

Лекция

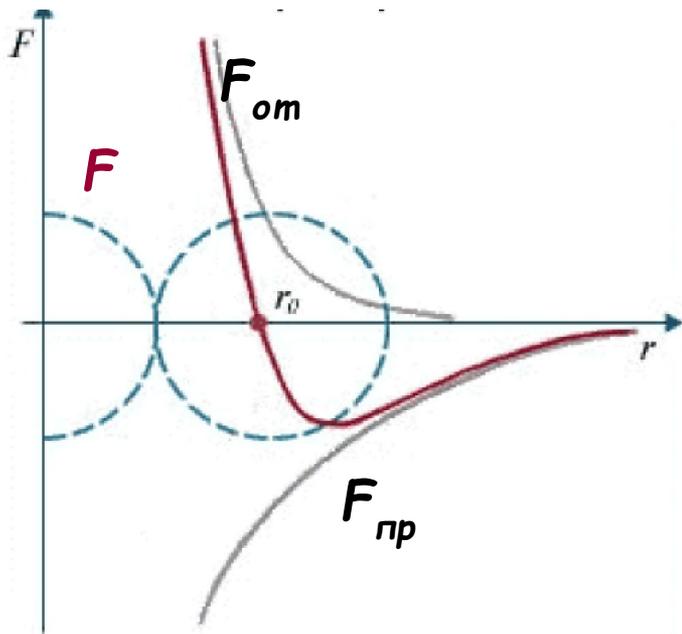
**Молекулярно-
кинетическая теория**

Макроскопические тела - тела состоящие из большого числа молекул

- 1. Статистический метод** - основан на том, что св-ва макроскопической сис-мы опр-ся **св-ми** частиц сис-мы и **усредненными значениями** хар-к этих частиц (скорость, энергия и пр.)
- 2. Термодинамический метод** - основан на том, что макроскопические тела могут обмениваться **энергией** как с друг другом так и с внешней средой (давление, объем, температура)

Молекулярно-кинетическая теория

1. Вещество состоит из мельчайших частиц (атомов или молекул)
2. Частицы в-ва находятся в непрерывном хаотическом движении, скорость которого определяет T тела
3. Между частицами существуют силы притяжения и отталкивания



Зависимость силы взаимодействия от расстояния

$r > r_0$ - силы притяжения

$r < r_0$ - силы отталкивания

$r = r_0$ силы = 0

Идеальный газ

1. Собственный объем молекул газа пренебрежимо мал по сравнению с объемом сосуда
2. Между молекулами газ отсутствуют силы взаимодействия
3. Столкновения молекул газа между собой и со стенками сосуда абсолютно упругие

Закон Авогадро
Закон Дальтона
Закон Бойля-Мариотта
Закон Гей-Люссака
Закон Шарля

Опытные
законы

Закон Авогадро - моли любых газов при одинаковых T и P занимают одинаковый объем

При нормальных условиях $V_m = 22,41 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$

Постоянная Авогадро - число молекул в одном моле в-ва $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$

Моль в-ва - кол-во в-ва, содержащее N_A структурных элементов (атомов)

Закон Дальтона - давление смеси ид. газов, равно сумме парциальных давлений входящих в нее газов

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

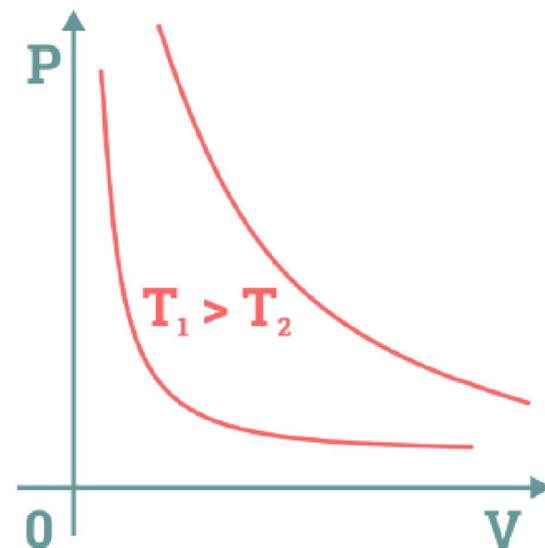
Парциальное давл-ние - давл-ние, которое производил бы газ, если бы один занимал весь объем смеси при той же температуре

Закон Бойля-Мариотта - для данной массы газа при $T = \text{const}$ произведение давления газа на его объем есть величина постоянная

Изотермический процесс - процесс при постоянной температуре

$$PV = \text{const}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

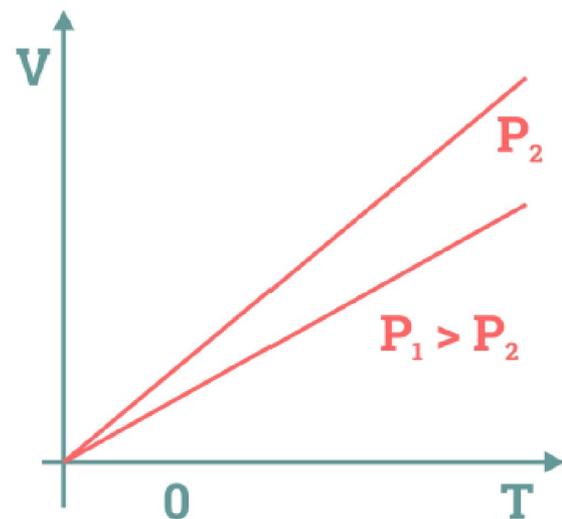


Закон Гей-Люссака - для данной массы газа при постоянном давлении объем изм-ся линейно с температурой

Изобарный процесс - при постоянном давлении

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

$$V = V_0 \alpha T$$

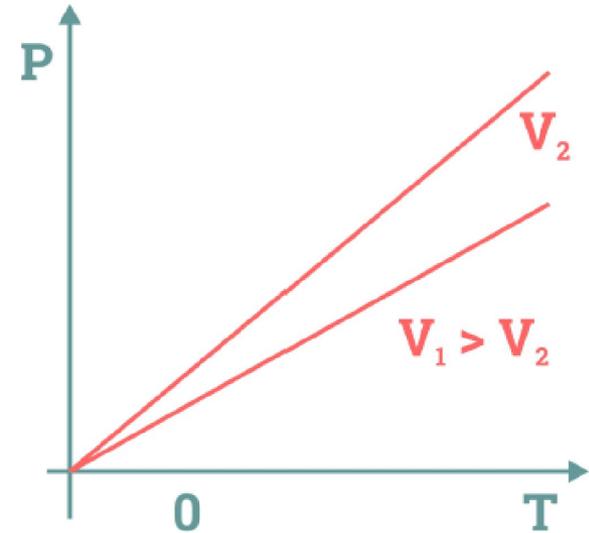


Закон Шарля - давление данной массы при постоянном давлении изм-ся линейно с T .

Процесс
изохорный - при
постоянном объеме

$$\frac{P}{T} = \text{const}$$

$$P = P_0 \alpha T$$



Из законов \implies

$$\boxed{\frac{PV}{T} = b}$$

$b = \text{const}, \sim \text{массе}$

Уравнение состояния идеального газа (уравнение Клайперона) связывает между собой термодинамические (макроскопические) параметры системы

$b = ???$

При нормальных условиях

Газовая постоянная

$$\frac{P_a V_{m0}}{T_n} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \cdot 22,4 \cdot 10^{-3}}{273,15} = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

Для произвольного объема V массой m

Из пропорции

$$\begin{array}{l} M - V_m \\ m - V \end{array} \Rightarrow V_m = \frac{MV}{m}$$

$$PV = \frac{m}{M} RT = \nu RT$$

ν - число молей
газа

Уравнение Менделеева-Клайперона

$$R = kN_A$$

$$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$$

Постоянная Больцмана

Концентрация - число молекул в единице объема

$$n = \frac{N}{V}$$

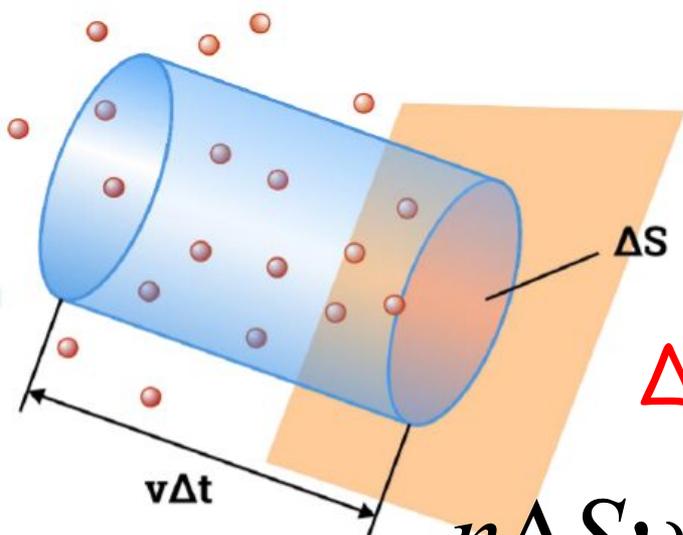


$$PV = nkT$$

Уравнение Менделеева-Клайперона

Давление идеального газа при данной t° прямо \sim
концентрации его молекул

При одинаковых P и t° все газы содержат в
единице объема одинаковое число молекул



$$\Delta p^{\uparrow} = m_0 v^{\uparrow} - (-m_0 v^{\uparrow}) = 2m_0 v^{\uparrow}$$

Импульс передаваемый 1 молекулой

$$n \Delta S v \Delta t$$

Число молекул в цилиндре

$$\Delta p = 2nm_0 \Delta S v^2 \Delta t$$

Импульс всех молекул

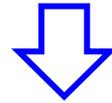
Равновероятное движение молекул по 6-ти направлениям X, Y, Z и -X, -Y, -Z

$$\langle \Delta p \rangle = \frac{1}{3} nm_0 \Delta S \Delta t \langle v^2 \rangle$$

$$\langle v^2 \rangle = \frac{1}{N} \sum v_i^2$$

$$F = \frac{\langle \Delta p \rangle}{\Delta t}$$

Сила давления на стенку сосуда



Делим на площадь

$$P = \frac{n}{3} m_0 \langle v^2 \rangle = \frac{2}{3} n \langle \varepsilon_{\text{пост}} \rangle$$

Основное
уравнение МКТ

$$\langle \varepsilon_{\text{пост}} \rangle = \frac{1}{2} m_0 \langle v^2 \rangle$$

Среднее зн-ние кинет.
энергии поступ. дв-ния
молекул

Давление идеального газа опр-ся средним зн-нием
кинет. энергии молекул

Температура явл-ся мерой средней энергии
молекул

$$\langle \varepsilon_{\text{пост}} \rangle = \frac{1}{2} m_0 \langle v^2 \rangle = \frac{2}{3} kT \quad R = kN_A$$

$$v_{\text{КВ}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

Для данного газа средняя
квад-ная скорость зависит
только от температуры

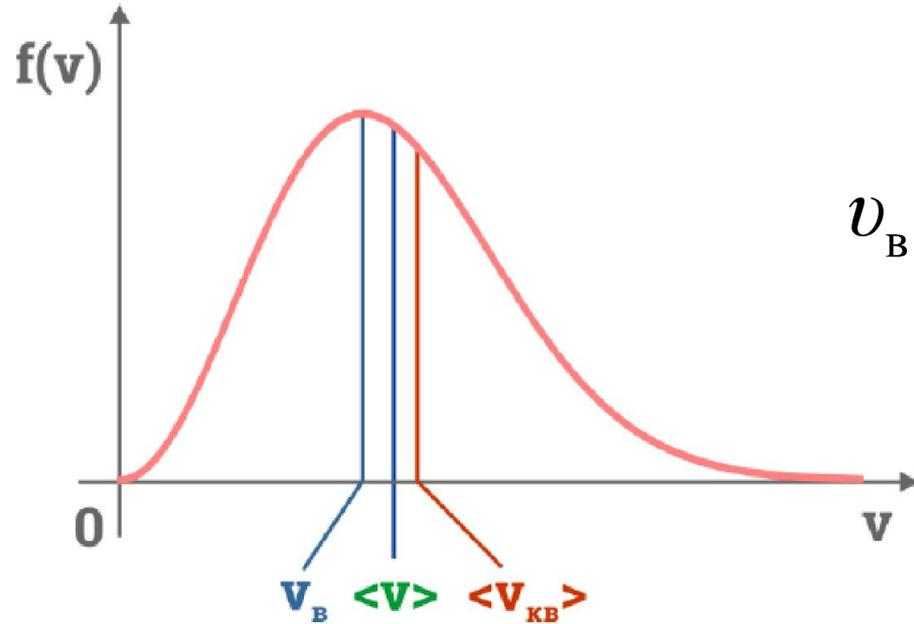
Статистическая хар-ка!!!!

$\Delta v \rightarrow$ В каждом интервале будет нах-ся ΔN
молекул с этой скоростью - распределение числа
молекул по скоростям

$$f(v) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \left(\frac{M}{2kT} \right)^{\frac{3}{2}} e^{-\frac{Mv^2}{2kT}} v^2$$

Функция распределения молекул по скоростям

Максвелла- опр. относительное число мол-л скорости которых лежат в интервале от u до $u+\Delta u$



$$v_B = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$$

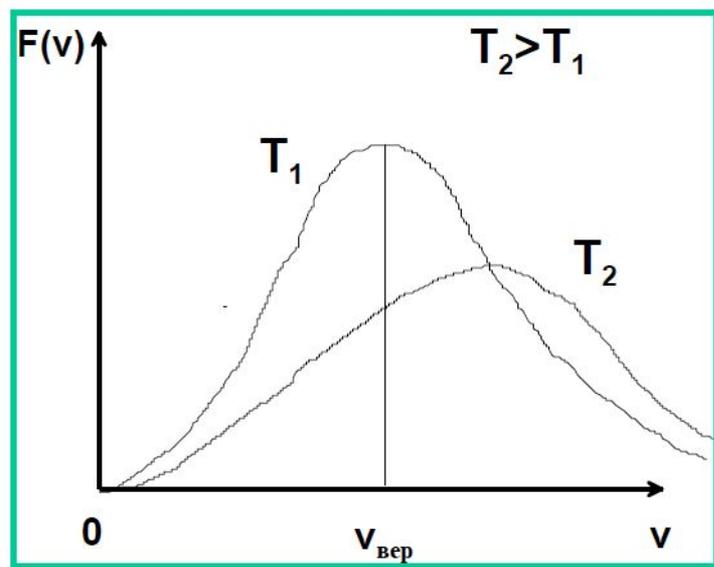
Наиболее вероятная скорость

$$v_{cp} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}} \approx \sqrt{\frac{2,25RT}{M}}$$

$$v_{KB} < v_{cp} < v_B$$

Средняя арифметическая скорость

При изменении тем-ры изм-ся и скорость всех молекул газа



Кол-во молекул не зависит от тем-ры

Площадь под кривой $f(u) = \text{const}$ и будет изменяться положение максимума кривой

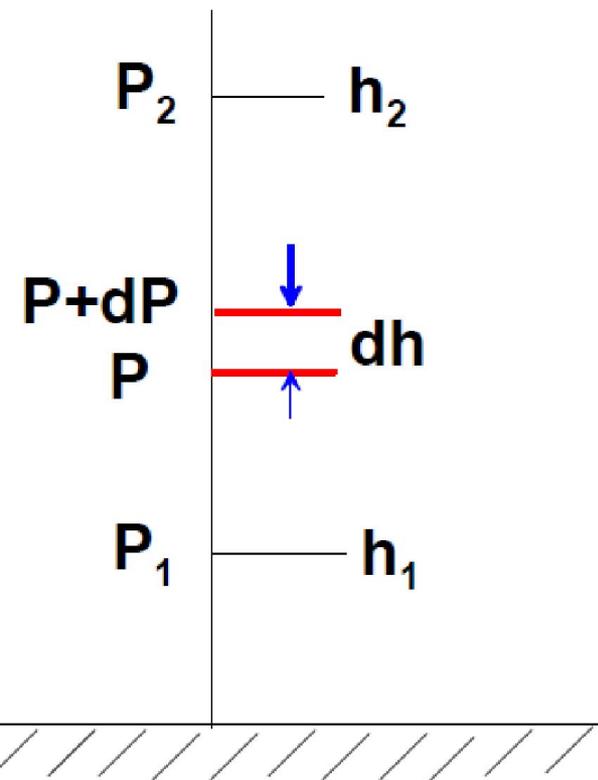
При \uparrow тем-ры мак-м \rightarrow , при \downarrow тем-ры мак-м \leftarrow

Положение мак-ма зависит от природы газа.

Больше молярная масса \leftarrow

При \downarrow тем-ры мак-м кривой растёт

При одинаковой тем-ре и разной массе одного газа - площадь под кривой больше, для большей массы



$$(P + dP) - P = -\rho g dh$$

$$P_2 = P_1 e^{-\frac{Mg(h_2 - h_1)}{RT}}$$

Обозначим $P_1 = P_0$ и $h_1 = h_0$,
где P_0 и h_0 давление и
высота на уровне моря

$$P = P_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}$$

барометрическая
формула

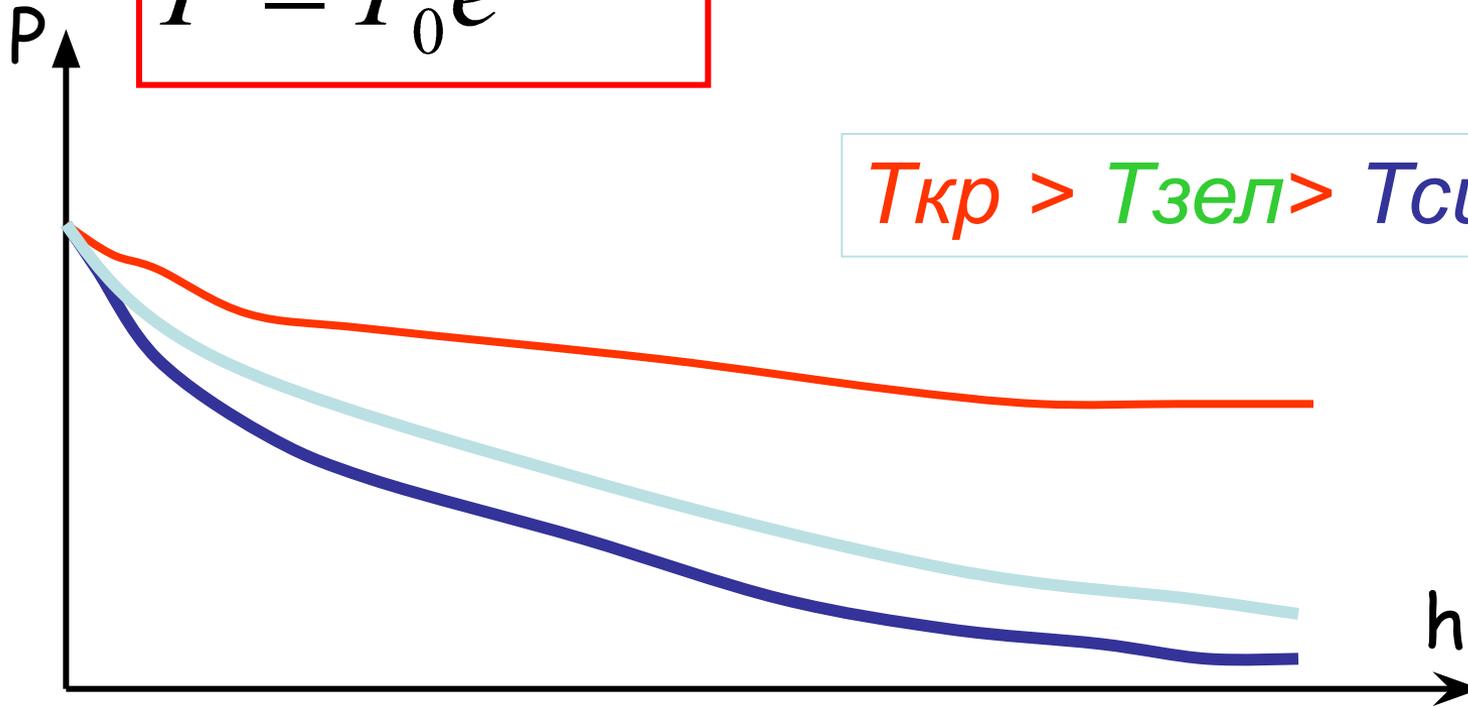
P убывает с высотой тем быстрее, чем тяжелее газ

Следствия из барометрической формулы

$$P = P_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}$$

$$T = \text{const}$$

$$T_{кр} > T_{зел} > T_{син}$$



P убывает с высотой тем быстрее, чем ниже температура

$$PV = nkT$$

Давление ~ концентрации
молекул

$$P = P_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}} \Rightarrow n(x) = n_0 e^{-\frac{Mgh}{RT}}$$

