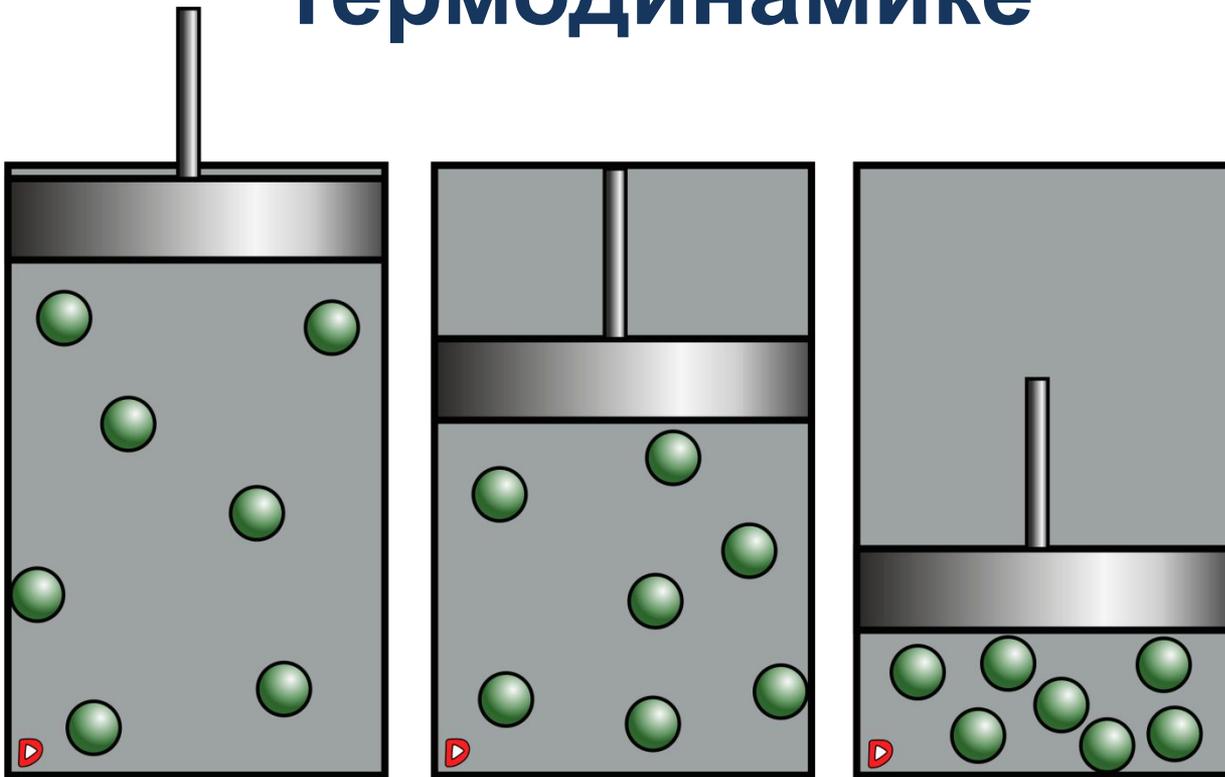


Внутренняя энергия и работа в термодинамике



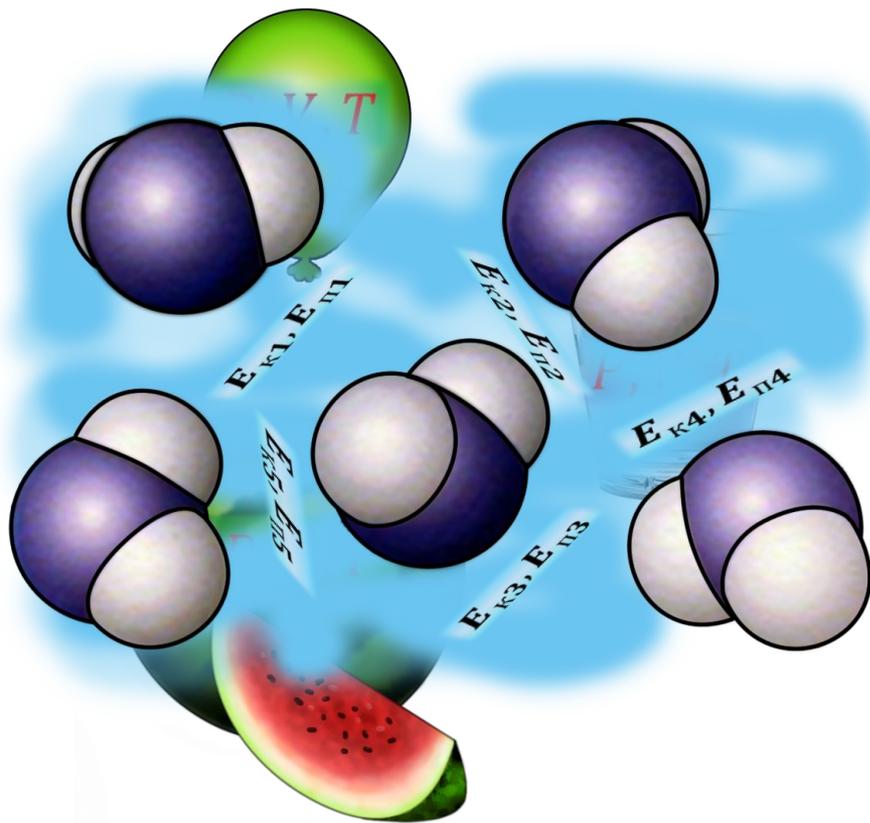
Термодинамика и внутренняя энергия

Термодинамика — это наука, изучающая тепловые явления без учёта молекулярного строения тел.

Внутренняя энергия тела — это суммарная потенциальная и кинетическая энергия всех частиц, входящих в тело.

$$U = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}$$

$$[U] = [\text{Дж}]$$



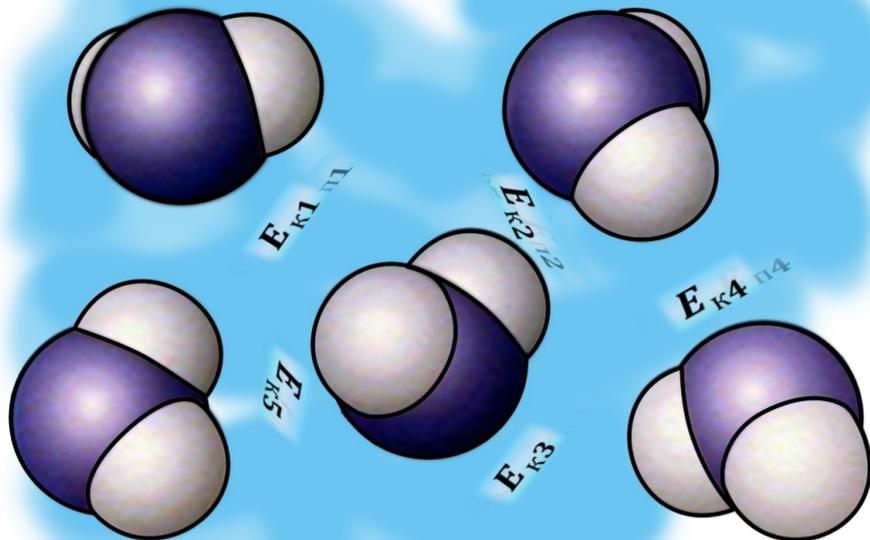
Внутренняя энергия идеального газа

Внутренняя энергия идеального газа равна суммарной кинетической энергии всех частиц, входящих в тело.

$$U = E_K \quad \overline{E_K} = \frac{3}{2}kT$$

$$U = N\overline{E_K} \quad N = \nu N_A$$

$$U = \frac{3}{2}\nu R_A kT$$



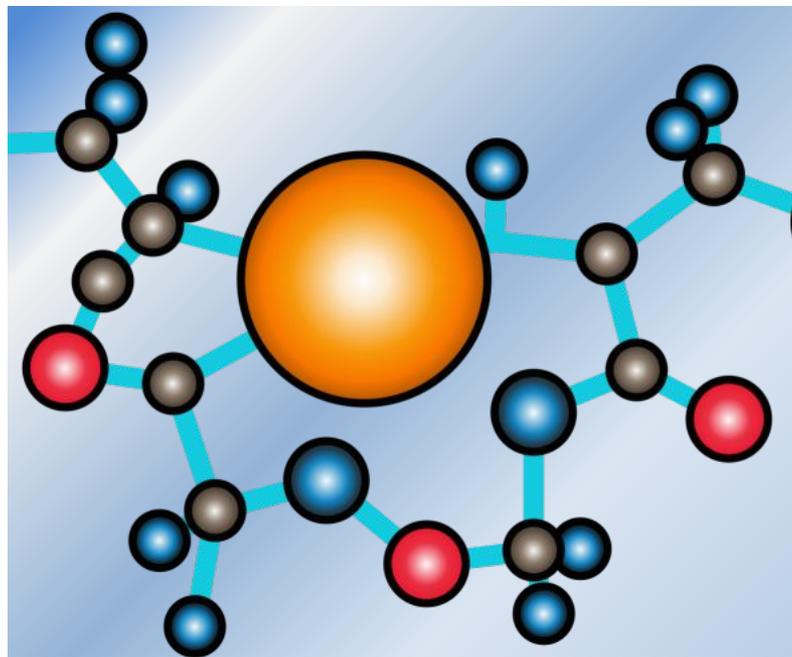
Степень свободы

Степень свободы — это число возможных независимых движений частиц.

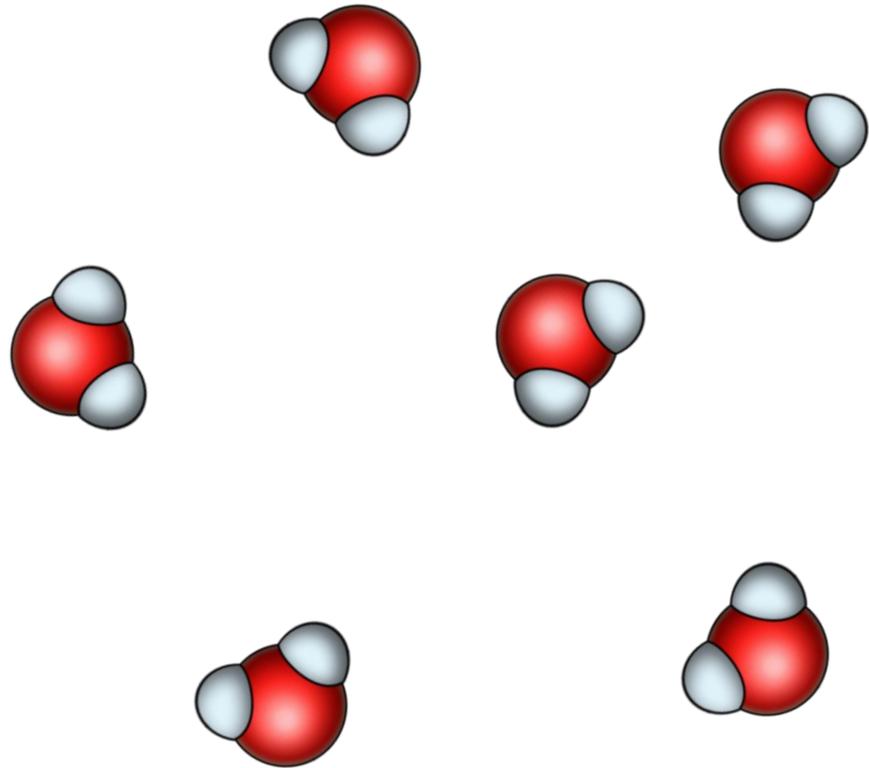
Внутренняя энергия многоатомного газа зависит от степени свободы:

$$U = \frac{i}{2} \nu RT$$

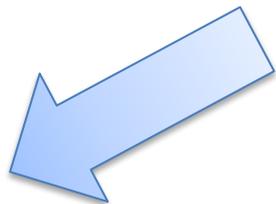
Где i — это степень свободы.



Внутренняя энергия реальных газов зависит от объёма, поскольку при сжатии расстояние между молекулами уменьшается, а, следовательно, увеличивается потенциальная энергия.



Способы изменения внутренней энергии газа



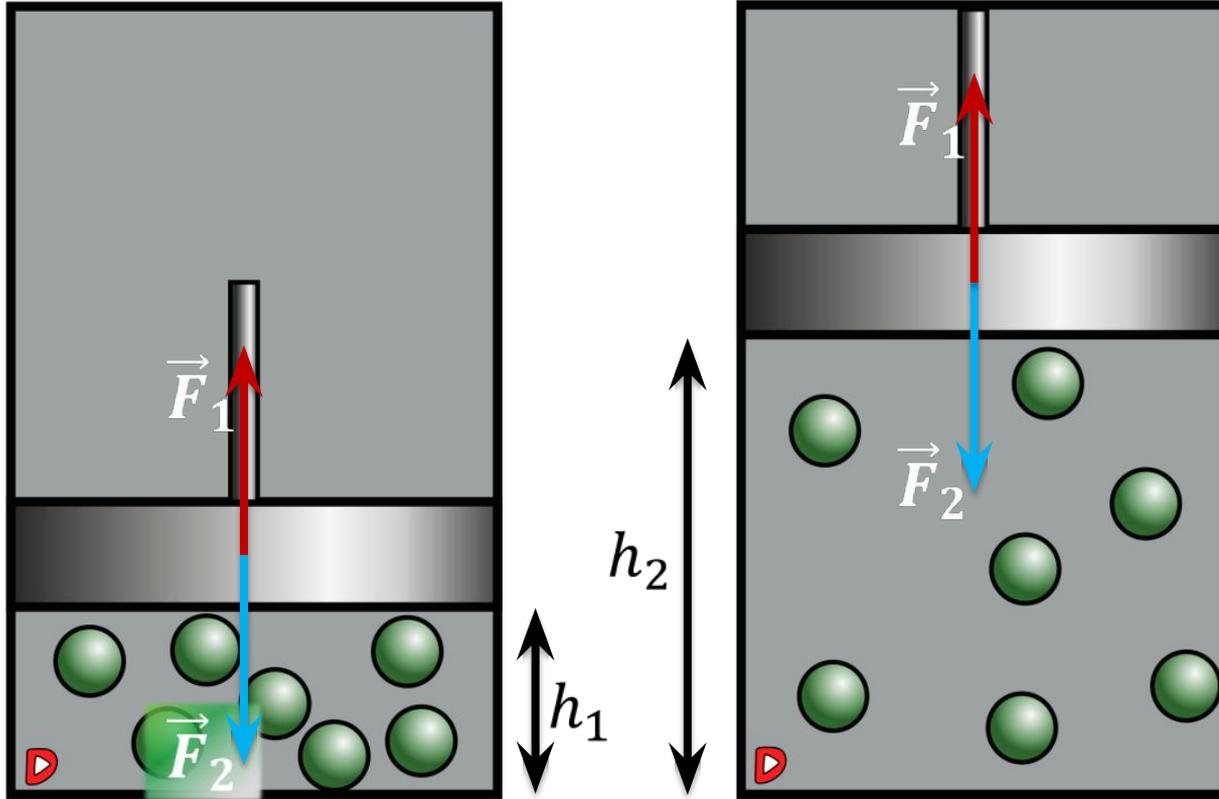
Работа



$$A = \Delta U$$



Теплопередача



$$F_1 = F_2$$

$$P = \text{const}$$

$$F_1 = PS$$

$$A = F \Delta r \cos \alpha$$

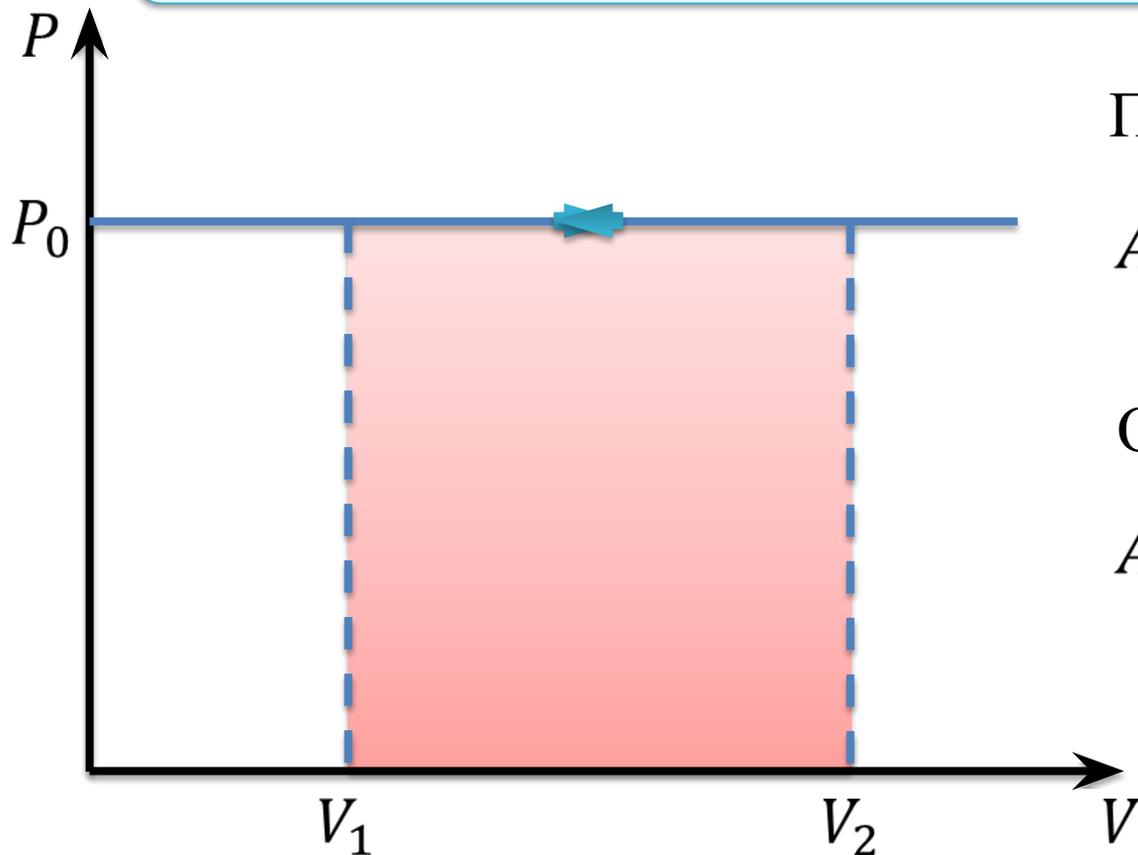
$$A = F_1 \Delta h$$

$$A = PS(h_2 - h_1)$$

$$A = P(V_2 - V_1)$$

$$A = P\Delta V$$

Работа при изобарном процессе



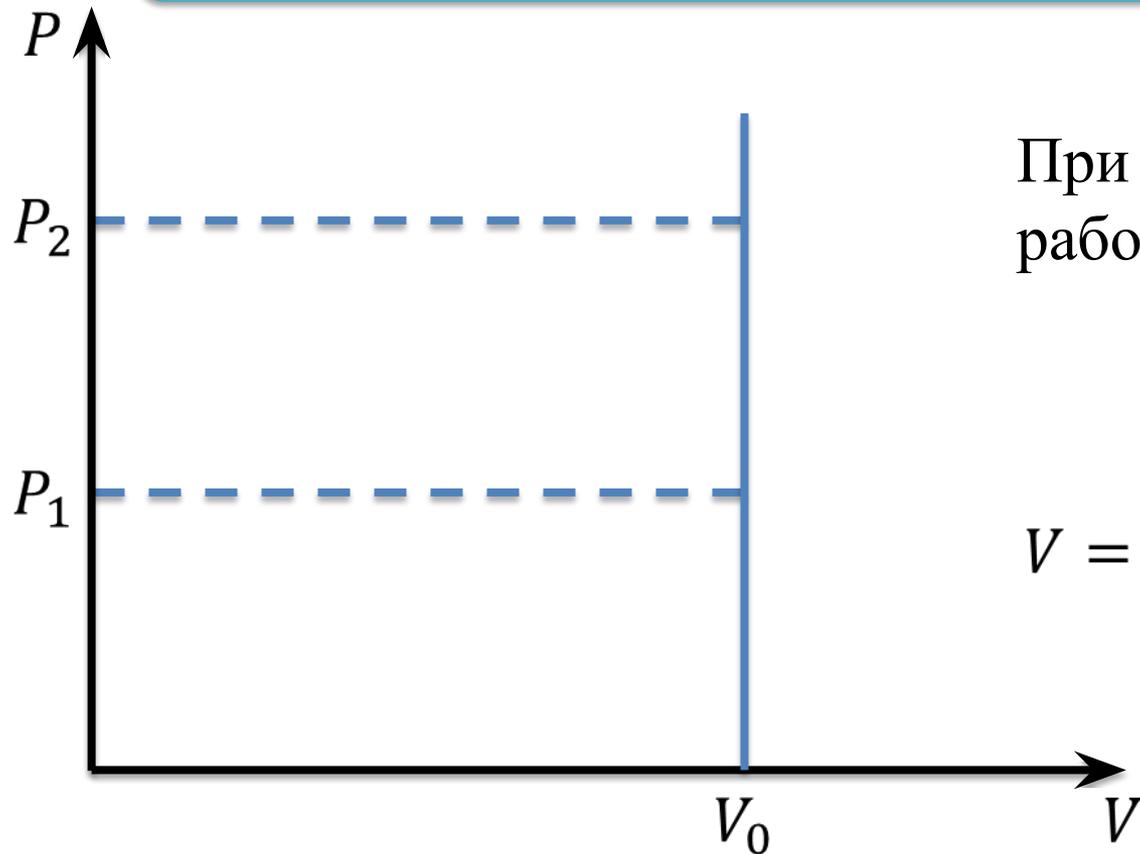
Положительная работа:

$$A = P_0(V_2 - V_1), \Delta V > 0$$

Отрицательная работа:

$$A = P_0(V_1 - V_2), \Delta V < 0$$

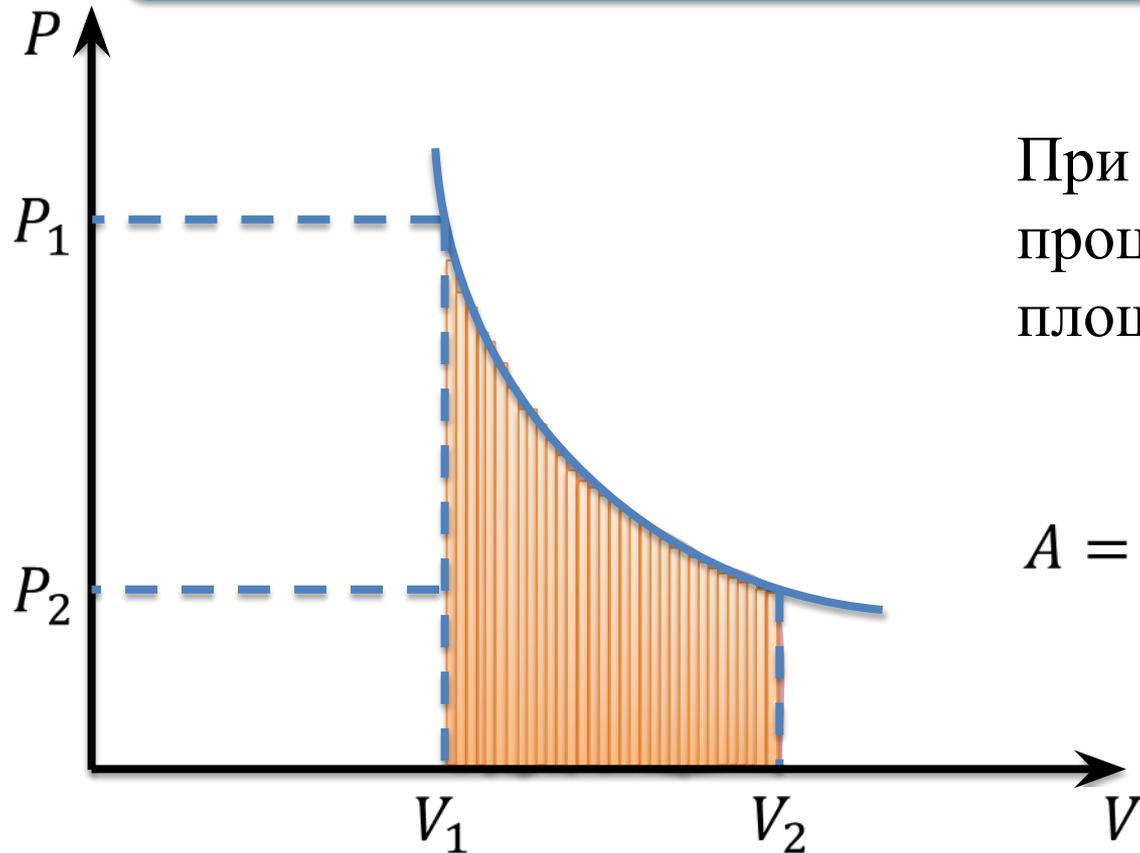
Работа при изохорном процессе



При изохорном процессе
работа газа равна нулю!

$$V = const \Rightarrow A = 0$$

Работа при изотермическом процессе



При изотермическом процессе работа газа равна площади под графиком.

$$A = \int_{V_1}^{V_2} P(V) dV$$

Расширяясь при постоянном давлении, газ совершил работу, равную **10 кДж**. Если начальный объём газа равен **5 л**, а конечный объём — **10 л**, определите, при каком давлении происходил данный процесс. Также изобразите процесс графически.

Дано:

СИ

$$P = const$$

$$A = 10 \text{ кДж}$$

$$V_1 = 5 \text{ л}$$

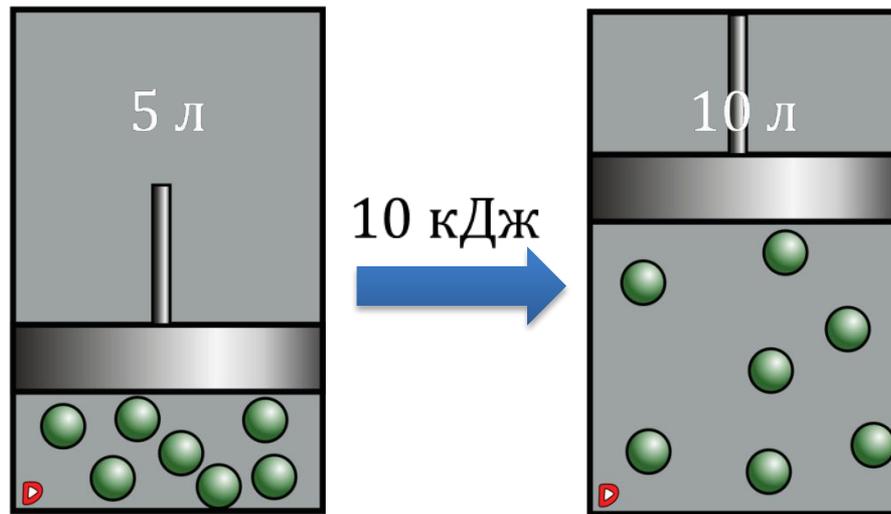
$$V_2 = 10 \text{ л}$$

$$P = ?$$

$$10^4 \text{ Дж}$$

$$5 \times 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$10^{-2} \text{ м}^3$$



Расширяясь при постоянном давлении, газ совершил работу, равную 10 кДж. Если начальный объём газа равен 5 л, а конечный объём — 10 л, определите, при каком давлении происходил данный процесс. Также изобразите процесс графически.

Дано:

$$P = const$$

$$A = 10^4 \text{ Дж}$$

$$V_1 = 5 \times 10^{-3} \text{ м}^3$$

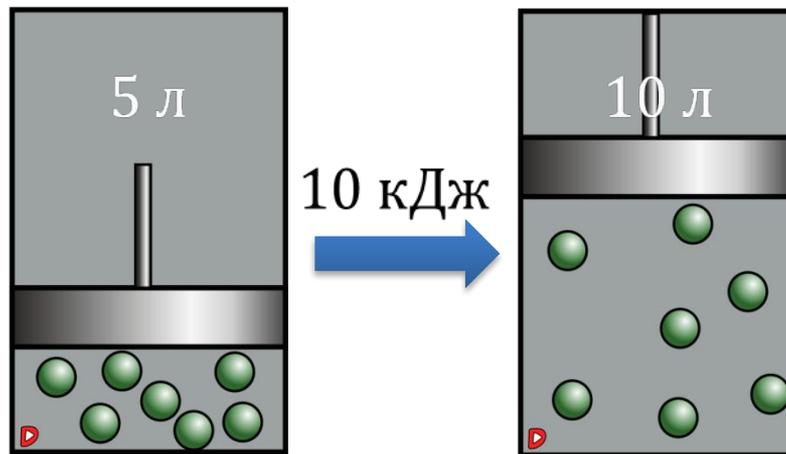
$$V_2 = 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$P = ?$$

$$A = P\Delta V$$

$$P = \frac{A}{\Delta V}$$

$$P = \frac{A}{V_2 - V_1} = \frac{10^4}{10^{-2} - 5 \times 10^{-3}} = 2 \text{ МПа}$$



Расширяясь при постоянном давлении, газ совершил работу, равную 10 кДж. Если начальный объём газа равен 5 л, а конечный объём — 10 л, определите, при каком давлении происходил данный процесс. Также изобразите процесс графически.

Дано:

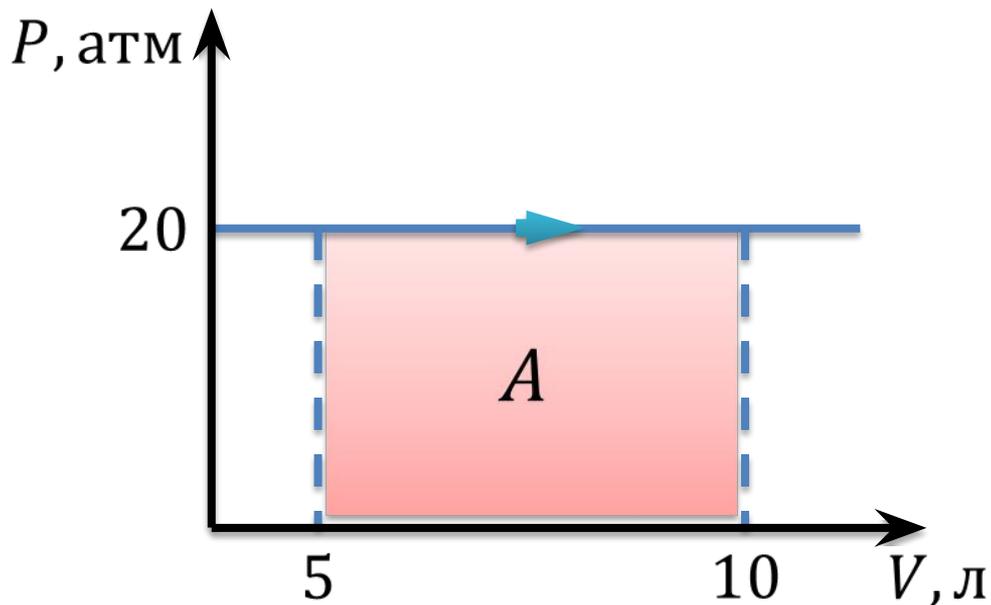
$$P = const$$

$$A = 10^4 \text{ Дж}$$

$$V_1 = 5 \times 10^{-3} \text{ м}^3$$

$$V_2 = 10^{-2} \text{ м}^3$$

$$P = ?$$



Гелий массой **15 г** нагревается от **300 К** до **400 К**. Найдите работу, совершенную при этом процессе, считая гелий одноатомным идеальным газом.

Дано:

$$m = 0,015 \text{ кг}$$

He

$$T_1 = 300 \text{ К}$$

$$T_2 = 400 \text{ К}$$

$A = ?$

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

$$A = \Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R \Delta T$$



$$M = 0,004 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$



$$A = \frac{3 \times 0,015}{2 \times 0,004} \times 8,31(400 - 300) = 4674 \text{ Дж}$$

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- **Внутренняя энергия тела** — это суммарная потенциальная и кинетическая энергия всех частиц, входящих в тело:

$$U = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}$$

- **Внутренняя энергия идеального одноатомного газа:**

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

Основные выводы

- **Степень свободы** — это число возможных независимых движений частиц.
- **Внутренняя энергия многоатомного газа:**

$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{M} RT,$$

где i — степень свободы.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- Работа в термодинамике равна изменению внутренней энергии:

$$A = \Delta U$$

- Работа газа при изобарном сжатии или расширении:

$$A = P\Delta V$$

Основные выводы

