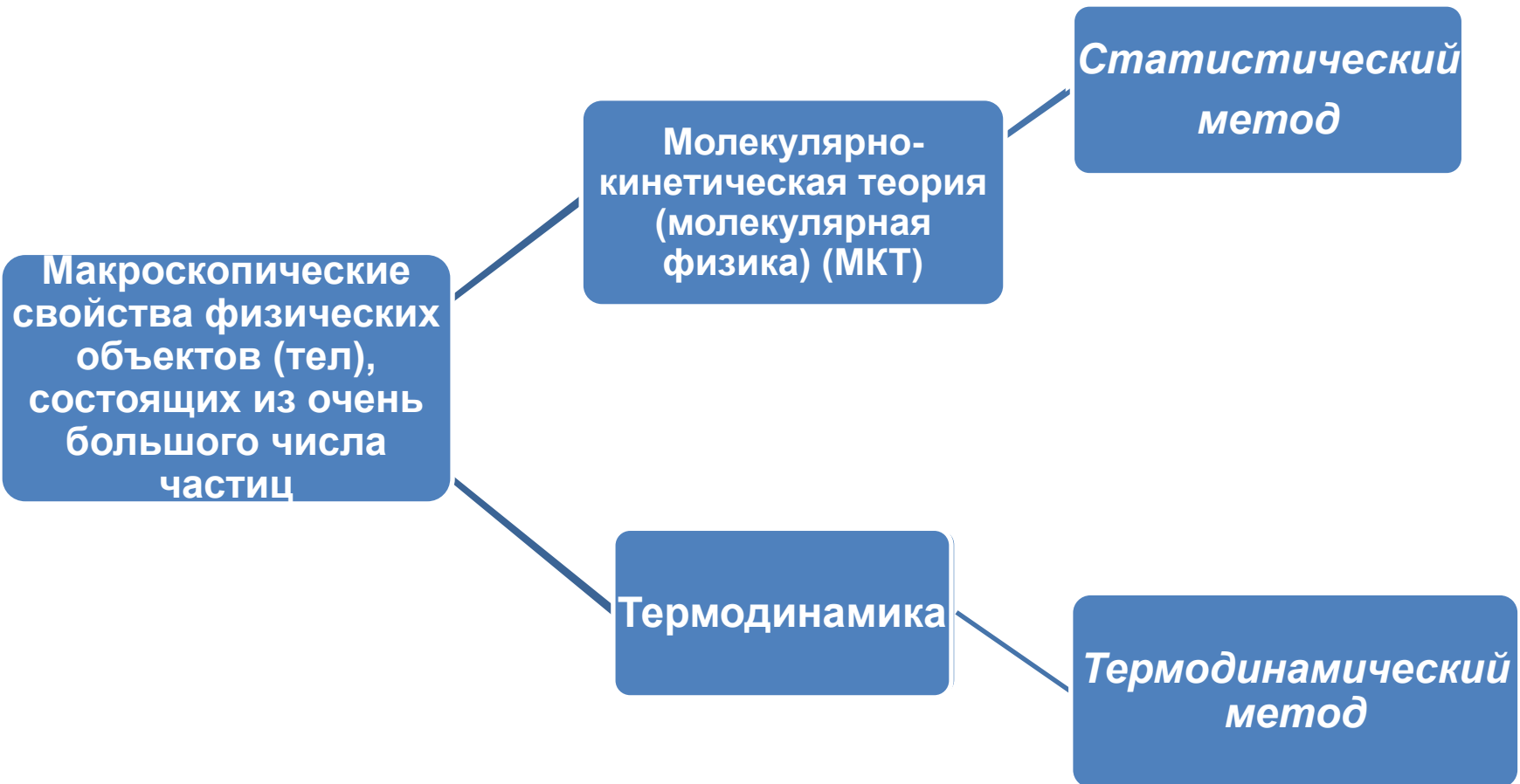


**МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ  
ТЕОРИЯ  
(МКТ)**

# 1. Методы молекулярно-кинетической теории и термодинамики



## 2. Микро- и макроскопические параметры

### МИКРО-П

*Физические величины, описывающие поведение и свойства каждой частицы внутри системы*

- масса молекул, значения координат и импульсов и т.д.

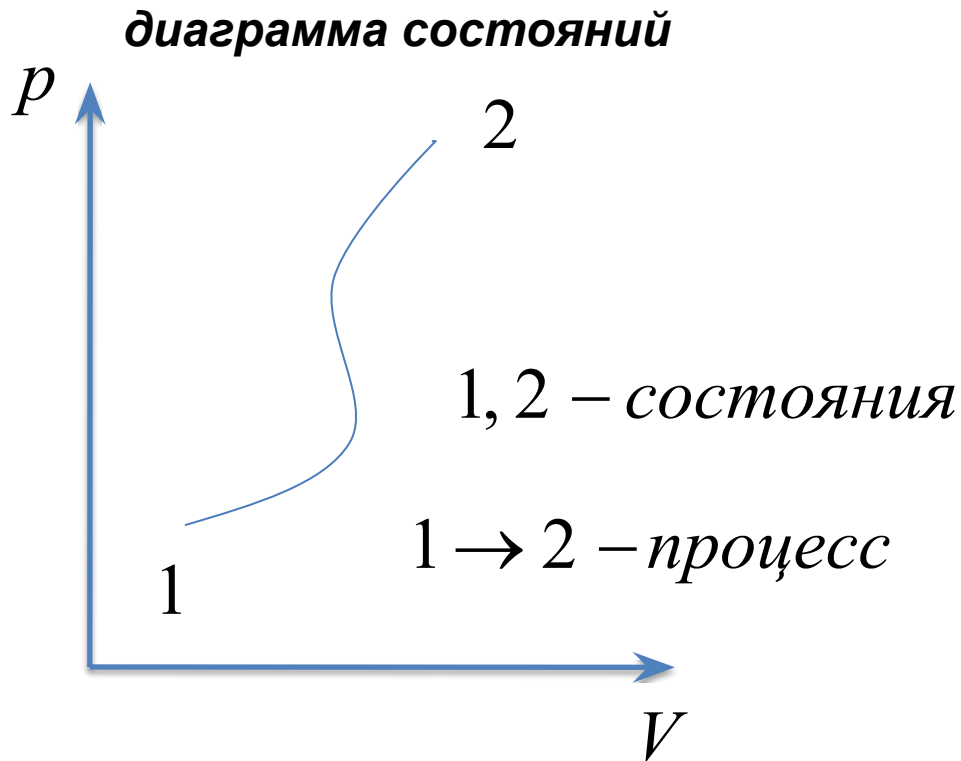
*Все макроскопические параметры имеют смысл средних значений*

### МАКРО-П

*Физические величины, характеризующие какие-либо свойства системы частиц как целого или ее отдельной макроскопической части*

- Плотность вещества, давление, температура

### 3. Состояния и процессы в системах



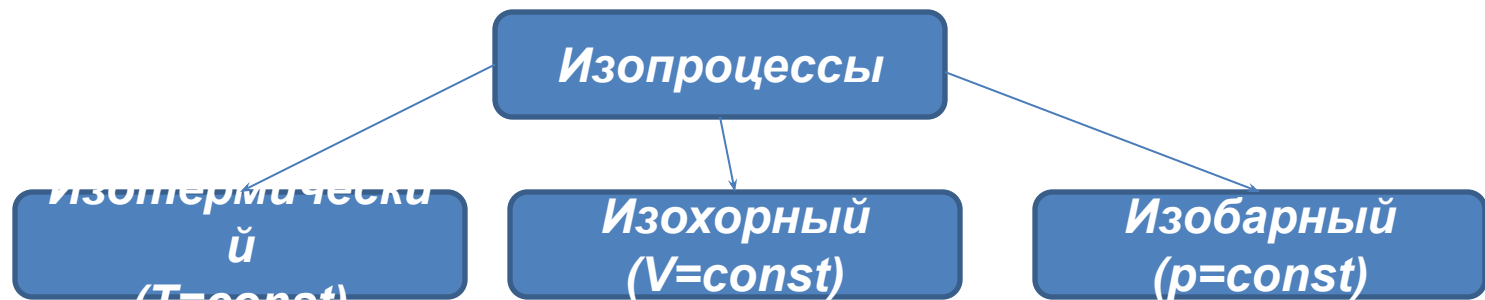
**1.** В состоянии **равновесия системы** все ее макроскопические параметры ( $p$ ,  $V$ ,  $T$ ) постоянны.

**2. Равновесным (квазистатическим)** называется процесс, представляющий собой непрерывную последовательность равновесных состояний.

**3. Обратимым процессом** называется процесс, при котором система может проходить одну и ту же непрерывную последовательность равновесных состояний как в прямом, так и в обратном направлениях (любой равновесный процесс является обратимым)

**4. Круговым (циклическим) процессом** называется такой, при котором после каких-либо макроскопических изменений система переходит в исходное состояние.

**5. Процессы, при которых один из макроскопических параметров системы остается постоянным называются *изопроцессами*.**



## 4. Идеальный газ. Уравнение состояния

**Идеальным газом** называется система частиц, собственными размерами которых по сравнению со средним расстоянием между ними можно пренебречь и взаимодействие между которыми сводится к упругим столкновениям.

**Уравнение состояния** - математическая связь между равновесными значениями параметров: давлением, объемом и температурой.

$$f(p, V, T) = 0.$$

## 5. Основные положения МКТ:

- 1) *все тела состоят из атомов или молекул;*
- 2) *между ними существуют силы взаимодействия;*
- 3) *атомы и молекулы находятся в непрерывном хаотическом (тепловом) движении.*

Наиболее характерной количественной мерой «большого числа частиц» является число Авогадро

$$N_A = \frac{\mu}{m_0} = 6.02252 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

Движение частиц может обладать двумя составляющими формами - *упорядоченной* и *хаотичной*.

Молекулярно-кинетическая теория рассматривает такие свойства тел, которые обусловлены именно полной *хаотичной* (беспорядочной, случайной) формой.

## 6. Уравнение состояния идеального

$p = nkT$  - основное уравнение молекулярно-кинетической теории для давления идеального газа

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} / \text{К} - \text{константа Больцмана}$$

$$pV = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT - \text{уравнение Менделеева-Клапейрона}$$

$$R = N_A \cdot k = 8.31 \text{ Дж} / (\text{моль} \cdot \text{К}) - \text{универсальная газовая постоянная}$$

Непосредственно из уравнения Менделеева-Клапейрона вытекают важные следствия.

1. Закон Дальтона: в равновесии давление смеси идеальных газов равно сумме парциальных давлений, которое создает каждый компонент смеси в отдельности.

2. Законы Бойля-Мариотта, Шарля.



## 7. Степени свободы.

### Средняя энергия теплового движения молекул

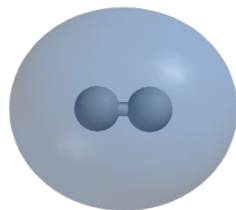
**Числом степеней свободы  $i$**  называется минимальное число физических величин (параметров), которые полностью описывают положение системы в пространстве

$$i = n_{\text{пост}} + n_{\text{вращ}} + 2n_{\text{колеб}}$$



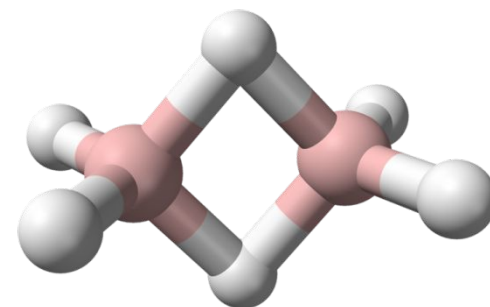
*He, Ar, Ne...*

$$i = 3$$



*H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>...*

$$i = 5 = 3 + 2$$



*CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O...*

$$i = 6 = 3 + 2 + 1$$

“Упругие” связи

$$i = 6 = 3 + 3$$

“Жесткие” связи

$$\langle \varepsilon_1 \rangle = \frac{1}{2} kT$$

*Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы*



*На каждую степень свободы одной молекулы при ее тепловом движении приходится в среднем одна и та же энергия, равная*

$$\langle \varepsilon \rangle = i \langle \varepsilon_1 \rangle = \frac{i}{2} kT.$$