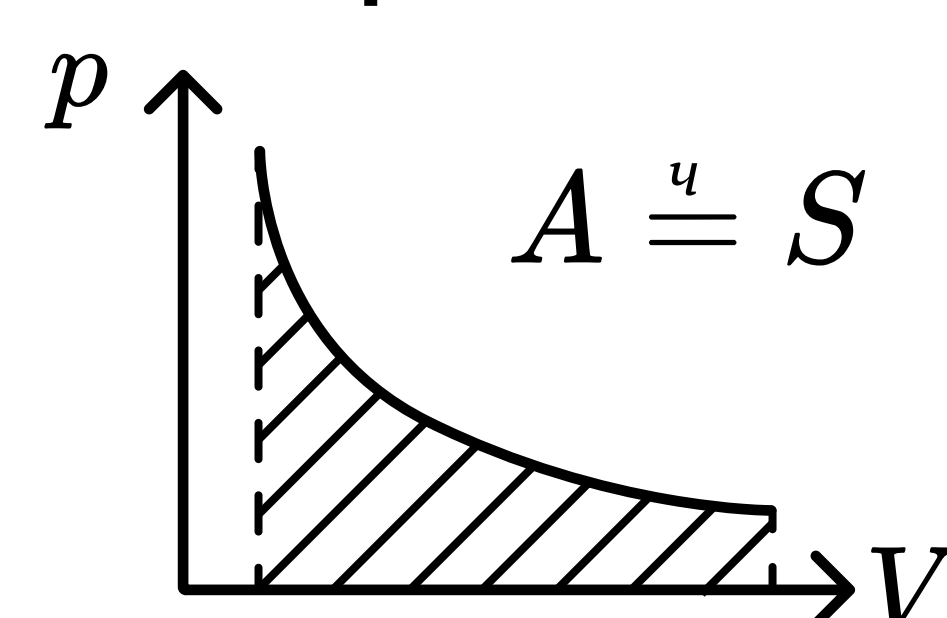
$$A = F \cdot d \cdot \cos(\vec{F}, d) = p \cdot S \cdot d = p \cdot \Delta V$$

$$A = p \cdot \Delta V \quad \begin{matrix} A > 0, \text{ если } V \uparrow \\ A < 0, \text{ если } V \downarrow \end{matrix}$$

частный случай

$$\left. \begin{matrix} A = p \cdot \Delta V \\ S = p \cdot \Delta V \end{matrix} \right\} \Rightarrow A \stackrel{u}{=} S$$

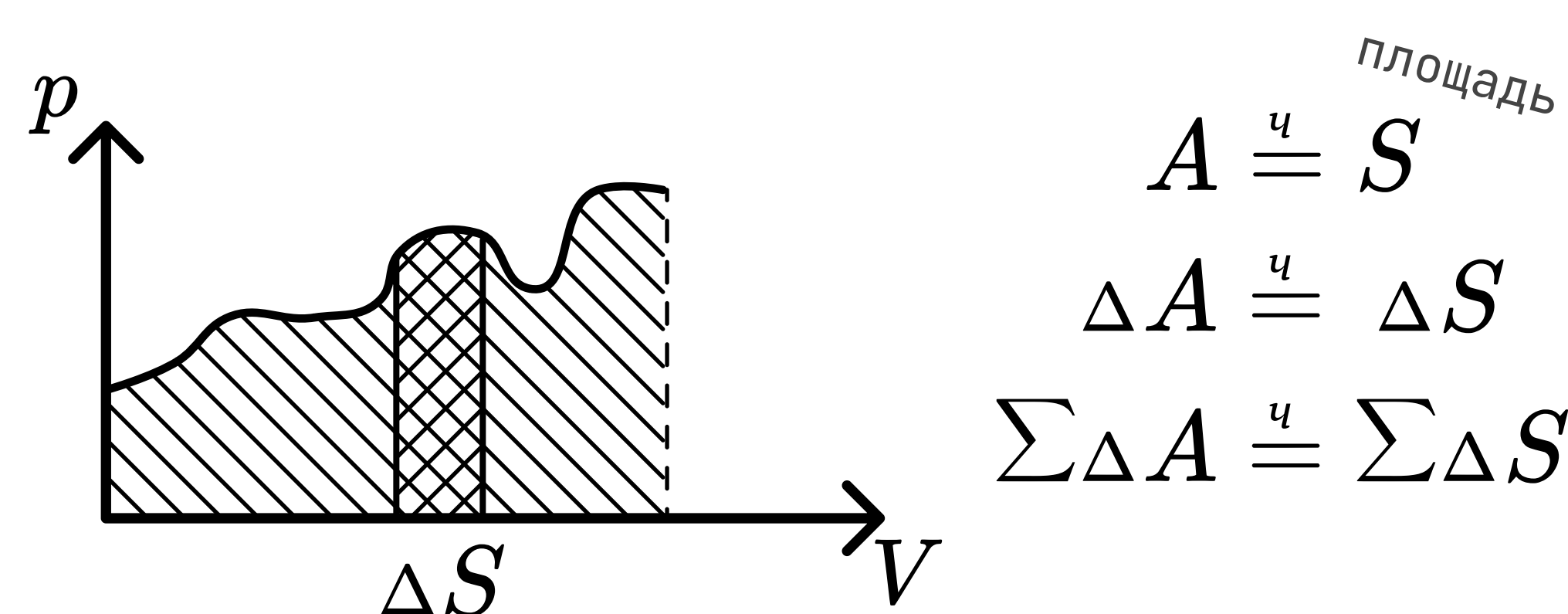
② Изотермический процесс



③ Изохорный процесс

$$\Delta V = 0 \Rightarrow A = 0$$

④ В общем случае



I ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

$$\Delta U = Q + A_{\text{внешн}} \quad \text{или} \quad \Delta U = Q - A_{\text{газ}}$$

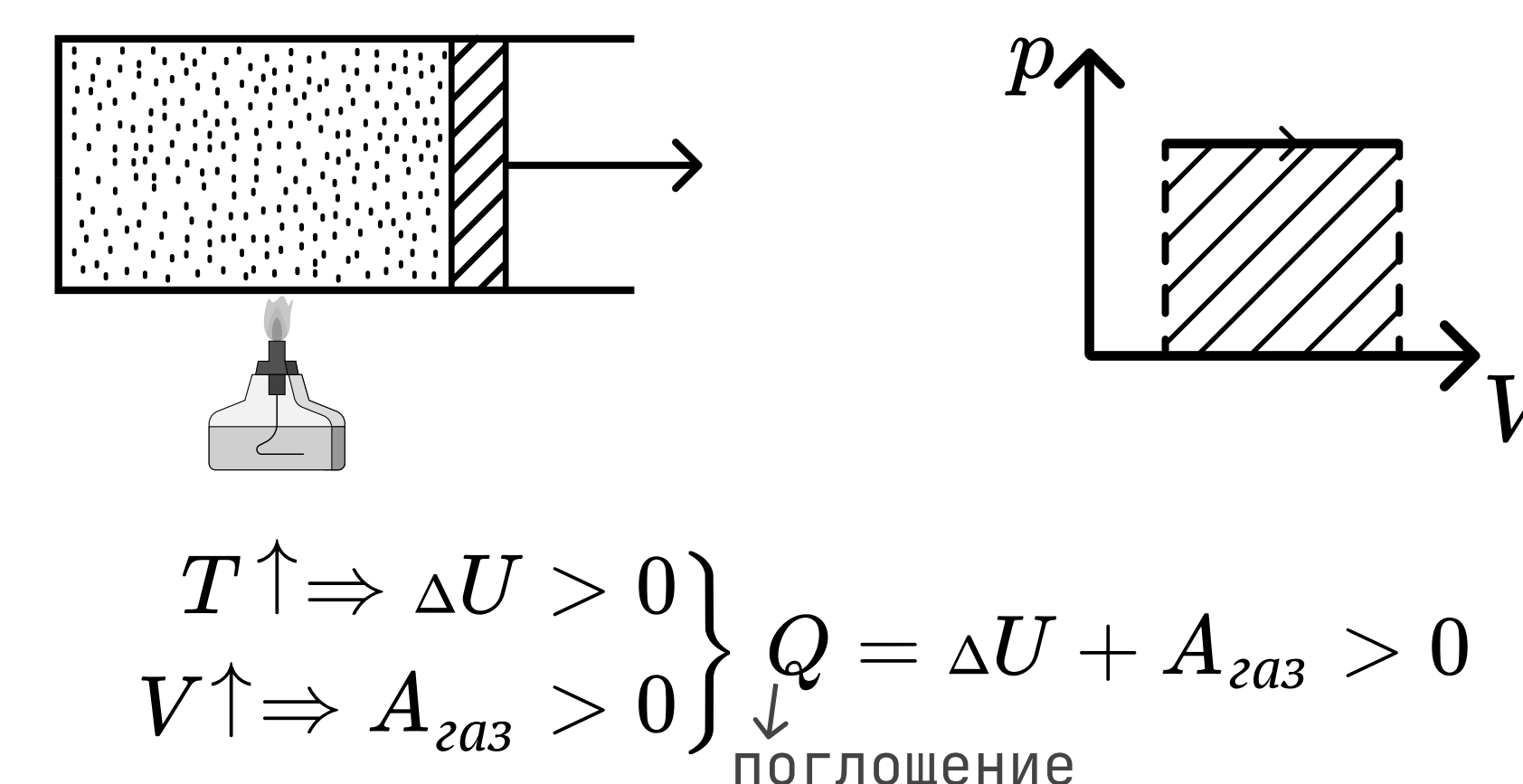
$$Q = \Delta U + A_{\text{газ}}$$

$\Delta U \rightarrow$ изменение внутр. энергии

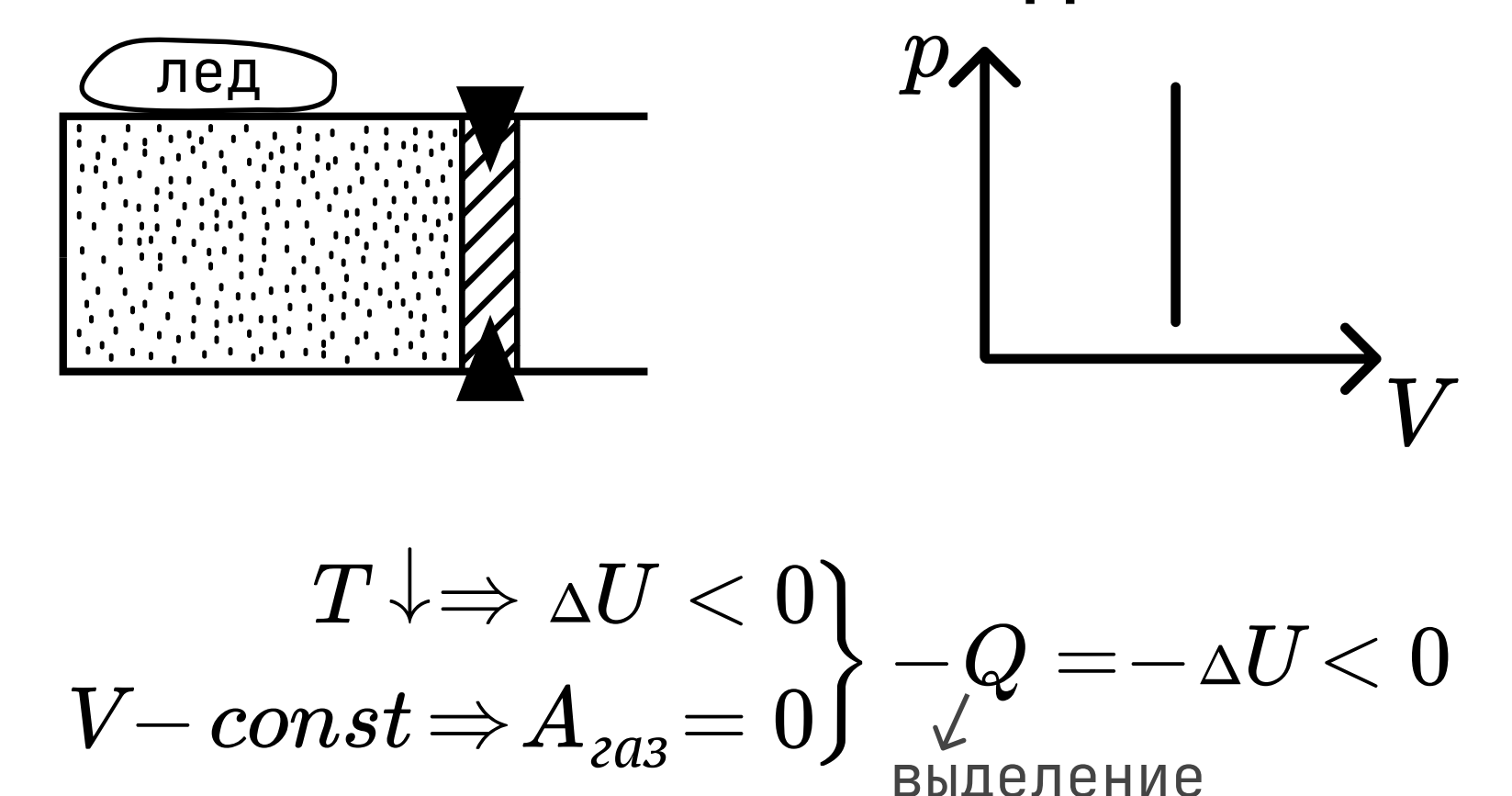
$A_r \rightarrow$ работа газа

количество теплоты, передаваемое системе

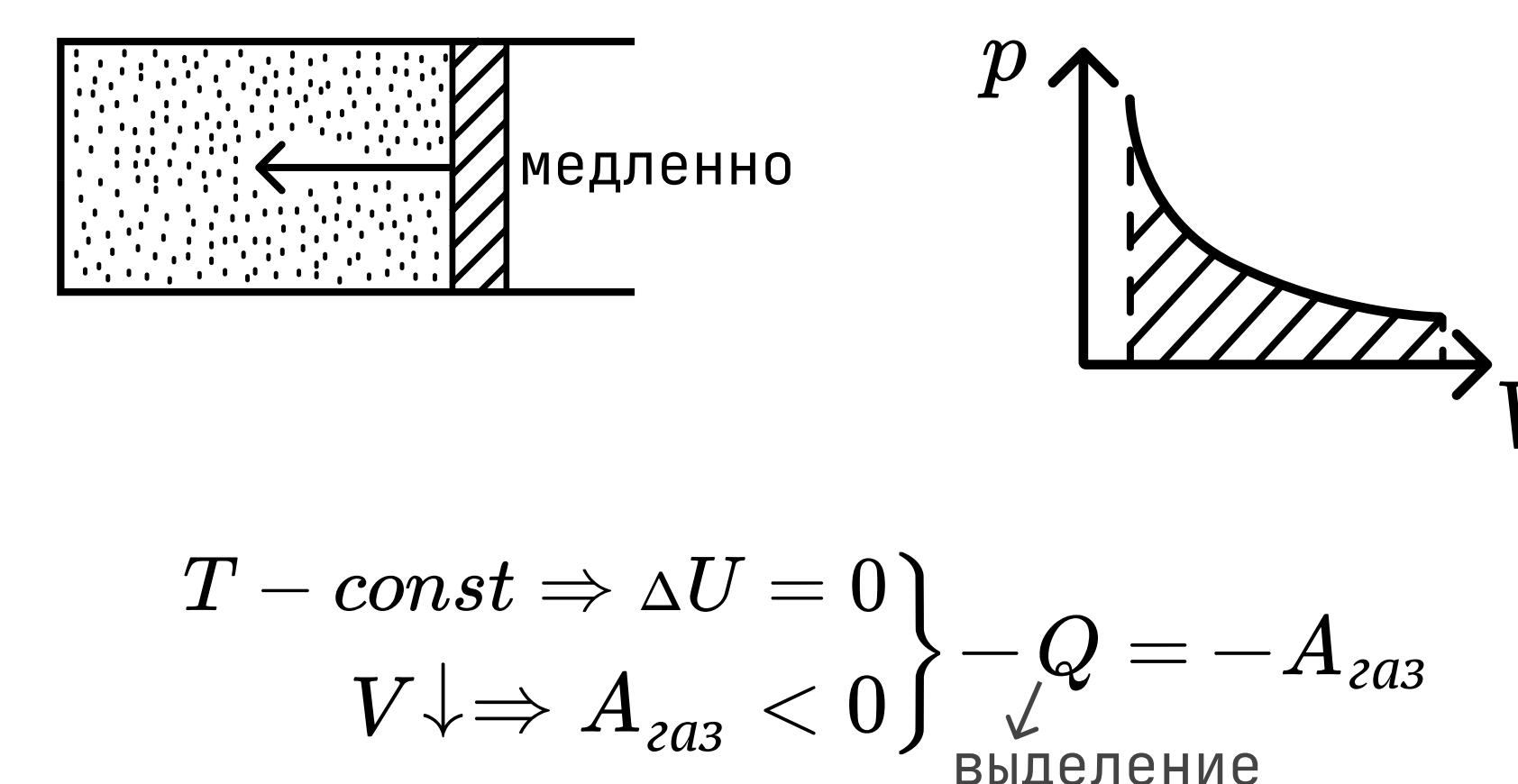
ИЗОБАРНОЕ РАСШИРЕНИЕ



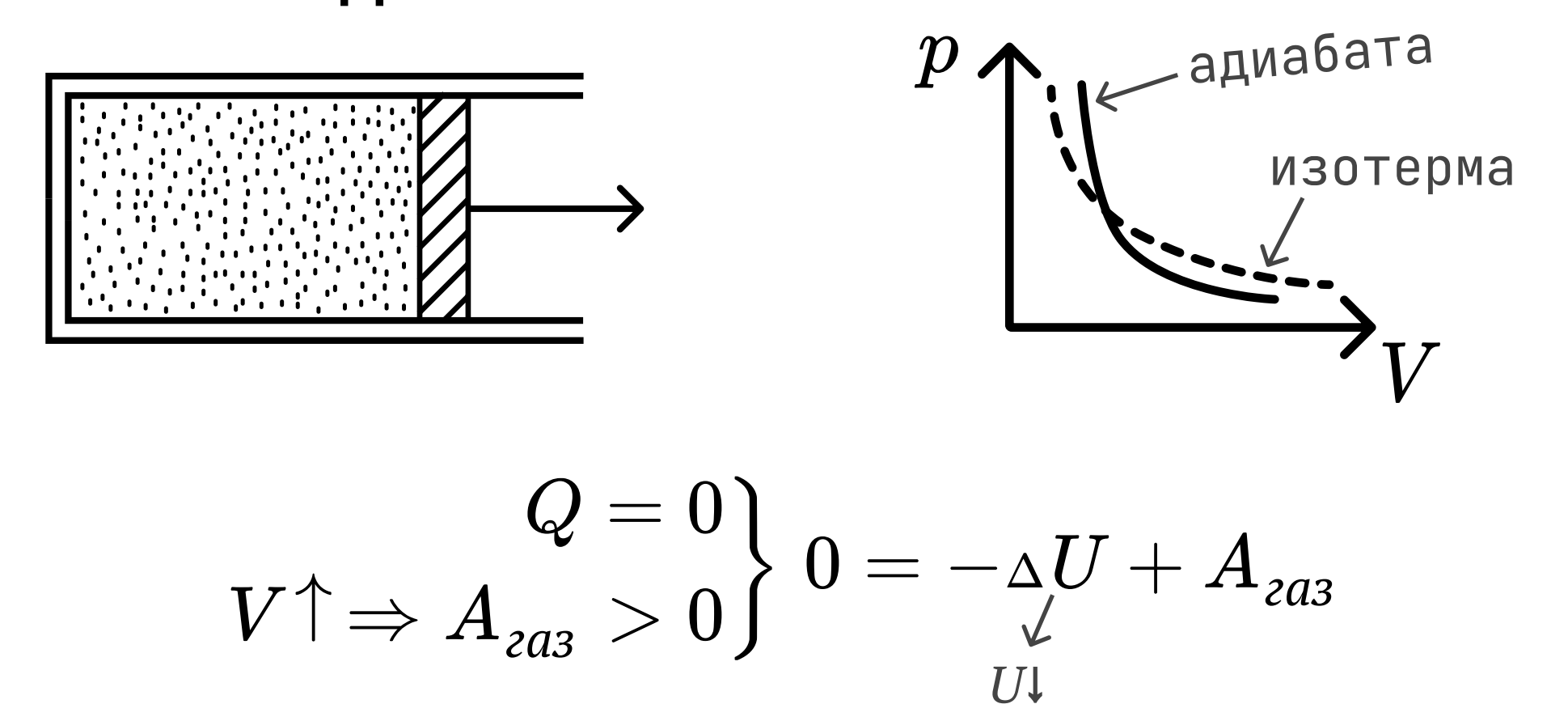
ИЗОХОРНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ



ИЗОТЕРМИЧЕСКОЕ СЖАТИЕ



АДИАБАТНОЕ РАСШИРЕНИЕ

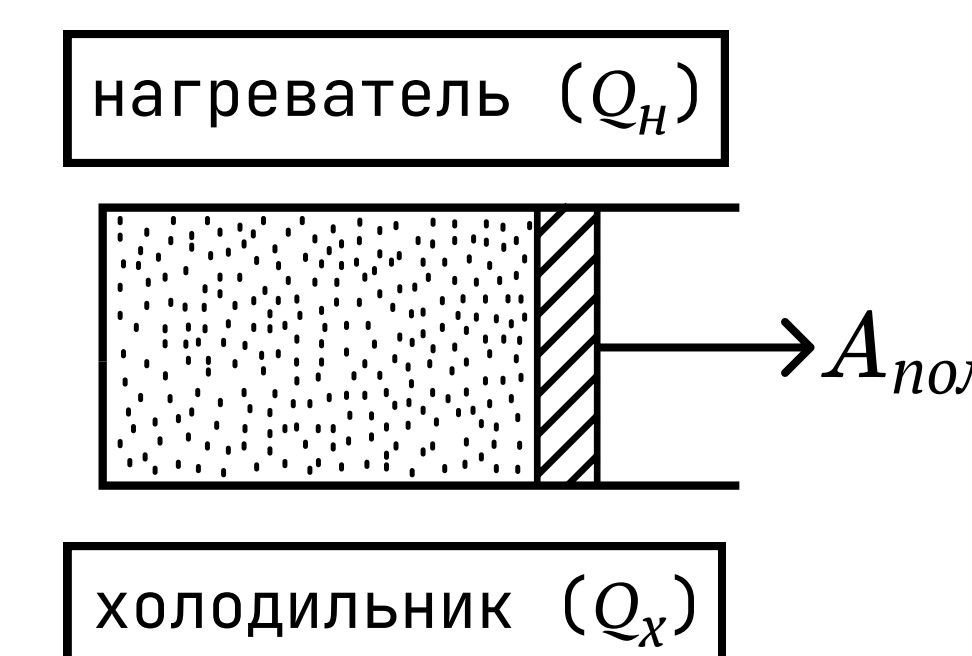


ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ

Тепловые двигатели (ТД) \rightarrow устройства, у которых часть $U \rightarrow A$

① Устройство ТД

- Основные виды: турбинные, поршневые, реактивные
- Используют работу (А) расширения г/п
- Состоят из нагревателя, рабочего тела (г/п) и холодильника



$$Q_n = A_{\text{пол}} + Q_x + Q_{\text{пот}}$$

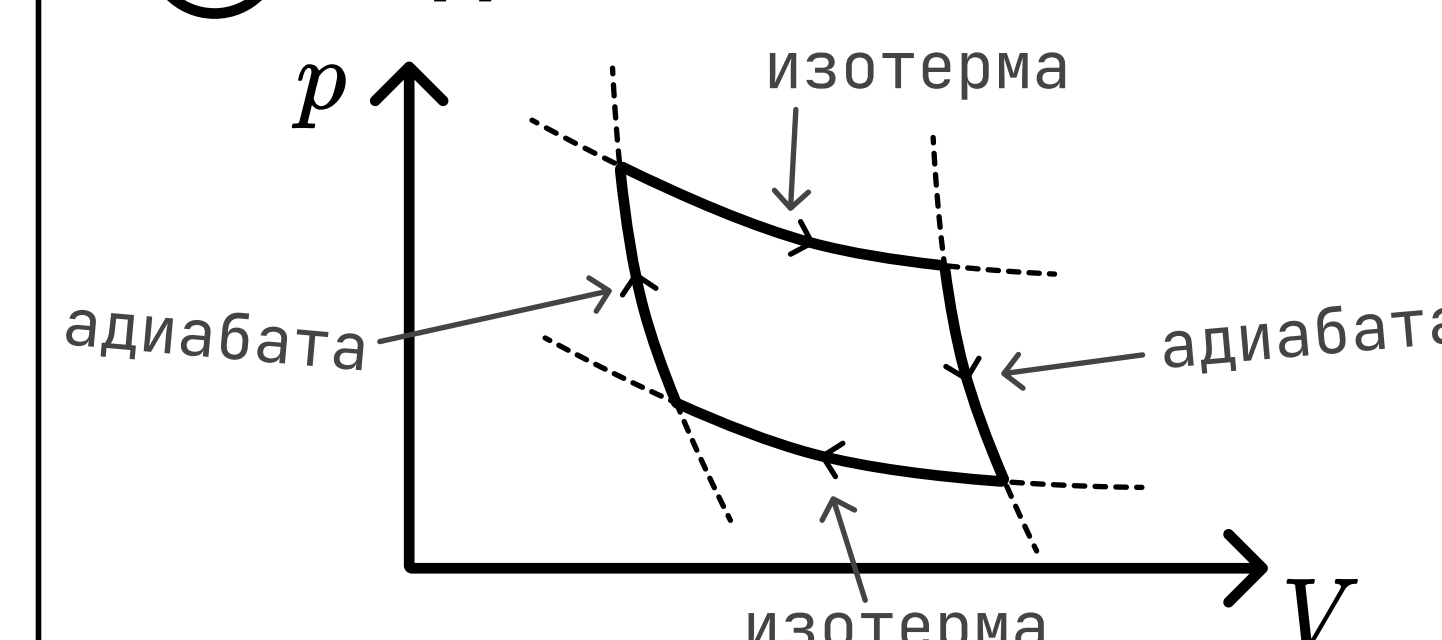
$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q_n} = \frac{Q_n - Q_x - Q_{\text{пот}}}{Q_n}$$

② Холодильник

Холодильник нужен для цикличности ТД



③ Идеальная тепловая машина \rightarrow Сади Карно (фр. - 1824г)



$$\eta = \frac{T_n - T_x}{T_n} = 1 - \frac{T_x}{T_n} = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} = 1 - \frac{Q_x}{Q_n}$$

примечание

- $U \rightarrow$ внутренняя энергия
- $Q \rightarrow$ количество теплоты
- $C \rightarrow$ удельная теплоемкость на единицу масса
- $q \rightarrow$ удельная теплота сгорания
- $\lambda \rightarrow$ удельная теплота плавления
- $L \rightarrow$ удельная теплота парообразования

примечание

- г/п \rightarrow газ или пар
- РТ (Рабочее тело) \rightarrow г/п
- ТД \rightarrow Тепловой двигатель
- $Q_x / T_x \rightarrow$ холодильника
- $Q_n / T_n \rightarrow$ нагревателя
- $Q_{\text{пот}} \rightarrow$ потери