

18. Распределение Максвелла по скоростям теплового движения для молекул идеального газа. Экспериментальная проверка закона распределения молекул по скоростям. Рассмотрим **распределение Максвелла по скоростям теплового движения молекул идеального газа и экспериментальную проверку** этого закона.

1. Распределение Максвелла по скоростям

Распределение Максвелла описывает вероятность того, что молекула газа имеет определённую скорость при заданной температуре.

Формула:

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi k T} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}},$$

где:

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

Основные характеристики:

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

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

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

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

3. **Среднеквадратичная скорость ($v_{\text{ск}}$):**

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

График распределения:

- График $f(v)$ имеет максимум при $v = v_{\text{вер}}$.
- При увеличении температуры максимум смещается вправо, а кривая становится более полой.

2. Экспериментальная проверка распределения Максвелла

Экспериментальная проверка распределения Максвелла была проведена в опытах Штерна (1920 год) и других экспериментах.

Опыт Штерна:

1. Устройство:

- Используется вращающийся цилиндр с щелью.
- Молекулы газа проходят через щель и осаждаются на внутренней поверхности цилиндра.

2. Принцип:

- Молекулы с разными скоростями осаждаются на разных участках цилиндра.
- По распределению осаждённых молекул можно определить распределение скоростей.

3. Результаты:

- Экспериментальные данные подтвердили теоретическое распределение Максвелла.

Современные методы:

- Использование лазерного охлаждения и спектроскопии.
 - Измерение скоростей молекул с помощью масс-спектрометров.
-

3. Пример

Пример 1: Наиболее вероятная скорость

Молекулы азота (N_2) при температуре $T=300\text{ К}$. Найдём наиболее вероятную скорость:

1. Молярная масса азота: $M=28\text{ г/моль}=28\cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$.
2. Масса молекулы:

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

3. Наиболее вероятная скорость:

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

Пример 2: Средняя скорость

Для тех же условий найдём среднюю скорость:

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

4. Итог

- **Распределение Максвелла:**

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2kT}}.$$

- **Характеристики распределения:**

- о Наиболее вероятная скорость: $v_{\text{вер}} = \sqrt{\frac{2kT}{m}}.$

- о Средняя скорость: $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}.$

- о Среднеквадратичная скорость: $v_{\text{ск}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}.$

- **Экспериментальная проверка:**

- о Опыты Штерна и современные методы подтвердили распределение Максвелла.

Эти понятия важны для понимания поведения молекул в газах и их теплового движения.