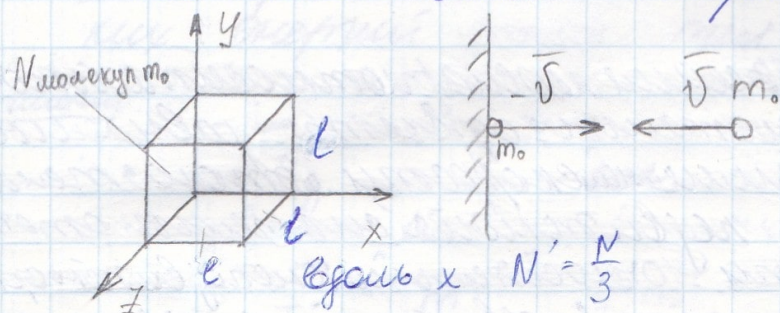


# Билет 3

1. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.



$$\Delta p_x = p_{2x} - p_{1x} = m_0 v - (-m_0 v) = 2m_0 v$$

$$\Delta p = 2m_0 v = f \Delta t$$

$$f \Delta t = \langle f \rangle \Delta t = \langle f \rangle \frac{2l}{v} = 2m_0 v$$

$$\Delta t = \frac{2l}{v}$$

$$\langle f \rangle = \frac{m_0 v^2}{l}$$

$$F = \sum_{i=1}^{N'} \langle f_i \rangle$$

$$F = \sum_{i=1}^{N'} \frac{m_0 v_i^2}{l} = \frac{m_0}{l} \sum_{i=1}^{N'} v_i^2 \cdot \frac{N'}{N'}$$

$$\langle v^2 \rangle = \frac{\sum_{i=1}^{N'} v_i^2}{N'} - \text{средний квадрат скорости}$$

$$F = \frac{m_0 N'}{l} \langle v^2 \rangle$$

$$F = \frac{1}{3} \frac{m_0 N}{l} \langle v^2 \rangle$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{1}{3} \frac{m_0 N}{l \cdot l^2} \langle v^2 \rangle = \frac{1}{3} \frac{m_0 N}{l^3} \langle v^2 \rangle$$

$$p = \frac{1}{3} m \cdot n \langle v^2 \rangle \quad \text{основное уравнение МКТ}$$

$$pV = 2RT$$

$$R = kN_A$$

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

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$$

$$pV = \frac{N}{N_A} k N_A T = NkT$$

$$p = \left( \frac{N}{V} \right) kT$$

$= n$  - концентрация

$$\Rightarrow p = nkT$$



## 2. Классический закон сложения скорости и ускорения материальной точки в случае поступательного движения системы отсчёта

Закон сложения  
скоростей

Вектор скорости материальной точки (тела) относительно неподвижной системы отсчёта  $\vec{v}_{абс}$  (абсолютная скорость) является суммой вектора скорости тела относительно подвижной системы отсчёта  $\vec{v}_r$  (относительной скорости) и вектора скорости подвижной системы отсчёта относительно неподвижной  $\vec{v}_e$  (переносной скорости):

$$\vec{v}_{абс} = \vec{v}_r + \vec{v}_e$$

Закон сложения  
ускорений

Вектор ускорения материальной точки (тела) относительно неподвижной с.о.  $\vec{a}_{абс}$  (абсолютное ускорение) является суммой вектора ускорения тела относительно подвижной системы отсчёта  $\vec{a}_r$  (относительное ускорение) и вектора ускорения подвижной системы отсчёта относительно неподвижной  $\vec{a}_e$  (переносное ускорение):

$$\vec{a}_{абс} = \vec{a}_r + \vec{a}_e$$



3. Цилиндр и шар, имеющие одинаковые массы и радиусы, катятся по горизонтальной поверхности без скольжения с одинаковой скоростью. Найти отношение кинетических энергий этих тел

Решение: Кинетическая энергия шара цилиндра складывается из кинетической энергии поступательного движения и кинетической энергии вращения:

$$T = \frac{m\vec{v}^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} \quad I - \text{момент инерции}$$

$$I_{ш} = \frac{2mR^2}{5}$$

$$I_{ц} = \frac{mR^2}{2}$$

$$\omega = \frac{v}{R}$$

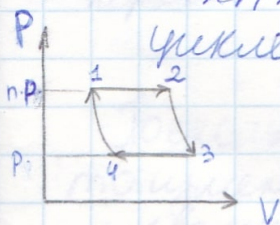
$$T_{ш} = \frac{m\vec{v}^2}{2} + \frac{2mR^2 v^2}{5 \cdot 2 R^2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{5} = \frac{7mv^2}{10}$$

$$T_{ц} = \frac{m\vec{v}^2}{2} + \frac{mR^2 v^2}{2 \cdot 2 R^2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv^2}{4} = \frac{3mv^2}{4}$$

$$\frac{T_{ш}}{T_{ц}} = \frac{\frac{7mv^2}{10}}{\frac{3mv^2}{4}} = \frac{7mv^2 \cdot 4}{10 \cdot 3mv^2} = \frac{14}{15}$$

Ответ:  $\frac{T_{ш}}{T_{ц}} = \frac{14}{15}$

4. Цикл, совершаемый идеальным газом с показателем адиабаты  $\gamma$ , состоит из двух изобар и двух адиабат. Определить КПД цикла, если давление изобар в цикле отличаются в  $n$  раз.



Решение:  $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$

$$Q_1 = C_p (T_2 - T_1)$$

$$Q_2 = C_p (T_3 - T_4)$$

$pV^\gamma = \text{const}$  - ур адиабат

$$p^{1-\gamma} (p^\gamma V^\gamma)_{T=\text{const}} = p^{1-\gamma} T^\gamma = \text{const}$$

$$T_1 p_1^{1-\gamma} = T_4 p_4^{1-\gamma} \Rightarrow T_1 = \frac{T_4}{n^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}} \quad (\text{т.к. } p_4 = \frac{p_1}{n})$$

$$T_2 p_2^{1-\gamma} = T_3 p_3^{1-\gamma} \Rightarrow T_2 = \frac{T_3}{n^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}} \quad (\text{т.к. } p_3 = \frac{p_2}{n})$$



$$\eta = \frac{Q - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{C_p (T_3 - T_4)}{C_p (T_2 - T_3)} = 1 - \frac{T_3 - T_4}{T_2 - T_3} =$$

$$= 1 - \frac{T_3 - T_4}{\frac{T_3 - T_4}{n^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}}} = 1 - n^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

Ответ:  $1 - n^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$

## Билет 4

### 1 Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние

Внесём в уравнение состояния идеального газа  $p V_M = R T$  поправки, учитывающие собственную объём молекул и силы межмолекулярного взаимодействия.

Фактический объём реального газа дует  $V_M - b$ , где  $b$  — объём, замещаемый самими молекулами. Учёт сил межмолекулярного притяжения описывается введением поправленного давления  $p'$  на газ, называемое внутренним давлением:

$$p' = \frac{a}{V_M^2}, \text{ где } a - \text{постоянная Ван-дер-Ваальса}$$

Уравнение Ван-дер-Ваальса для моле газа — уравнение состояния реальных газов

$$\left(p + \frac{a}{V_M^2}\right)(V_M - b) = R T$$

### Критическое состояние

1) Изучим состояние равновесия фазовых систем, в которых обе сосуществующие фазы становятся тождественными по своим свойствам,