

# Глава 13. Молекулярная физика. Основы молекулярно-кинетической теории.

## 13.1. Методы исследования систем многих частиц.

Объект исследования молекулярной физики —  
— строение и свойства вещества, на основании  
молекулярных представлений.

Любое тело — совокупность большого числа молекул.

Молекулы находятся в хаотическом движении.

— броуновское движение.

Число молекул в макроскопических объемах вещества  
— огромно:

Газ:  $1 \text{ м}^3 - 10^{25}$  молекул.

Жидкость, твердое тело; в  $1 \text{ м}^3 - \underline{10^{28}}$  молекул.

$$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar/2$$

## Методы исследования систем многих частиц.

### Динамический

~~Для каждой молекулы  
решаем уравнения  
Динамики.~~

~~Теоретически, можем  
получить траектории  
всех молекул, если  
знаем нач. усл.~~

Технические проблемы:

- ~~1)  $10^{25}$  x 3 уравнений -  
- нерешаемо аналитич.,  
численно - не позволяет  
получить -~~

### Статистический

(молекулярно-кинетическая  
теория)

Изучает закономерности в  
поведении больших коллек-  
тивов частиц вероятностными  
методами.

Объясняет свойства тел,  
исходя из совокупного  
действия отдельных молекул.

### Термодинамический

Изучает макроскопическую  
систему целиком, не  
рассматривая ее микроско-  
пическую структуру.

Копотля атом, молекула -  
- не используются

Основан на Началах -  
- общих законах,  
полученных эмпирически  
(обобщением эксп.  
данных)

## 13.2. Молекулы.

Масса. Относительная масса: атом.  $A = \frac{M_{\text{атом}}}{m_{\text{ед}}}$

Единица измерения массы атомов и молекул: молекула  $M_z = \frac{M_{\text{молек.}}}{m_{\text{ед}}}$

$$m_{\text{ед}} = \frac{1}{12} M_{\text{C}} = 1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

где  $M_{\text{C}}$  - масса атома углерода  $^{12}\text{C}$ .

## Количество вещества.

Моль — Количество вещества, масса которого, выраженная в граммах равна его атомному (молекулярному) весу (относительной массе)

---

СИ : 1 моль.

СГС : 1 моль.

Молярная масса — масса 1<sup>го</sup> моля в граммах, численно равна атомному (молекул.) весу.

В 1 моль содержится  $N_A = \frac{M}{M_r \cdot m_{ed}}$  молекул.

- численно равно  $\frac{1}{m_{ed}}$ .



Из опыта:  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$   
число Авогадро.

Закон Авогадро:  
Равные объемы  
разных газов  
содержат одинаковое  
число молекул

Размеры молекул. Рассм. жидкость  $H_2O$ ,  
т.к. молекулы в жидкостях близко др. к др.

1 моль воды весит 18 г и занимает  $1 \text{ см}^3 = 10^{-6} \text{ м}^3$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{18 \cdot 10^{-6}}{N_A} = 30 \cdot 10^{-30} \text{ м}^3 \Rightarrow a = \sqrt[3]{V_1} = 3 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 3 \text{ \AA}$$

### 13.3. Состояние систем. Процесс.

Система – совокупность рассматриваемых тел;  
молекулы в газе, жидкость и пар в равновесии и т.д.

Состояние системы описывается параметрами;

давление  $p$ , плотность  $\rho$ , объем  $V$ , температура  $T$  и т.д.  
их называют переменными состояния.

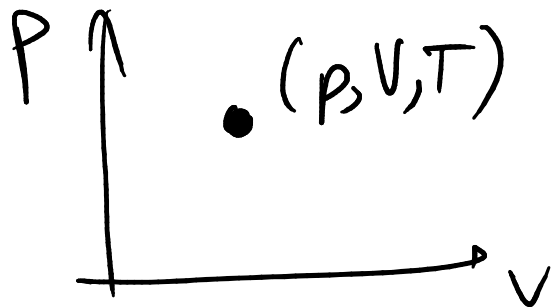
$p, V, T$ .

## Состояние системы.

Равновесное

Все переменные состояние  
имеют определенные значения  
и остаются постоянными  
при неизменных внешних  
условиях

---



Неравновесное

Хотя бы 1 из переменных  
сост. не имеет  
постоянного значения.

---



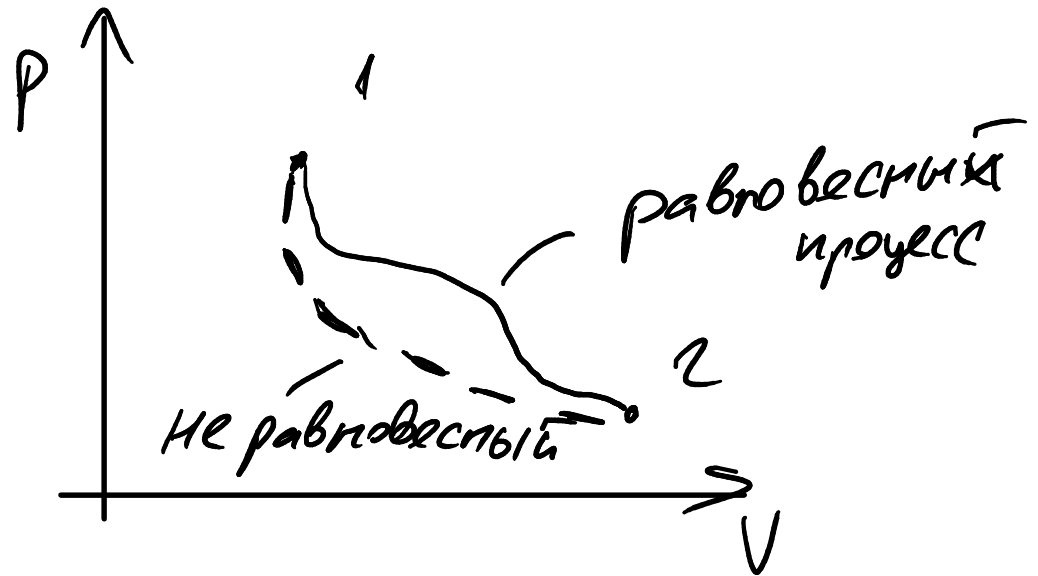
Процесс - переход системы из одного состояния в другое.

Любой реальный процесс - не равновесный.

Равновесный процесс - непрерывная последовательность равновесных состояний.

↙  
Длится  $\infty$ -но долго

$$P = \frac{F}{\Sigma \sigma}$$



## 13.4. Температура.

— количественная мера нагретости тела,

2 тела в контакте  
 $Q_1 = Q_2$

Тела не обмениваются  
теплом  $\Rightarrow$   
находятся в тепловом  
равновесии

$$\underline{t_1 = t_2}$$

Тело 1 передает  
тепло телу 2

$$\underline{t_1 > t_2}$$

Свойства тел -  $V, \rho, R$  ( $\alpha_l$ ) - зависят от температуры

$\Rightarrow$  это можно использовать для измерения температуры.

Измерение  $t$ : 1) Зафиксировать термометрическое тело.  
 $l$  - термометрическая величина

2) Необходимо найти 2 реперные точки. —  
— характерные "нагреватели".

Для них определяем температуры  $t_1$  и  $t_2$   
и измеряем  $l_1$  и  $l_2$

$$3) \quad t = t_1 + \frac{t_2 - t_1}{l_2 - l_1} l \quad ; \quad 1^\circ = \frac{t_2 - t_1}{l_2 - l_1} ?$$

## Шкала температур

1) Фаренгейт.  
≈ 1715 з.

$t_1 = 0^\circ F$  - точка замерзания смеси воды, соли и нафталина.

Термометрич.

спирт -  
Иг

$t_2 = 96^\circ F$  (исходно  $100^\circ F$ ) -  
- температура зробогадног теж.

2) Реомир  
1730 з.

$t_1 = 0^\circ Re$  - точка замерзания воды.

$1^\circ Re$  соответствует расширению спирта на 0,001 его объема

$t_2 = 80^\circ Re$  - точка кипения воды.

3) Цельсий.  $t_1 = 0^\circ\text{C}$  - переход вода-лед  
17422.  $t_2 = 100^\circ\text{C}$  - переход вода-пар

Термодинамическая шкала температур  
(абсолютная шкала)

Кельвин.  $1\text{K} = 1^\circ\text{C}$ ; температура  
замерзания воды  
 $T_1 = \underline{273,15\text{K}}$ .

## 13.5. Уравнение состояния идеального газа.

Простейшая модель газа.

Идеальный газ — совокупность хаотически движущихся молекул, размерами которых можно пренебречь и которые взаимодействуют только при ударах др. с др. и стенками сосуда. Все удары — абсолютно упругие.