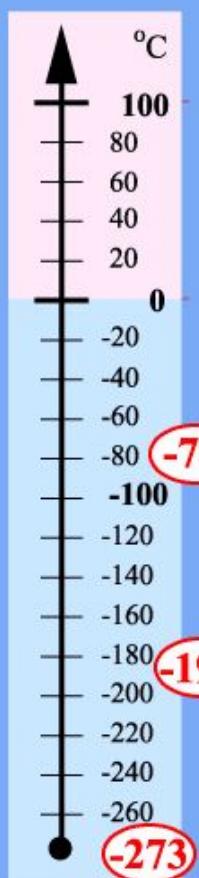




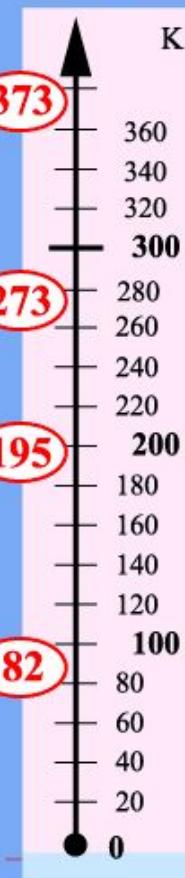
Шкала Цельсия

$$t = T - 273$$



Термодинамическая шкала

$$T = t + 273$$



кипение воды



плавление льда



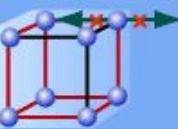
сухой лед (CO_2)



жидкий воздух



абсолютный ноль



Макроскопические параметры

Масса системы

Объем системы

Температура системы

Количество вещества в системе

Давление системы на внешние тела

Внутренняя энергия системы

Микроскопические параметры

Масса частицы

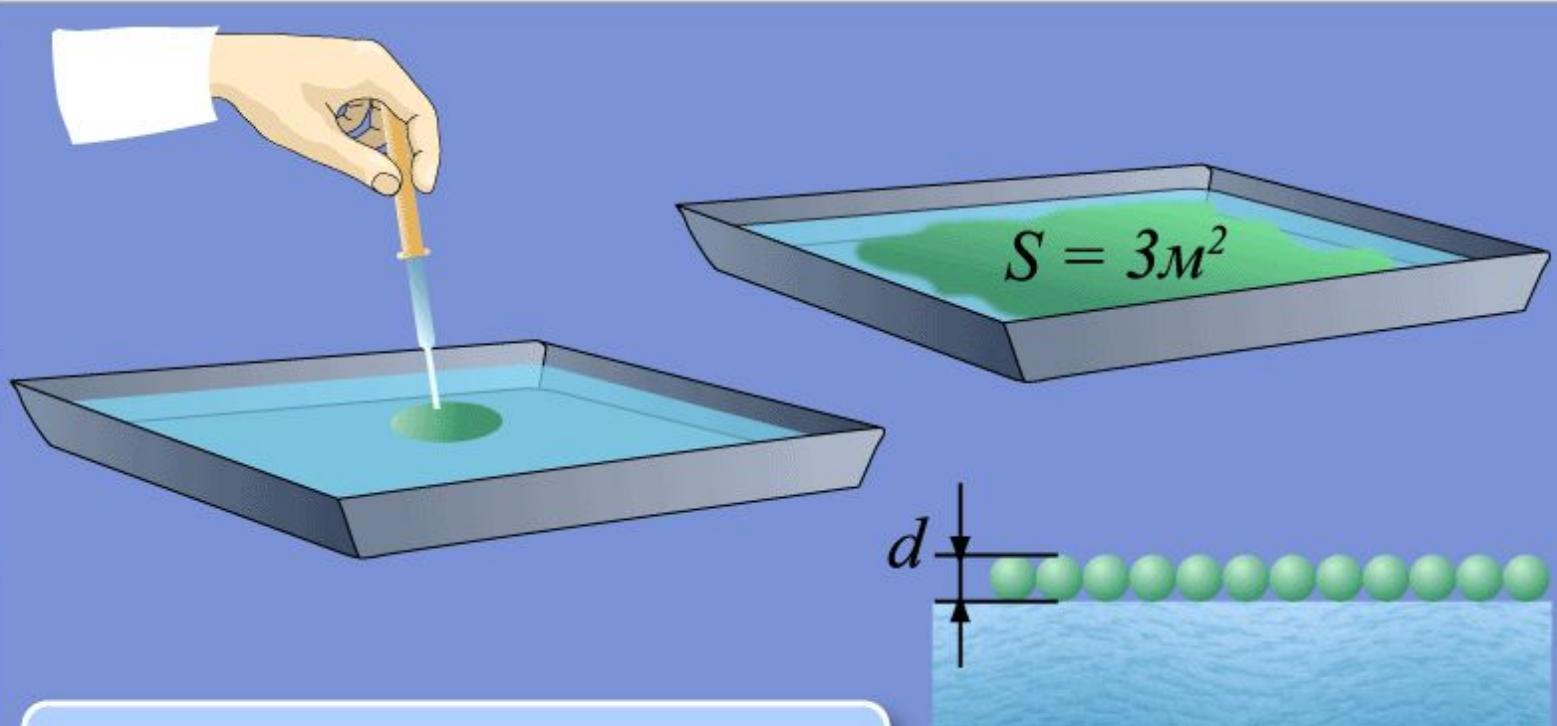
Объем частиц

Концентрация частиц

Количество частиц

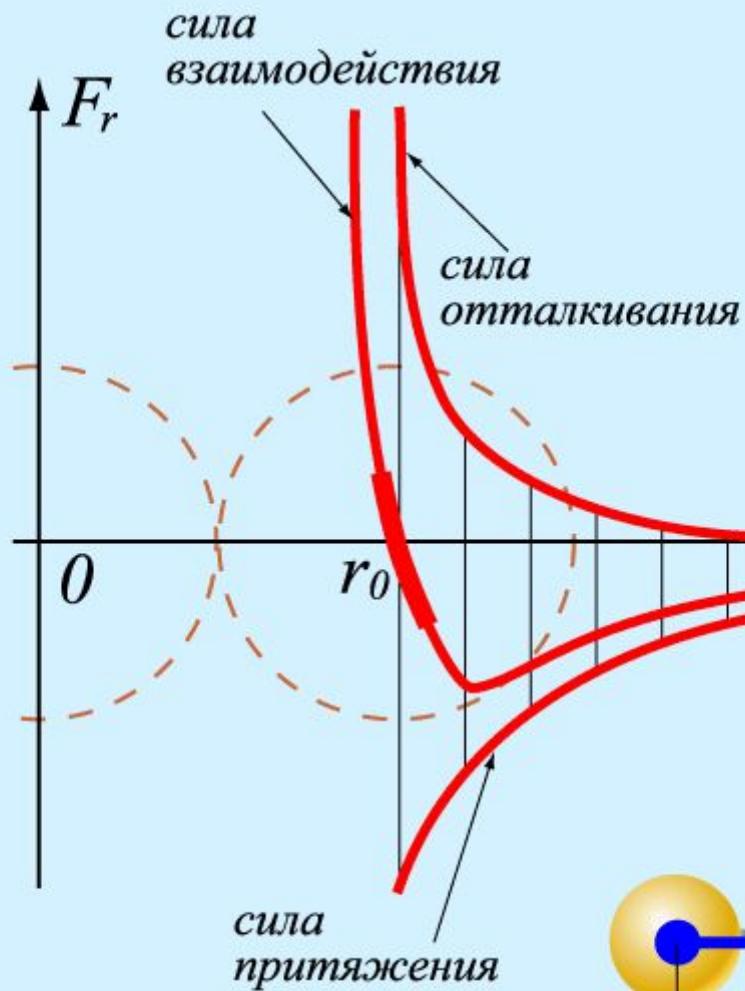
Скорость частиц

Энергия частицы

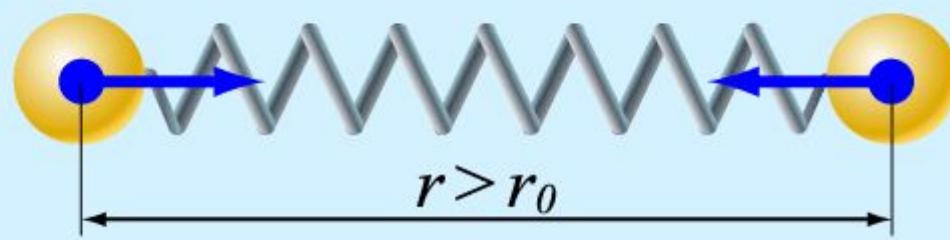
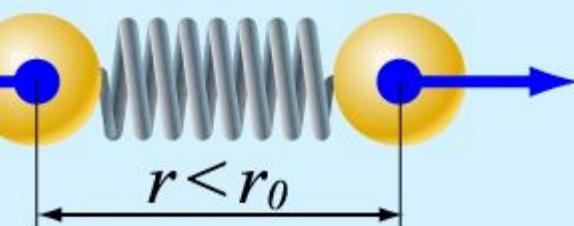
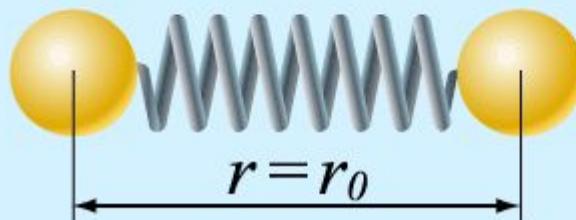


→ $V = 1MM^3 = 1 \cdot 10^{-9} M^3$

$$d = \frac{V}{S} = \frac{10^{-9} M^3}{3M^2} \approx 3 \cdot 10^{-10} M$$



Модель взаимодействия между частицами вещества



$$pV = \frac{m}{M}RT$$

p – давление идеального газа

V – объем идеального газа

m – масса газа

M – молярная масса газа

R – универсальная газовая постоянная

T – абсолютная температура
идеального газа

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v^2}$$

p – давление идеального газа

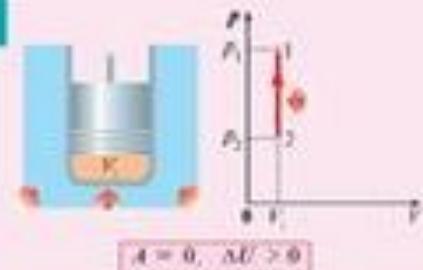
m_0 – масса частицы газа

n – концентрация частиц

$\bar{v^2}$ – средний квадрат скорости

ИЗОХОРНЫЙ ПРОЦЕСС

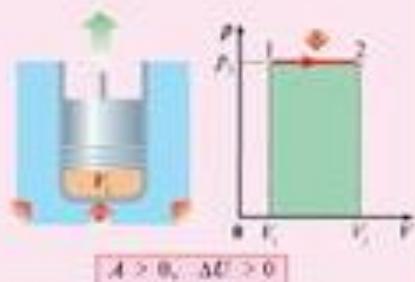
($V = \text{const}$, $m = \text{const}$)



$$Q = \Delta U$$

ИЗОБАРНЫЙ ПРОЦЕСС

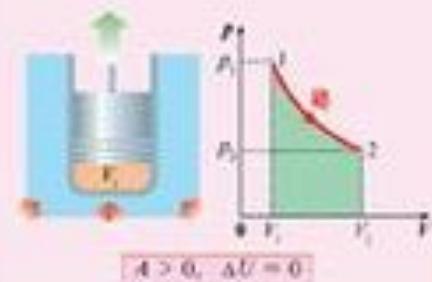
($p = \text{const}$, $m = \text{const}$)



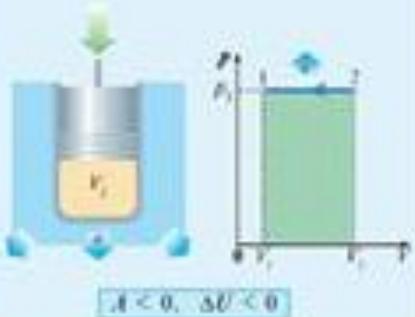
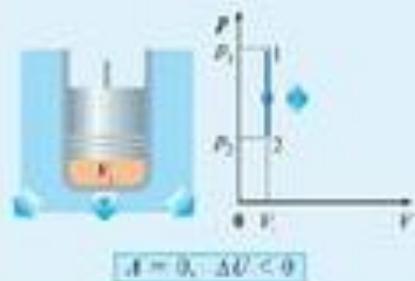
$$Q = \Delta U + A$$

ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

($T = \text{const}$, $m = \text{const}$)



$$Q = A$$



спокойно

Закон Шарля (изохорный процесс)

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3}$$

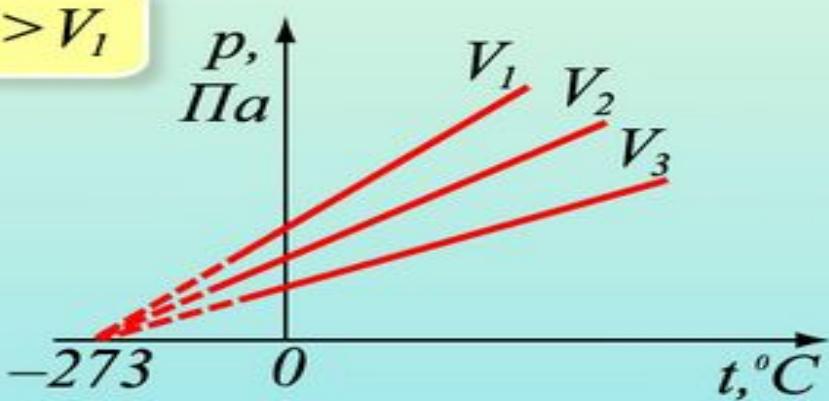
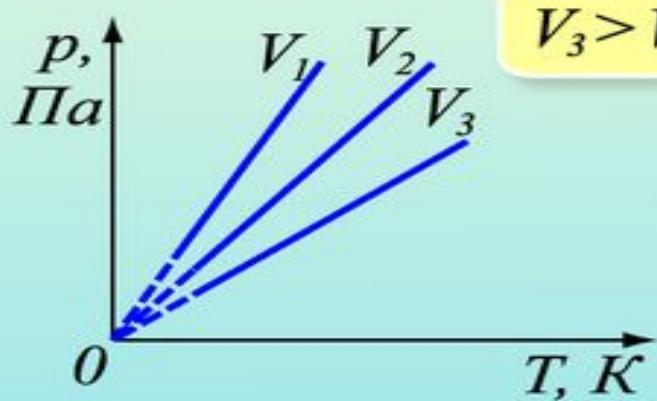
$m = const$

$$p = p_0(1 + \alpha t)$$

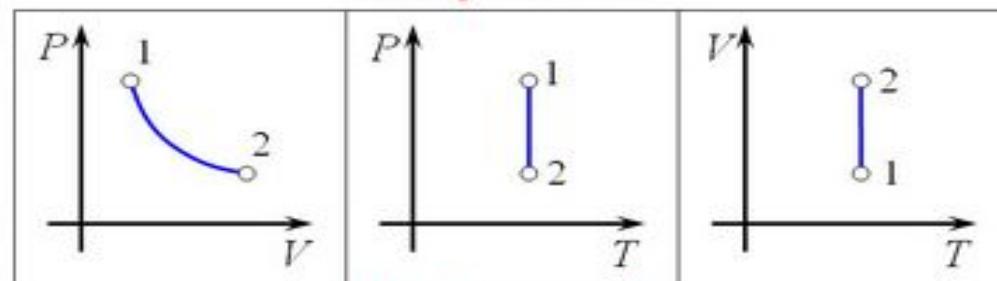
$\frac{p}{T} = const$ при $V = const$

$$\alpha \approx \frac{1}{273} K^{-1}$$

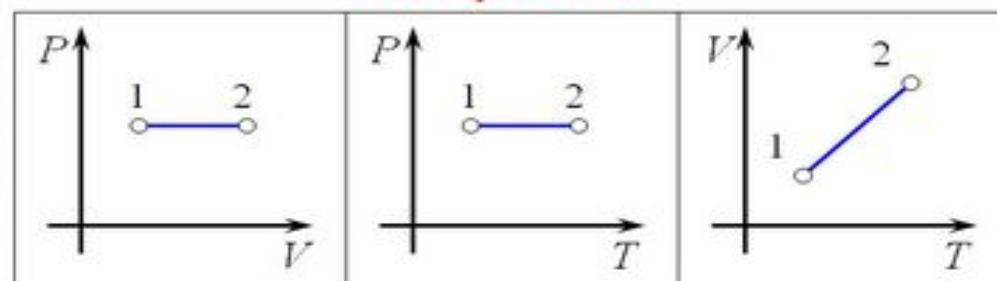
p_0 – давление газа $0^{\circ}C$



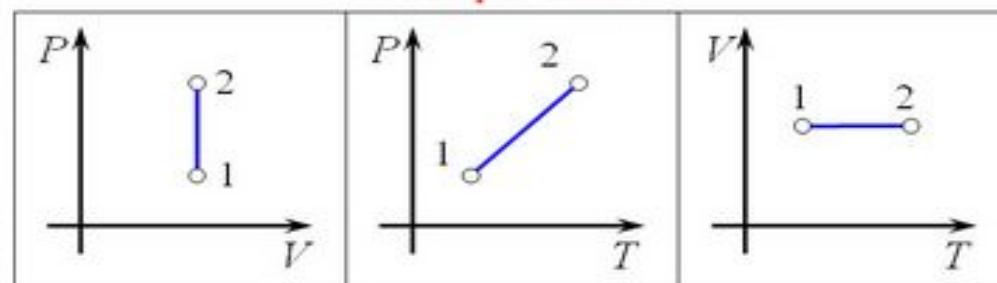
Изотермический

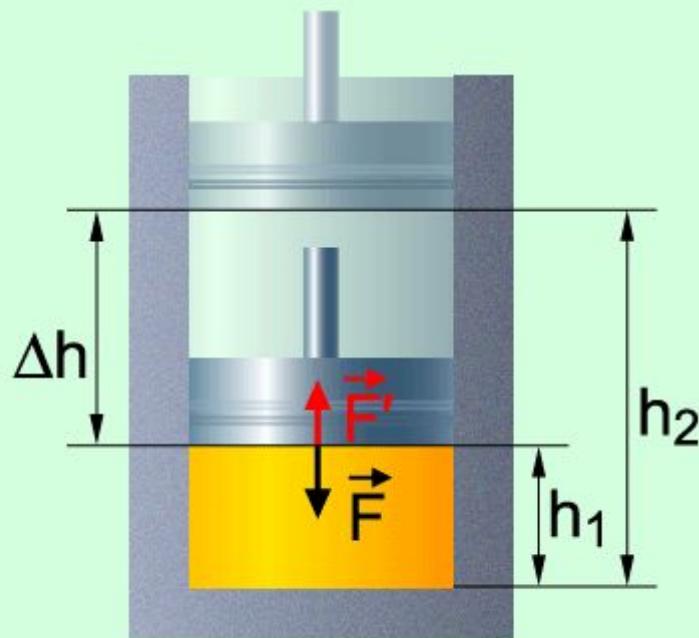


Изобарический



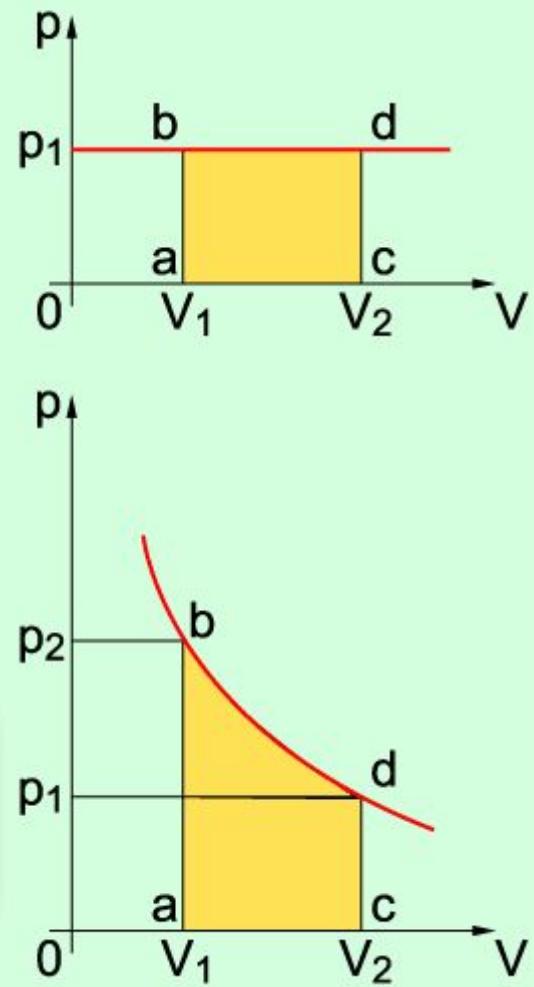
Изохорический





$$A' = F' \Delta h = pS(h_2 - h_1) = p(Sh_2 - Sh_1)$$

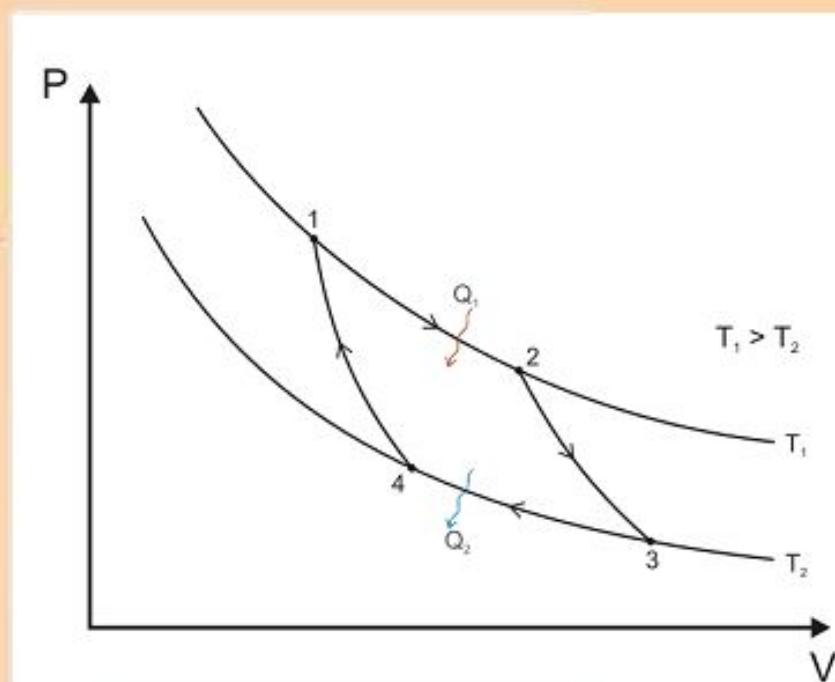
$$A' = p(V_2 - V_1) = p\Delta V$$



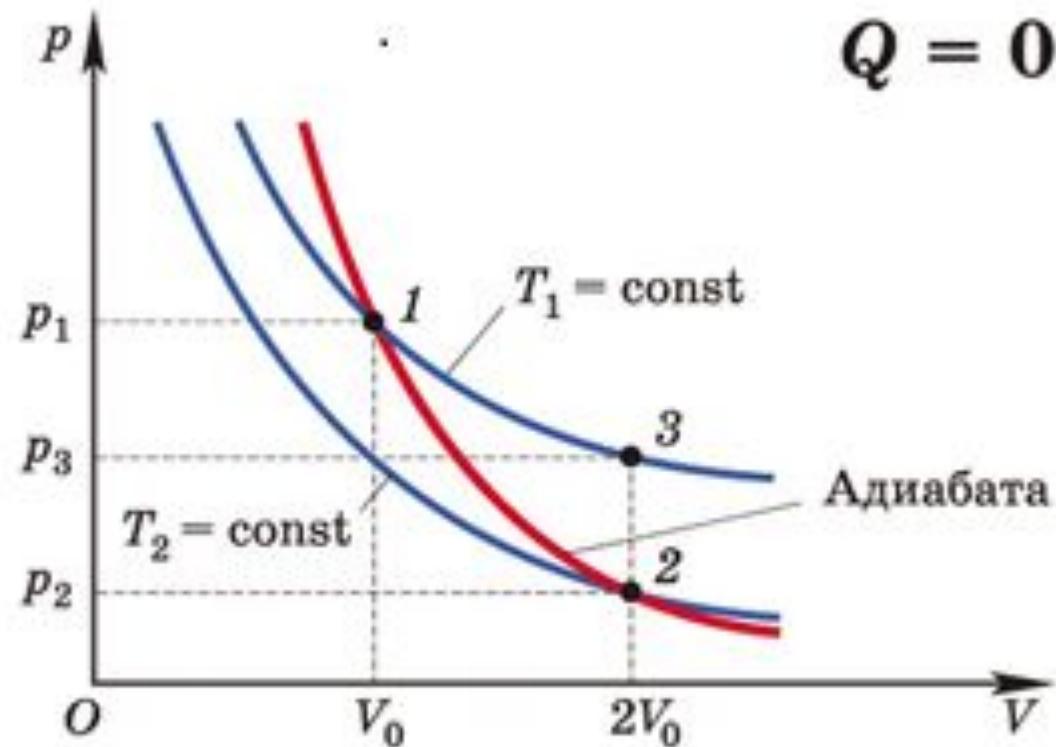
Адиабатный процесс

– это модель термодинамического процесса, происходящего в системе без теплообмена с окружающей средой.

Линия на термодинамической диаграмме состояний системы, изображающая равновесный (обратимый) адиабатический процесс, называется **адиабатой**.



$$Q = 0$$

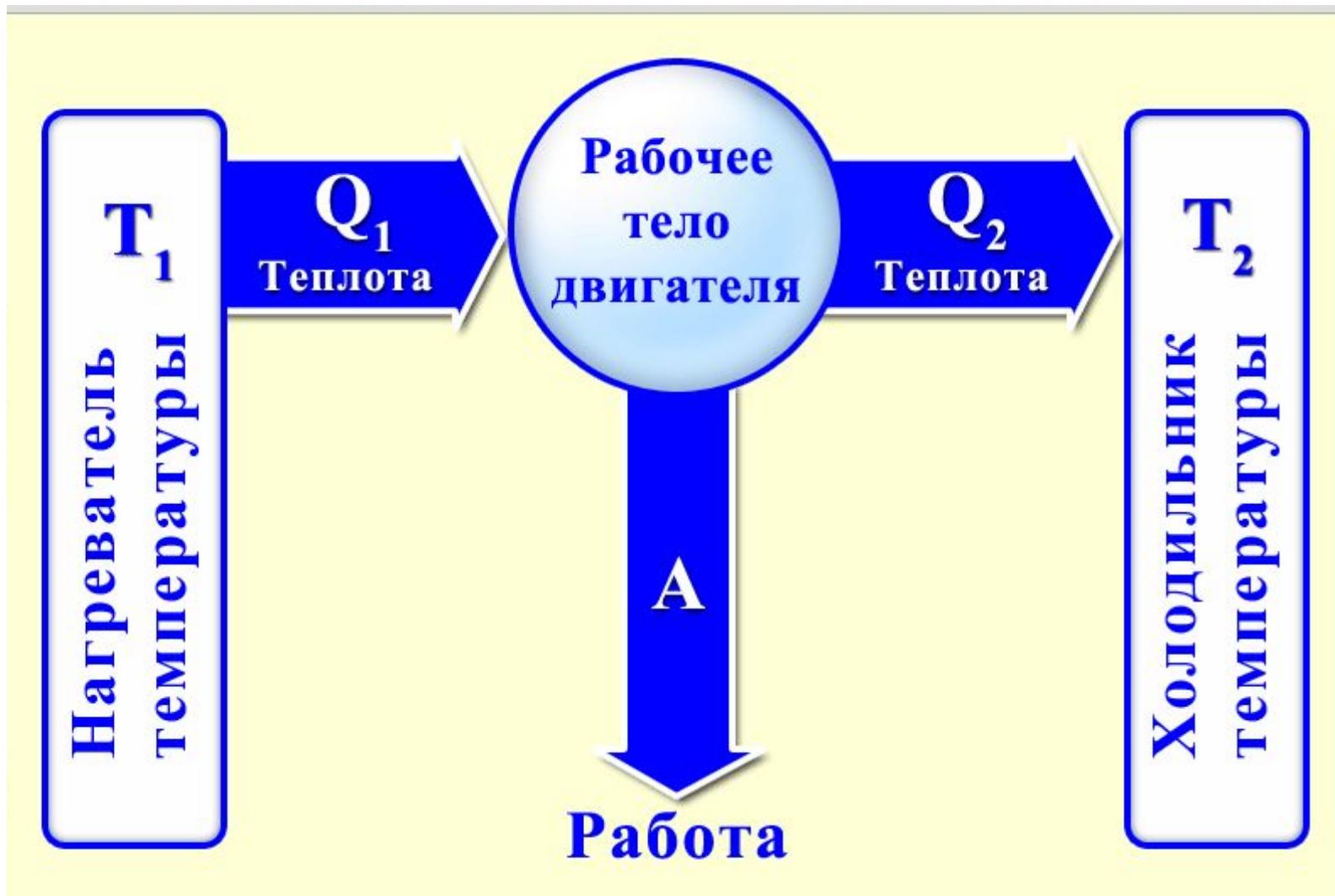


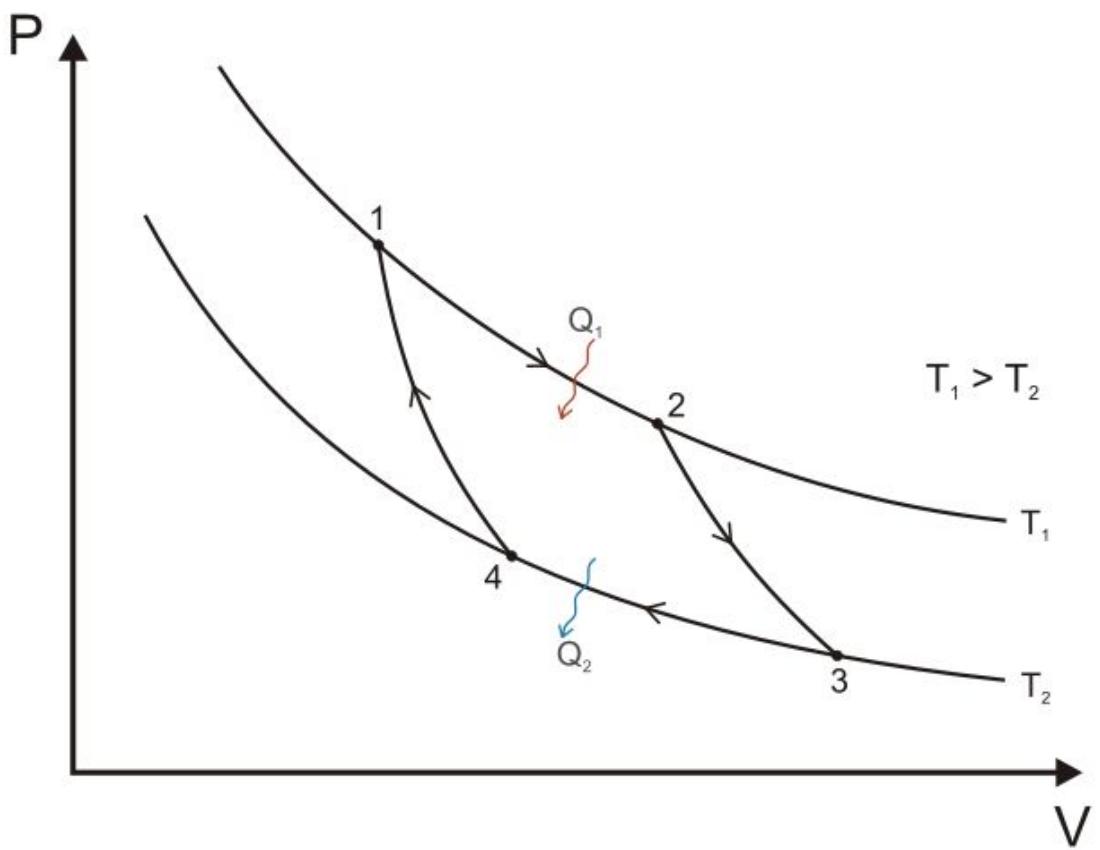
$$\Delta U = Q + A$$

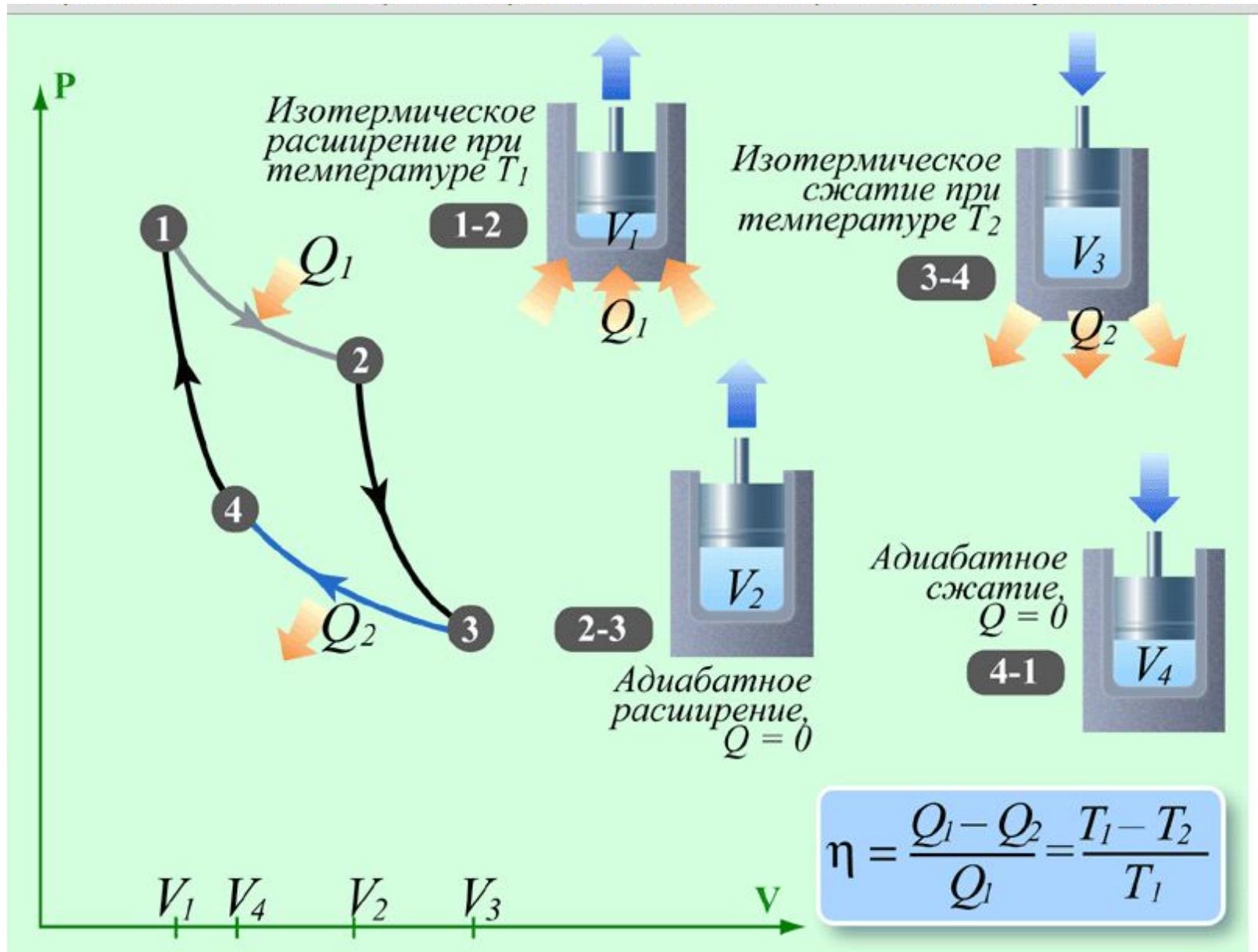
ΔU – изменение внутренней энергии тела, Дж

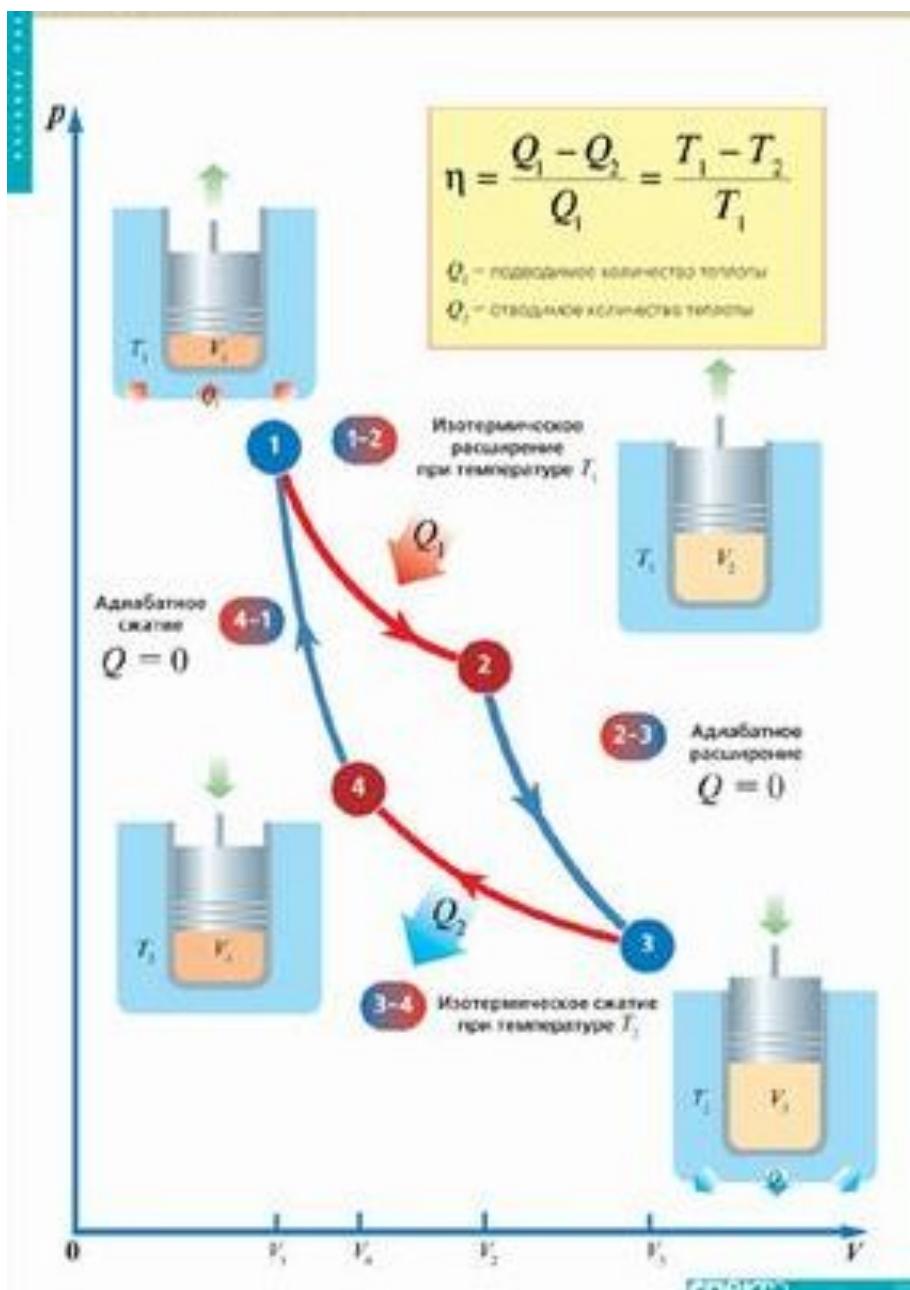
Q – полученное телом количество теплоты, Дж

A – совершенная над телом работа, Дж



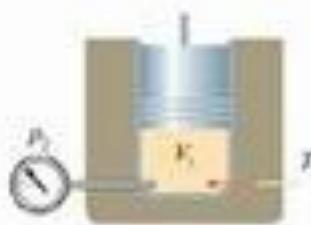






РАСШИРЕНИЕ ГАЗА

$$\Delta U = -\Delta U > 0$$



СЖАТИЕ ГАЗА

$$\Delta U = -\Delta U < 0$$

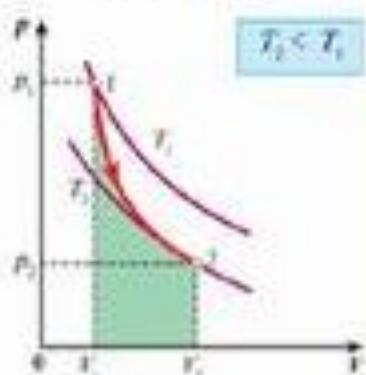


$$Q = 0$$

Охлаждение



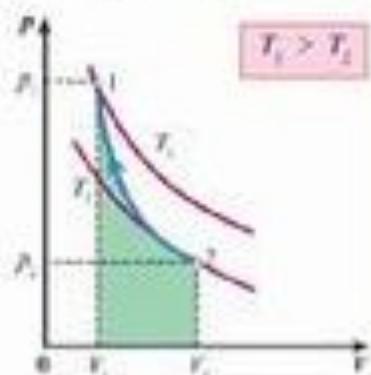
Адиабата

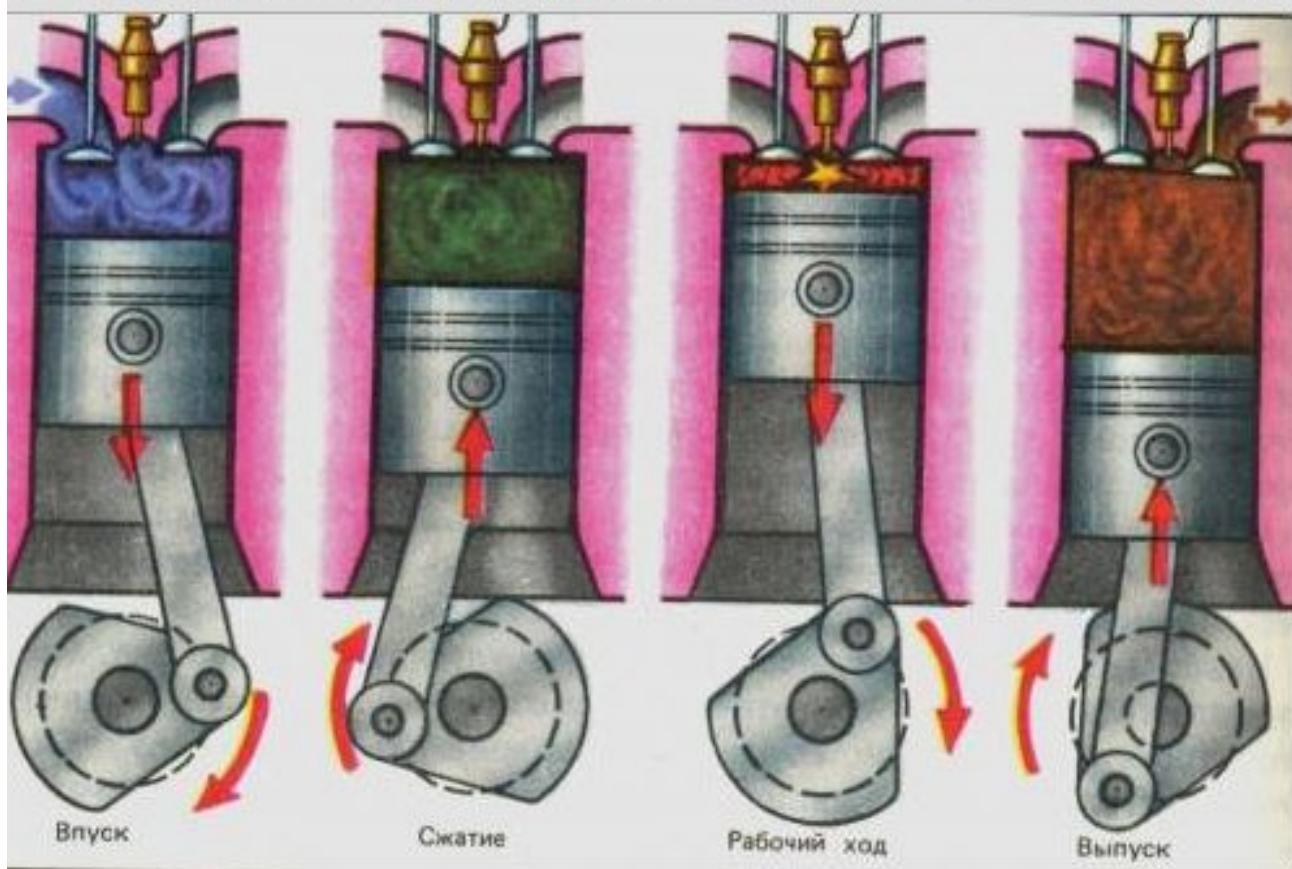


Нагревание



Адиабата





ОГНЕТУШИТЕЛЬ

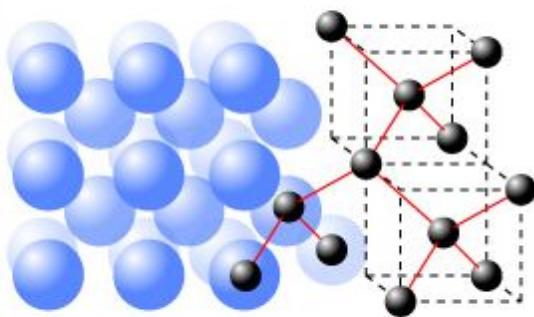


ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ



КРИСТАЛЛЫ

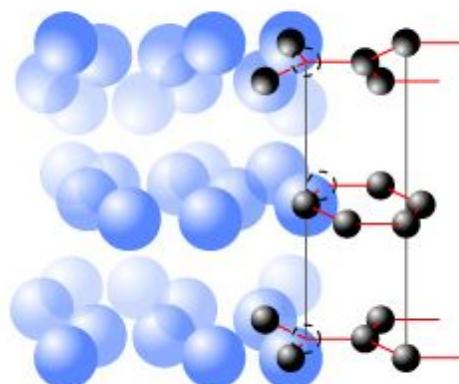
УПАКОВКА АТОМОВ
И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ
РЕШЕТКА АЛМАЗА



АЛМАЗ



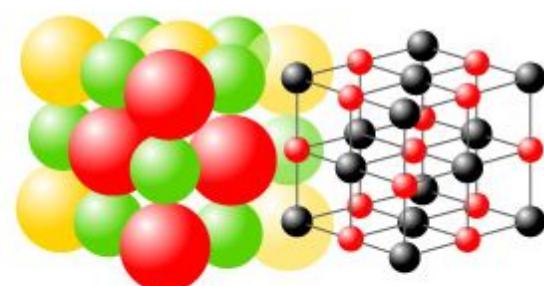
УПАКОВКА АТОМОВ
И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ
РЕШЕТКА ГРАФИТА



ГРАФИТ

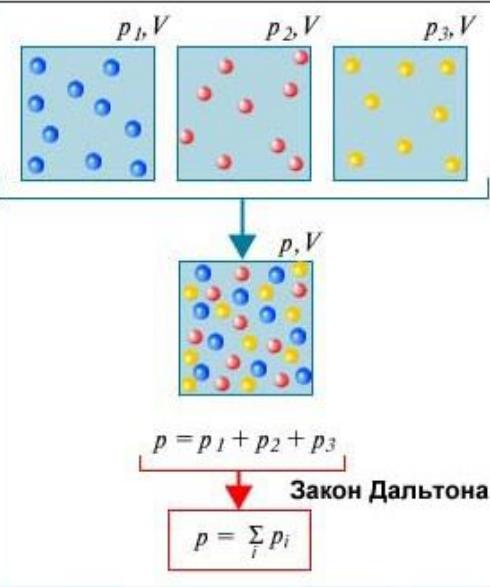
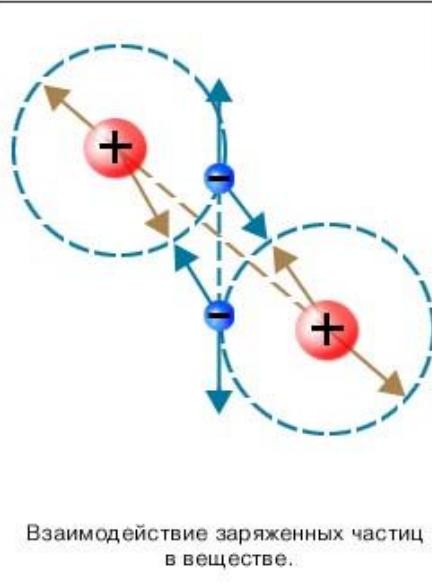


УПАКОВКА АТОМОВ
И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ
РЕШЕТКА
ПОВАРЕННОЙ СОЛИ



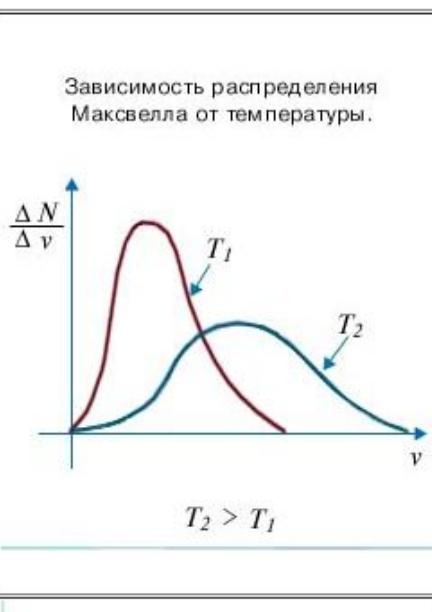
ПОВАРЕННАЯ СОЛЬ





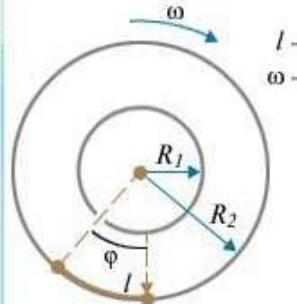
Скорости молекул некоторых газов при 0°C

газ	м/с
углекислый газ	360
кислород	425
азот	450
водяной пар	570
гелий	1200
водород	1700



$$1 \text{ а.е. м.} = \frac{m_c}{12}$$

$$m_H = 1,0079 \text{ а.е. м.}$$



$$t = \frac{R_2 - R_1}{v}$$

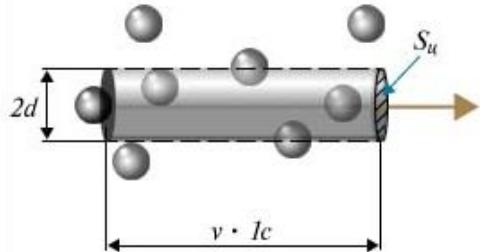
$$\phi = \omega \cdot t = \omega \cdot \frac{R_2 - R_1}{v}$$

$$l = \phi \cdot R_2 = \omega \cdot R_2 \cdot \frac{R_2 - R_1}{v}$$

$$v = \frac{\omega \cdot R_2 \cdot (R_2 - R_1)}{l}$$



Скорость молекул



$$V_u = S_u \cdot v \cdot l_c = \pi d^2 \cdot v \cdot l_c$$

$$z = V_u \cdot n$$

$$z = \pi d^2 \cdot v \cdot n$$

z – число соударений за 1с

V_u – объём цилиндра

S_u – площадь основания цилиндра

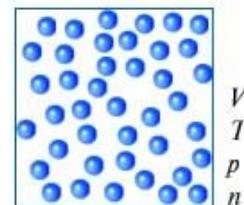
d – диаметр частицы

$$\lambda = \frac{v \cdot l_c}{z}$$

$$\lambda = \frac{v \cdot l_c}{\pi d^2 \cdot v \cdot l_c \cdot n}$$

$$\lambda = \frac{l}{\pi d^2 \cdot n}$$

λ – длина свободного пробега частицы



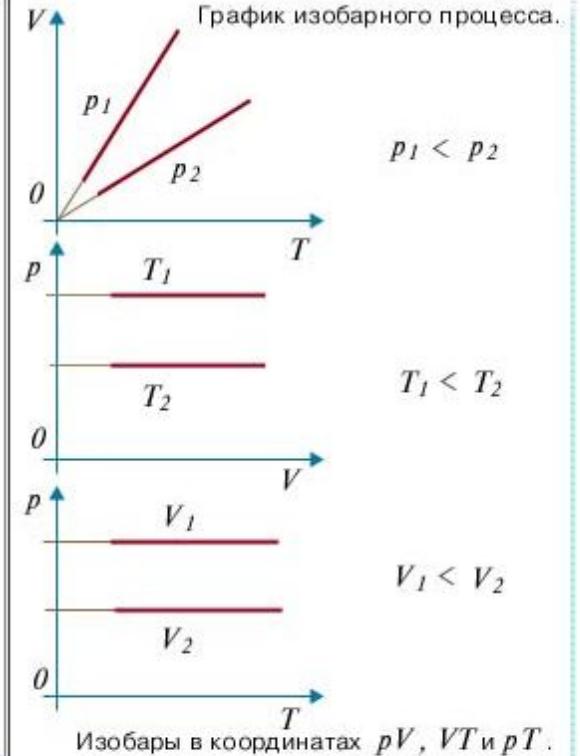
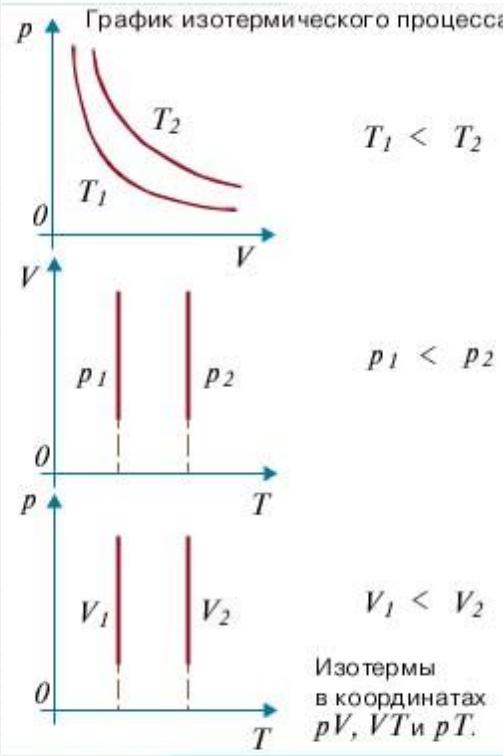
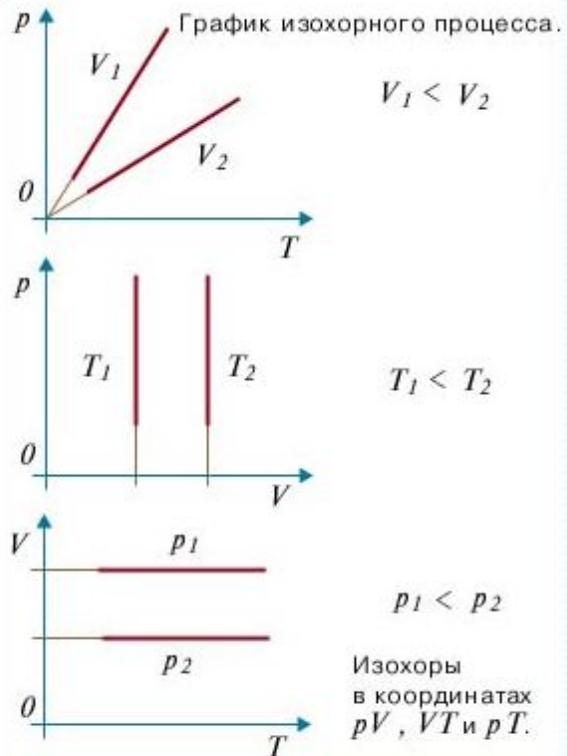
m – масса газа

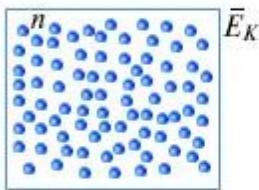
V – объём газа

T – температура газа

p – давление газа

n – концентрация

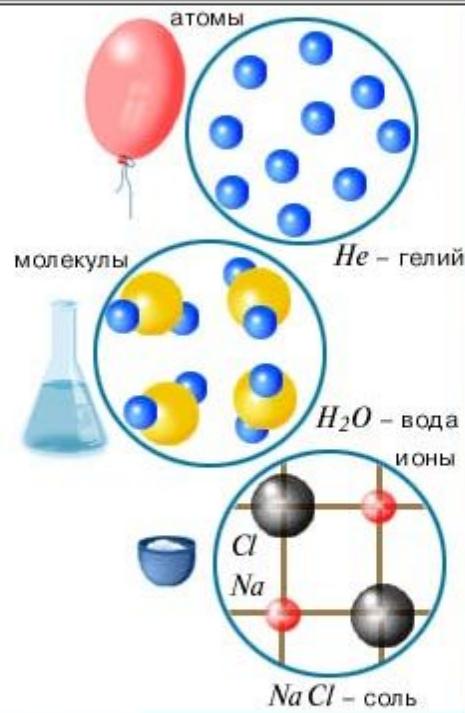




$$\bar{E}_K$$

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}_K$$

Основное уравнение МКТ
идеального газа



$$p = \frac{2}{3} n \bar{E}_K$$

$$p = \frac{2}{3} n \cdot \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$$

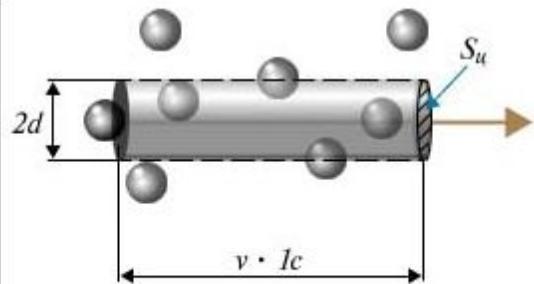
$$p = \frac{2}{3} \cdot \frac{N}{V} \cdot \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$$

$$p = \frac{2}{3} \cdot \frac{m}{m_0 V} \cdot \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$$

$$p = \frac{I}{3} \cdot \frac{m}{V} \cdot \bar{v}^2$$

$$p = \frac{I}{3} \rho \bar{v}^2$$

Скорость молекул



$$V_u = S_u \cdot v \cdot Ic = \pi d^2 \cdot v \cdot Ic$$

$$z = V_u \cdot n$$

$$z = \pi d^2 \cdot v \cdot n$$

z – число соударений за 1с

V_u – объём цилиндра

S_u – площадь основания цилиндра

d – диаметр частицы

n – концентрация

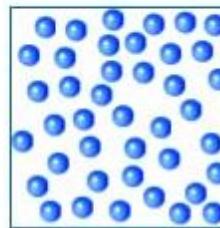
v – скорость частицы

$$\lambda = \frac{v \cdot Ic}{z}$$

$$\lambda = \frac{v \cdot Ic}{\pi d^2 \cdot v \cdot Ic \cdot n}$$

$$\lambda = \frac{I}{\pi d^2 \cdot n}$$

λ – длина свободного пробега частицы



m – масса газа

V – объём газа

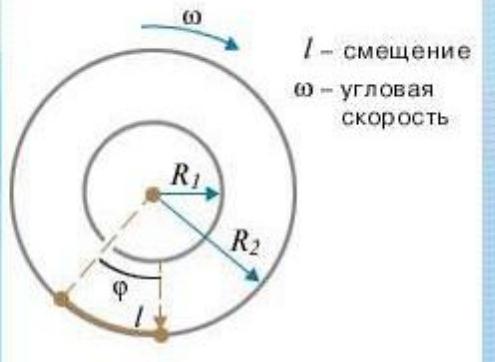
T – температура газа

p – давление газа

n – концентрация



Схема установки Штерна.



$$t = \frac{R_2 - R_1}{v}$$

$$\varphi = \omega \cdot t = \omega \cdot \frac{R_2 - R_1}{v}$$

$$l = \varphi \cdot R_2 = \omega \cdot R_2 \cdot \frac{R_2 - R_1}{v}$$

$$v = \frac{\omega \cdot R_2 \cdot (R_2 - R_1)}{l}$$

Скорость молекул

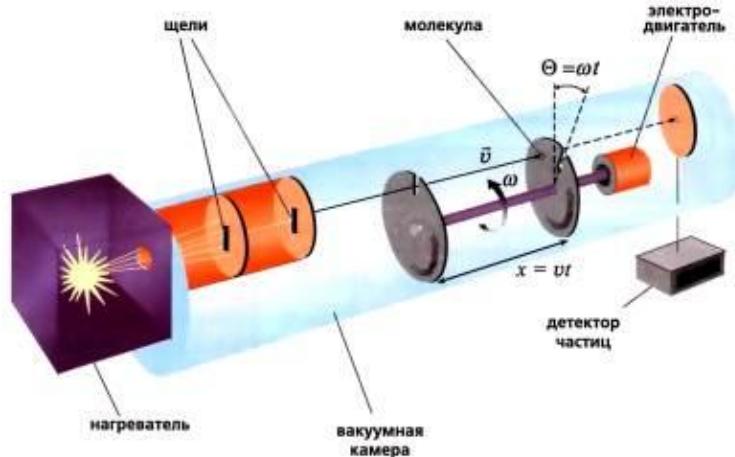


Здесь оседают частицы при вращении установки
l - смещение

МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

Распределение молекул идеального газа по скоростям. Опыт Штерна

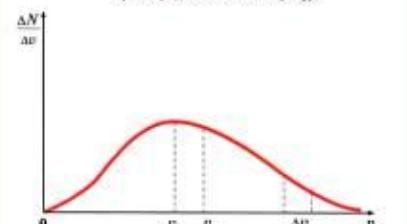
① ИЗМЕРЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ПО СКОРОСТЯМ



Результаты эксперимента

②

Распределение молекул по скоростям при определенной температуре

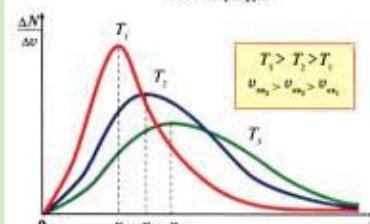


ΔN – число молекул со скоростью в интервале от v до $v + \Delta v$
 $v_{ср}$ – средняя скорость движения молекул
 v_m – наиболее вероятная скорость движения молекул

$$v = \omega \frac{x}{\theta}$$

③

Зависимость распределения молекул по скоростям от температуры



С увеличением температуры средняя и наиболее вероятная скорости молекул возрастают

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{3}{2} kT$$

Распределение молекул идеального газа по скоростям. Опыт Штерна

①

ИЗМЕРЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЦ ПО СКОРОСТЯМ

