

19. Средняя скорость теплового движения, наиболее вероятная скорость и среднеквадратичная скорость молекулы идеального газа. Рассмотрим три основные характеристики скорости молекул идеального газа: **среднюю скорость, наиболее вероятную скорость и среднеквадратичную скорость**. Эти величины связаны с распределением Максвелла и зависят от температуры и массы молекул.

1. Наиболее вероятная скорость ($v_{\text{вер}}$)

Наиболее вероятная скорость — это скорость, при которой функция распределения Максвелла достигает максимума.

Формула:

$$v_{\text{вер}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}},$$

где:

- k — постоянная Больцмана ($k \approx 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К),
- T — абсолютная температура,
- m — масса молекулы.

Физический смысл:

- Это скорость, которой обладает наибольшее число молекул в газе.
-

2. Средняя скорость ($\langle v \rangle$)

Средняя скорость — это среднее арифметическое значение скоростей всех молекул.

Формула:

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}.$$

Физический смысл:

- Это среднее значение скорости молекул, учитывающее все возможные скорости.
-

3. Среднеквадратичная скорость ($v_{\text{СК}}$)

Среднеквадратичная скорость — это квадратный корень из среднего значения квадратов скоростей молекул.

Формула:

$$v_{\text{СК}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}.$$

Физический смысл:

- Эта скорость связана с кинетической энергией молекул:

$$\langle E_k \rangle = \frac{1}{2} m v_{\text{СК}}^2 = \frac{3}{2} k T.$$

4. Сравнение скоростей

Для одной и той же температуры и массы молекулы выполняется соотношение:

$$v_{\text{вер}} < \langle v \rangle < v_{\text{СК}}.$$

Численные значения:

$$v_{\text{вер}} : \langle v \rangle : v_{\text{СК}} = 1 : 1,128 : 1,225.$$

5. Пример

Рассмотрим молекулы азота (N_2) при температуре $T = 300 \text{ К}$.

- Молярная масса азота:**

$$M = 28 \text{ г/моль} = 28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}.$$

- Масса молекулы:**

$$m = \frac{M}{N_A} = \frac{28 \cdot 10^{-3}}{6,022 \cdot 10^{23}} \approx 4,65 \cdot 10^{-26} \text{ кг}.$$

- Наиболее вероятная скорость:**

$$v_{\text{вер}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{4,65 \cdot 10^{-26}}} \approx 422 \text{ м/с}.$$

- Средняя скорость:**

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = \sqrt{\frac{8 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{\pi \cdot 4,65 \cdot 10^{-26}}} \approx 476 \text{ м/с}.$$

5. Среднеквадратичная скорость:

$$v_{\text{ск}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{4,65 \cdot 10^{-26}}} \approx 517 \text{ м/с}.$$

6. Итог

- Наиболее вероятная скорость:

$$v_{\text{вер}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}.$$

- Средняя скорость:

$$\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}.$$

- Среднеквадратичная скорость:

$$v_{\text{ск}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}.$$

Эти скорости важны для анализа теплового движения молекул и их распределения по скоростям.