

17. Уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов для давления и его сравнение с уравнением Клапейрона-Менделеева. Молекулярно-кинетическое толкование абсолютной температуры. Рассмотрим **уравнение молекулярно-кинетической теории (МКТ) идеальных газов для давления**, его сравнение с **уравнением Клапейрона-Менделеева** и **молекулярно-кинетическое толкование абсолютной температуры**.

1. Уравнение молекулярно-кинетической теории для давления

Уравнение МКТ связывает давление газа с характеристиками движения его молекул.

Формула:

$$P = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle,$$

где:

- P — давление газа,
- n — концентрация молекул (число молекул в единице объёма),
- $\langle E_k \rangle$ — средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы.

Вывод:

1. Давление газа возникает из-за ударов молекул о стенки сосуда.
2. Средняя кинетическая энергия молекулы:

$$\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} k T,$$

где:

- о k — постоянная Больцмана ($k \approx 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К),
 - о T — абсолютная температура.
3. Подставляя $\langle E_k \rangle$ в уравнение МКТ, получаем:

$$P = nkT.$$

2. Сравнение с уравнением Клапейрона-Менделеева

Уравнение Клапейрона-Менделеева связывает давление, объём и температуру газа.

Формула:

$$PV = \nu RT,$$

где:

- P — давление газа,
- V — объём газа,
- ν — количество вещества (в молях),
- R — универсальная газовая постоянная ($R \approx 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$),
- T — абсолютная температура.

Сравнение:

1. Уравнение МКТ:

$$P = nkT.$$

2. Уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$P = \frac{\nu RT}{V}.$$

3. Связь между n и ν :

$$n = \frac{N}{V} = \frac{\nu N_A}{V},$$

где:

- о N — число молекул,
- о N_A — число Авогадро ($N_A \approx 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$).

4. Подставляя n в уравнение МКТ:

$$P = \frac{\nu N_A kT}{V}.$$

5. Учитывая, что $R = N_A k$, получаем:

$$P = \frac{\nu RT}{V},$$

что совпадает с уравнением Клапейрона-Менделеева.

3. Молекулярно-кинетическое толкование абсолютной температуры

Абсолютная температура T связана с кинетической энергией молекул газа.

Формула:

$$\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} kT,$$

где:

- $\langle E_k \rangle$ — средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы,
- k — постоянная Больцмана.

Толкование:

- Абсолютная температура T является мерой средней кинетической энергии молекул газа.
 - Чем выше температура, тем больше средняя кинетическая энергия молекул.
-

4. Пример

Пример 1: Давление газа

Газ находится при температуре $T=300\text{ К}$ и концентрации молекул $n=2 \cdot 10^{25}\text{ м}^{-3}$.
Найдём давление газа:

1. Средняя кинетическая энергия молекулы:

$$\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300 \approx 6,21 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}.$$

2. Давление газа:

$$P = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle = \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 10^{25} \cdot 6,21 \cdot 10^{-21} \approx 8,28 \cdot 10^4 \text{ Па}.$$

Пример 2: Сравнение с уравнением Клапейрона-Менделеева

Газ объёмом $V=1\text{ м}^3$ содержит $\nu=2$ моль вещества при температуре $T=300\text{ К}$.
Найдём давление газа:

1. Уравнение Клапейрона-Менделеева:

$$P = \frac{\nu R T}{V} = \frac{2 \cdot 8,31 \cdot 300}{1} = 4986 \text{ Па}.$$

2. Концентрация молекул:

$$n = \frac{\nu N_A}{V} = \frac{2 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{1} = 1,2044 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}.$$

3. Давление по уравнению МКТ:

$$P = n k T = 1,2044 \cdot 10^{24} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300 \approx 4986 \text{ Па}.$$

5. Итог

- **Уравнение МКТ для давления:** $P = \frac{2}{3} n \langle E_k \rangle.$
- **Сравнение с уравнением Клапейрона-Менделеева:** $P = \frac{\nu R T}{V}.$
- **Молекулярно-кинетическое толкование температуры:** $\langle E_k \rangle = \frac{3}{2} k T.$

Эти уравнения и толкования лежат в основе молекулярно-кинетической теории идеальных газов.