

Молекулярно-кинетическая теория

- Все вещества состоят из молекул
- Они находятся в непрерывном и беспорядочным движении
- Молекулы взаимодействуют друг с другом

Идеальный газ

Это упрощенная модель газа, в которой:

- 1) Молекулы газа считаются материальными точками
- 2) Молекулы не взаимодействуют между собой
- 3) Молекулы соударяясь с преградами испытывают упругие соударения

Закон сохранения энергии в тепловых процессах

Внутренней энергией тела называют сумму всех кинетических и сумму всех потенциальных энергий молекул, из которых оно состоит.

$$\bullet U_{\text{тела}} = \sum W_{\text{к}} + \sum W_{\text{п}} - \text{внутренняя энергия}$$

Сумма
кинетических
энергий
молекул

Сумма
потенциальных
энергий
молекул

Степени свободы

3 типа движений у молекул:

- поступательное (любые молекулы)
- вращательное (двух- и многоатомные)
- колебательное (двух- и многоатомные)

Степени свободы

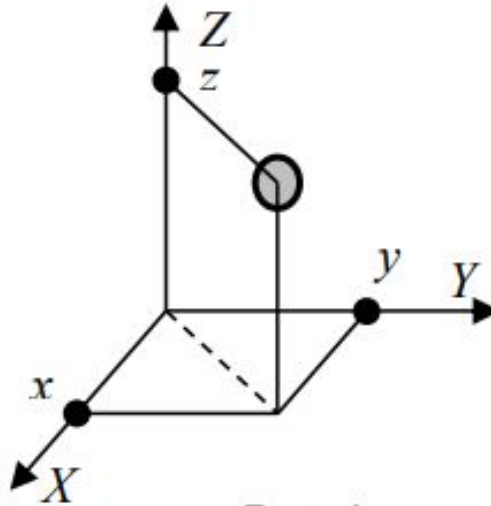


Рис. 1

Число степеней свободы- это число независимых параметров (координат), необходимых для однозначного описания положения тела в пространстве

Для описания положения в пространстве одноатомной молекулы

нужны 3 координаты=3 степени свободы

Степени свободы

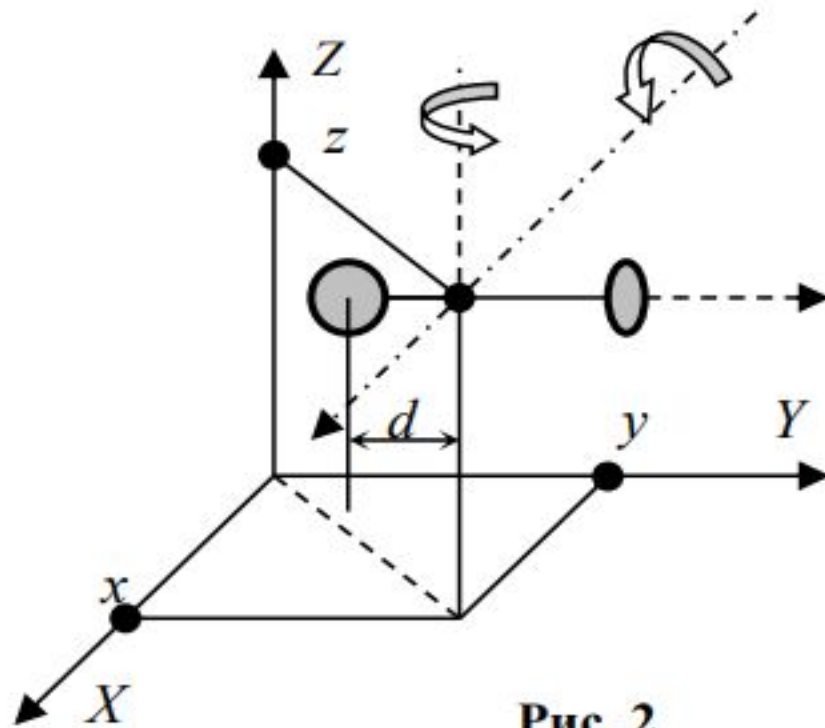


Рис. 2

Для описания положения в пространстве 2-атомной молекулы учтем:

центр масс - в 3 направлениях

вращение вокруг 2 осей, проходящих через центр масс

= 5 степеней свободы

Степени свободы

Возможна и колебательная степень свободы =

= расстояние d между атомами

(НО колебания молекул происходят при температуре $T > 1000 \text{ К}$)

И при колебании нужно учитывать не только кинетическую, но и потенциальную энергию взаимодействия

$$E_{\text{колеб}} = kT/2 + kT/2 = kT$$

Степени свободы

- В итоге имеем для 2-атомной молекулы
- $i = 7$ при высокой температуре ($T > 1000$ К) и
- $i = 5$ при низкой температуре ($T < 1000$ К).

i - число степеней свободы

Внутренняя энергия идеального газа

Как мы уже говорили на занятиях, в модели идеального газа потенциальная энергия взаимодействия молекул есть 0

$$\text{Поэтому } U = \sum W_k.$$

Принцип равнораспределения энергии по степеням свободы:

На каждую степень свободы приходится одинаковая часть общей внутренней энергии

Внутренняя энергия идеального газа

На прошлом занятии мы установили (воспользуясь определением давления идеального газа), что средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул идеального газа равна

$$E_k = 3 kT / 2$$

Внутренняя энергия идеального газа

Число степеней у 1-атомных газов $i=3$



на каждую степень свободы
приходится энергия

$$e = 1/2 kT$$

Внутренняя энергия идеального газа

Тогда средняя энергия каждой молекулы с
числом степеней i равно

$$\overline{E_K} = \frac{i}{2} kT$$

Внутренняя энергия идеального газа

Для всего газа можем получить выражение для внутренней энергии:

$$U = \frac{i}{2} kT \cdot N = \frac{i}{2} kT \cdot \frac{m}{M} N_A = \frac{i}{2} \frac{m}{M} kN_A T$$

Так как $R = kN_A = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ — универсальная газовая постоянная, то

$$\boxed{U = \frac{i}{2} \cdot \frac{m}{M} RT}$$
 — внутренняя энергия идеального газа.

Способы изменения внутренней энергии

1. Теплопередача (теплопроводность, конвекция, излучение)
2. Совершение механической работы над телом (трение, удар, сжатие и др.)