

МКТ: ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ,  
МОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА ВЕЩЕСТВА.  
§56-60

ОСНОВЫ МКТ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА (10 час)

# I. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МКТ

- **МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА** – Р.Ф., изучающий строение и свойства вещества
- **МАКРОСКОПИЧЕСКОЕ ТЕЛО** – тело, состоящее из огромного числа частиц
- **ТЕПЛОВОЕ ДВИЖЕНИЕ** – беспорядочное движение частиц, из которых состоит тело
- **ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ** - явления, связанные с изменением температуры
- **МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ (МКТ)** – теория, цель которой научиться объяснять свойства макротел и тепловых процессов на основе представления о том, что все вещества состоят из частиц, которые движутся и взаимодействуют друг с другом.

# Основные положения МКТ

1. Все тела состоят из частиц (молекул, атомов, ...)

2. Частицы непрерывно и хаотично двигаются

3. Частицы взаимодействуют друг с другом

Дробление вещества, растворимость, сжатие и расширение газов, парообразование

Диффузия, броуновское движение, зависимость скорости выпаривания от температуры

Существование жидкостей и твёрдых тел, смачивание, сцепление плотно прижатых свинцовых цилиндров

Экспериментальные подтверждения

# ОПЫТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МКТ:

## 1. ВЕЩЕСТВА СОСТОЯТ ИЗ ЧАСТИЦ - ВЕЩЕСТВО ДИСКРЕТНО:

1. Наблюдение молекул, их фотографирование с помощью ионного проектора, электронного микроскопа (опыт Рэлея – вычисление толщины мономолекулярного слоя)
2. Распространение запаха
3. Испарение жидкости и твёрдых тел
4. Дробление веществ
5. Растворение веществ в воде и других растворителях
6. Опыт Бриджмена: заключённое в стальной сосуд масло под высоким давлением просачивается сквозь стенки сосуда
7. Смешивание жидкостей (
8. Агрегатные состояния вещества (Г, Ж, Т)
9. Зависимость объема от температуры

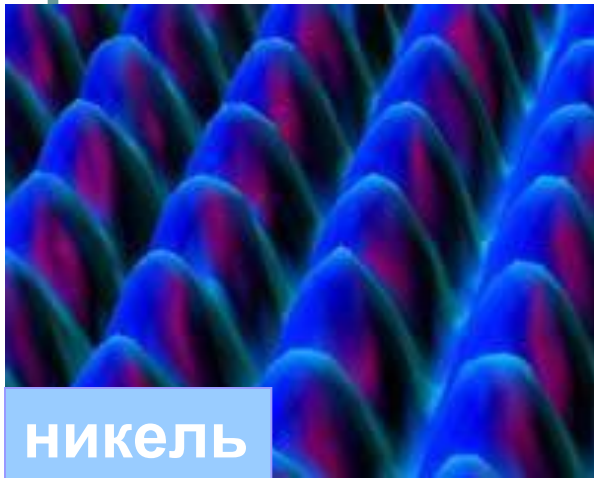
# Электронный микроскоп



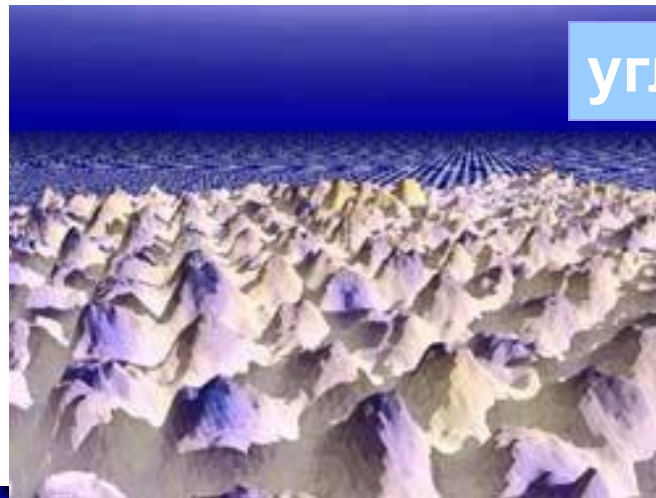
70 000



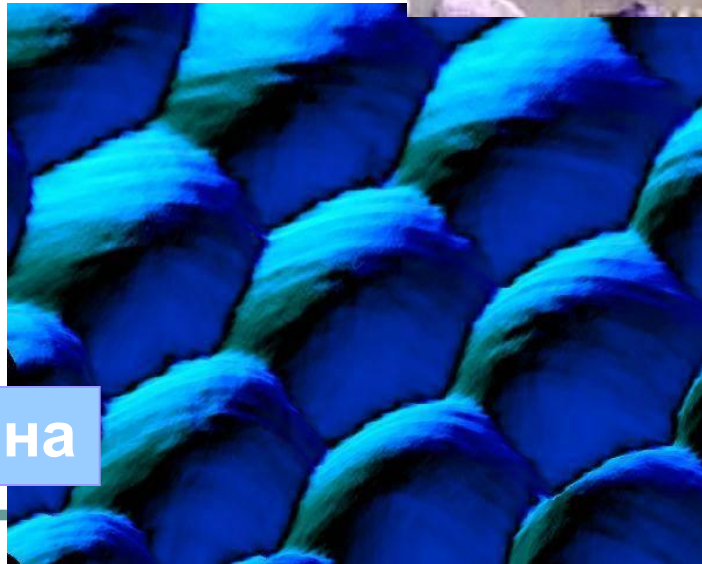
# Атомы можно увидеть в самые современные электронные микроскопы!



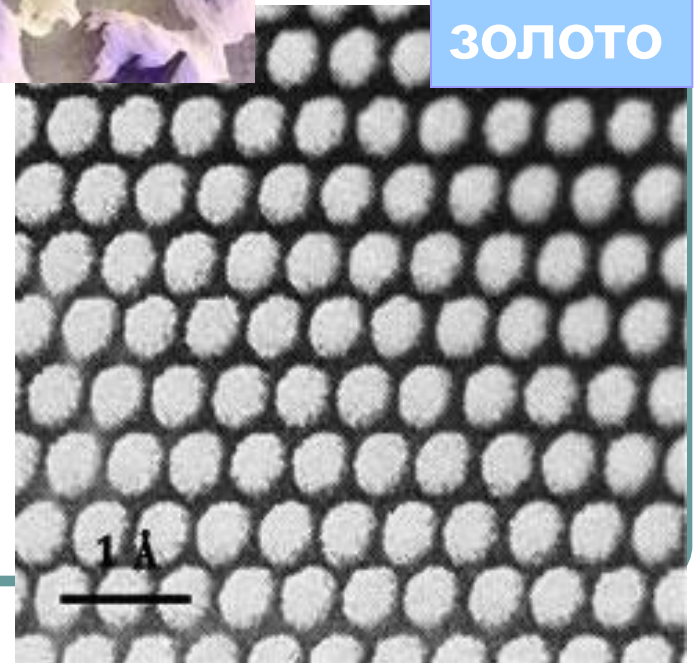
НИКЕЛЬ



УГЛЕРОД



ПЛАТИНА



ЗОЛОТО

# Ионный микроскоп

**Ионный микроскоп JEM-ARM200F**



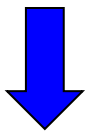
**Сканирующий электронно-ионный микроскоп.**



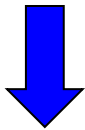
**Ионный микроскоп - электронно-оптический прибор, в котором изображение создается ионным пучком от термоионного или газоразрядного ионного источника.**

# 1. ВЕЩЕСТВА СОСТОЯТ ИЗ ЧАСТИЦ:

Молекула



Атом



Элементарные  
частицы



Электроны



Нейтроны



Протоны

Размеры атома

$$D \approx 10^{-10} \text{ м}$$

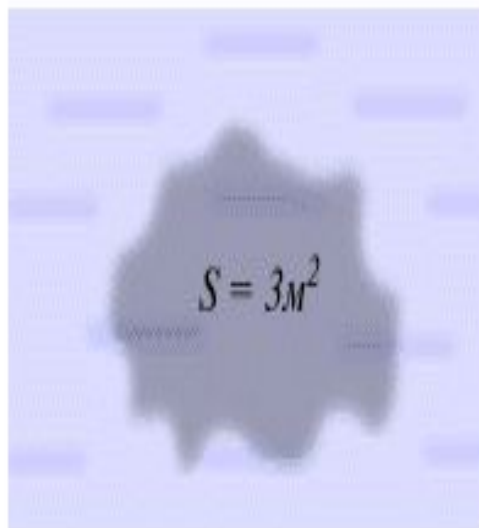


# ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛЕКУЛ:

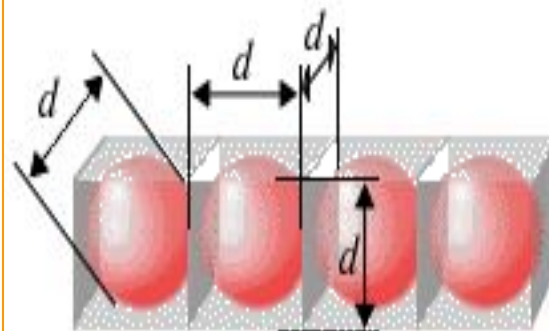


$d$  – диаметр частицы вещества

$$\rightarrow V = 1 \text{ мм}^3 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$



$$d = \frac{V}{S} = \frac{10^{-9} \text{ м}^3}{3 \text{ м}^2} \approx 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$



$V_0$  – объём частицы вещества

$\rho$  – плотность

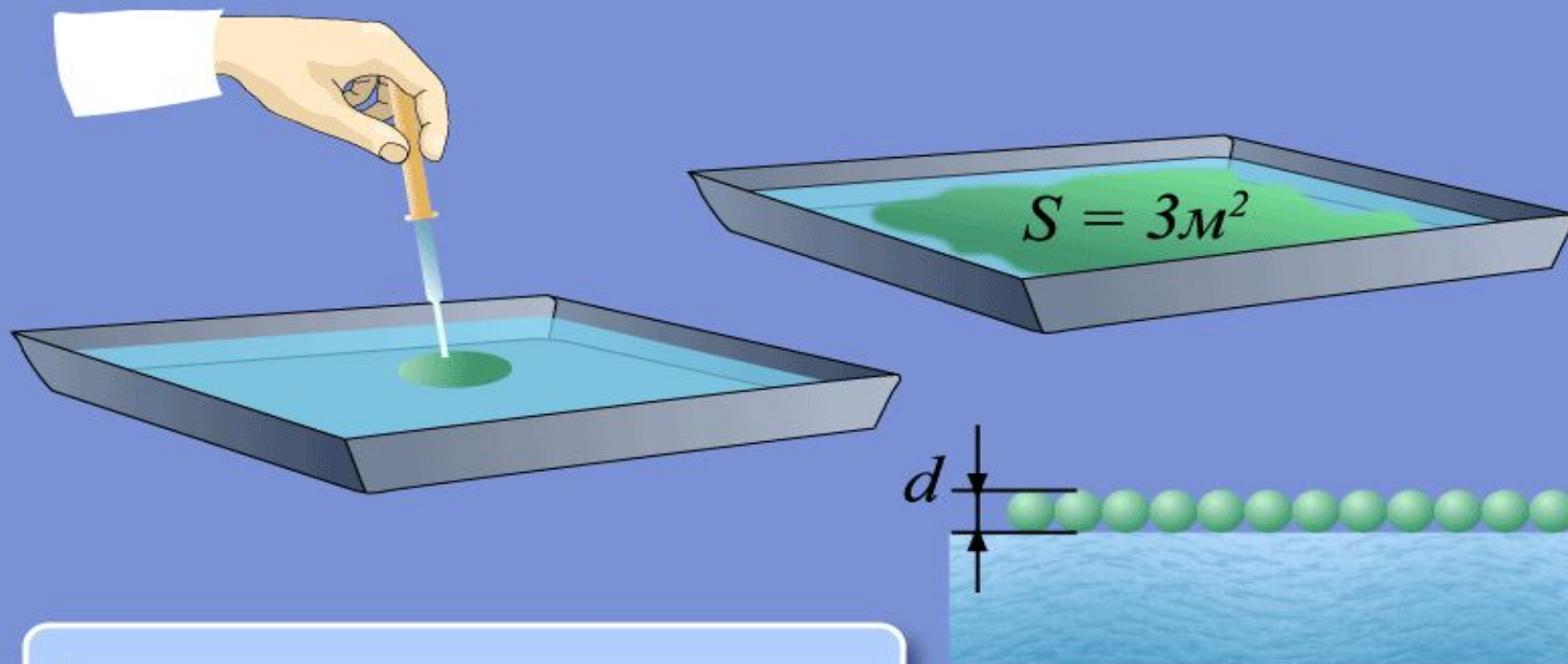
$m_0$  – масса частицы вещества


$$m_0 = \rho \cdot V_0 = \rho \cdot d^3$$

$$m_0 = 800 \text{ кг/м}^3 \cdot (3 \cdot 10^{-10} \text{ м})^3$$

$$m_0 \approx 2 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$$

# ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ МОЛЕКУЛ



  $\rightarrow V = 1 \text{ мм}^3 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$

$$d = \frac{V}{S} = \frac{10^{-9} \text{ м}^3}{3 \text{ м}^2} \approx 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

# ***ХАРАКТЕРИСТИКИ МОЛЕКУЛ:***

- **Относительная молекулярная масса**
- **Количество вещества**
- **1 моль**
- **Молярная масса**
- **Постоянная Авогадро**

## Относительная молекулярная масса вещества ( $M_r$ ) :

отношение массы молекулы (или атома)  $m_o$  данного вещества к  $1/12$  массы атома углерода  $m_{oc}$ .

$$M_r = \frac{m_o}{\frac{1}{12} m_{oc}} \quad [M_r] = 1 \text{ а.е.м.}$$
$$1 \text{ а.е.м.} = \frac{1}{12} m_{^{12}_6\text{C}} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

**Определяют по таблице Менделеева.**

$$M_r(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44 \text{ а.е.м.}$$

$$M_r(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot 1 + 16 = 18 \text{ а.е.м.}$$

# Количество вещества ( $\nu$ ) -

*СФВ, определяющая число молекул (атомов, ионов) в данном теле*

$$[\nu] = 1 \text{ моль}$$

*1 моль - количество вещества, в котором содержится столько же молекул (атомов), сколько их содержится в 0,012 кг углерода.*

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

$$\nu = \frac{m}{M}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} - \text{постоянная..Авогадро}$$

# АВОГАДРО АМЕДЕО (ИТАЛИЯ)

**Постоянная Авогадро – число Авогадро  $N$**

*- число частиц в одном моле вещества*

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

Ф.с. постоянной Авогадро:  
*число Авогадро показывает, что в одном моле любого вещества содержится  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул.*



1776 – 1856 гг

# МОЛЯРНАЯ МАССА ( M ) -

*масса вещества, взятого в количестве 1 моль.*

$$[M] = 1 \text{ кг/моль}$$

$$M = m_0 N_A$$

**Связь молярной массы с молекулярной:**

$$M = 10^{-3} M_r \text{ кг/моль}$$

Например:

$$M(\text{CO}_2) = 44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль.}$$

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕЩЕСТВА:

- Масса вещества:  $m = m_0 N = \rho V$
- Количество вещества:  $\nu = \frac{m}{M}$
- Число молекул:  $N = \nu N_A = N_A \frac{m}{M}$
- Плотность:  $\rho = \frac{m}{V} = n m_0$
- Концентрация:  $n = \frac{N}{V}$
- Масса молекулы:  $m_0 = \frac{M}{N_A}$



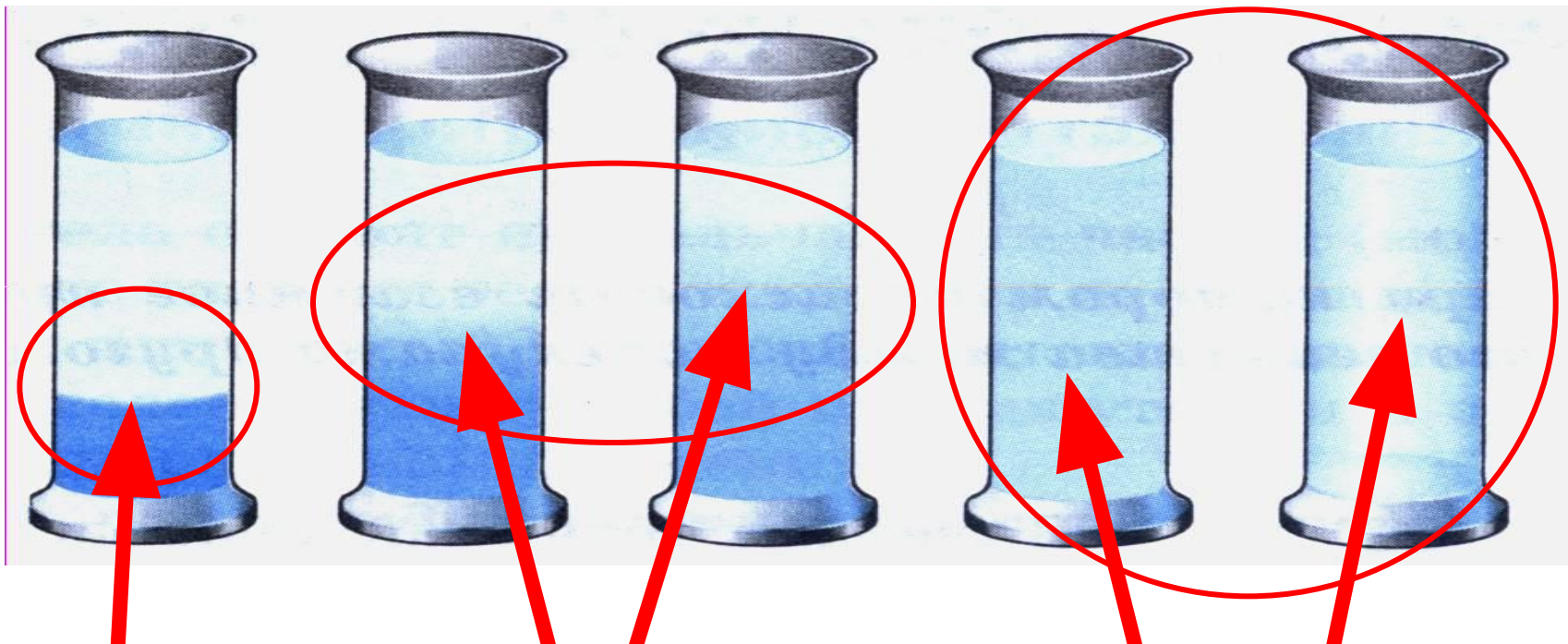
# ОПЫТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МКТ:

## 2. ЧАСТИЦЫ ДВИЖУТСЯ НЕПРЕРЫВНО И БЕСПОРЯДОЧНО:

1. Испарение  $J$  и  $T$
2. Давление  $\Gamma$  на стенки сосуда
3. Стремление  $\Gamma$  занять весь предоставленный объем
4. Текучесть  $J$
- 5. Диффузия**
- 6. Броуновское движение**

# Выясним движутся ли молекулы?

Рассмотрим опыт с раствором медного купороса и воды



В начале эксперимента граница четкая

Через несколько дней нет четкой границы.

Через 2 – 3 недели граница исчезла. Жидкость однородна.

## 2. ЧАСТИЦЫ ДВИЖУТСЯ НЕПРЕРЫВНО И БЕСПОРЯДОЧНО:

- **Диффузия** – процесс проникновения молекул одного вещества между молекулами другого вследствие хаотического движения.

### **Особенности:**

наблюдается в Г, Ж, Т

зависит от температуры ( $t^{\circ}\text{C}$ )

имеет направленный характер (от порядка к беспорядку)

необратимый процесс

**ПРИМЕНЕНИЕ:** дыхание, питание, распространение запахов, засолка, квашение, цементация, однородность атмосферы

## 2. ЧАСТИЦЫ ДВИЖУТСЯ НЕПРЕРЫВНО И БЕСПОРЯДОЧНО:

### **Броуновское движение – тепловое движение частиц, взвешенных в жидкости или газе .**



- 1827 г. – Р.Броун (Англия) – открытие, наблюдение и описание
- 1905 г. – А. Эйнштейн (США) – теория

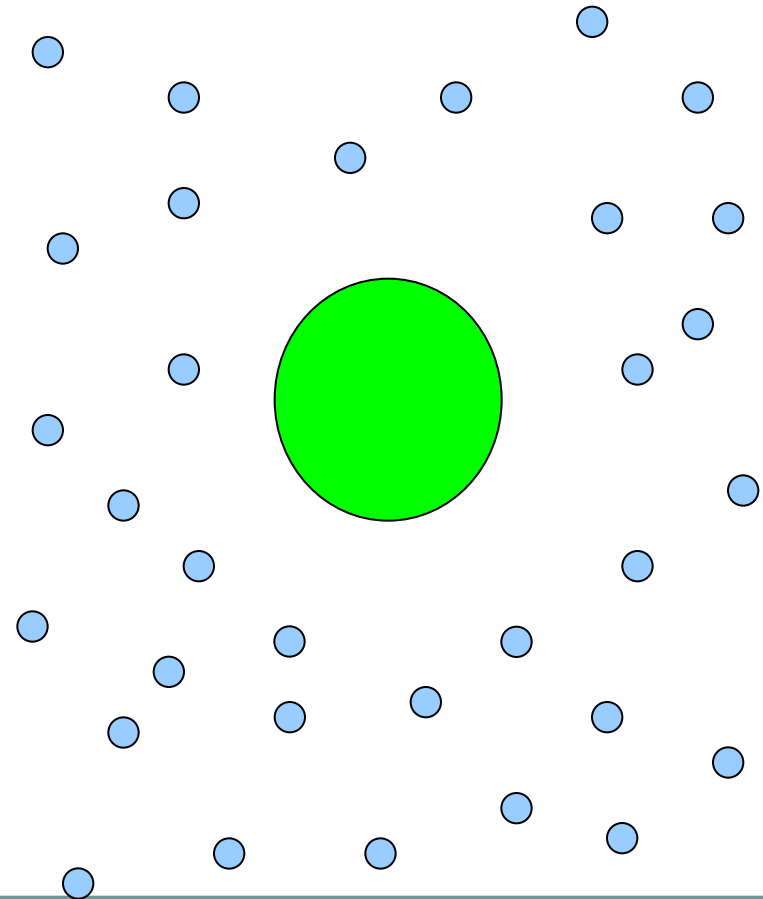
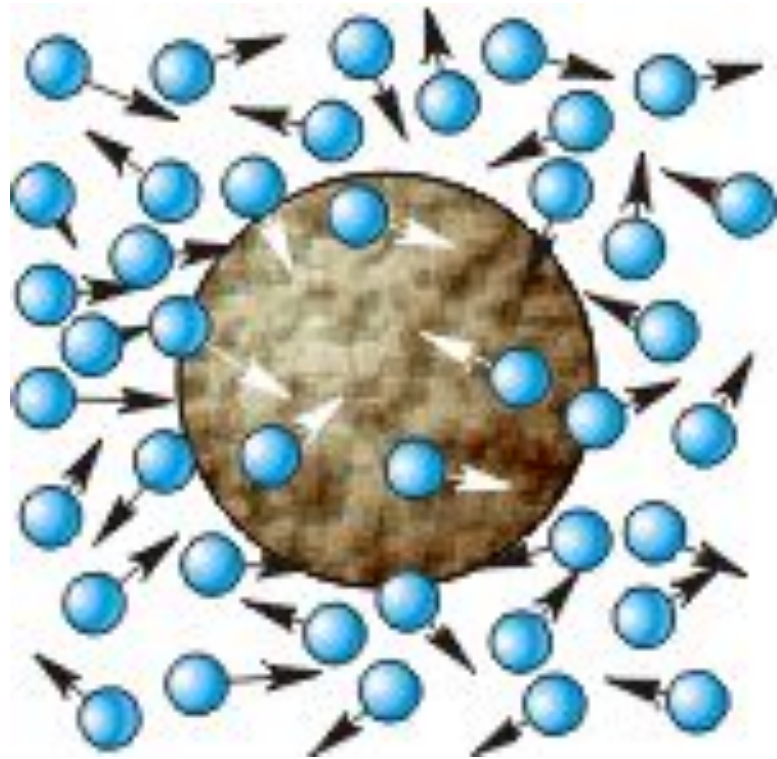


1908-1911 г. – Ж. Перрен (Франция) –  
опытное обоснование



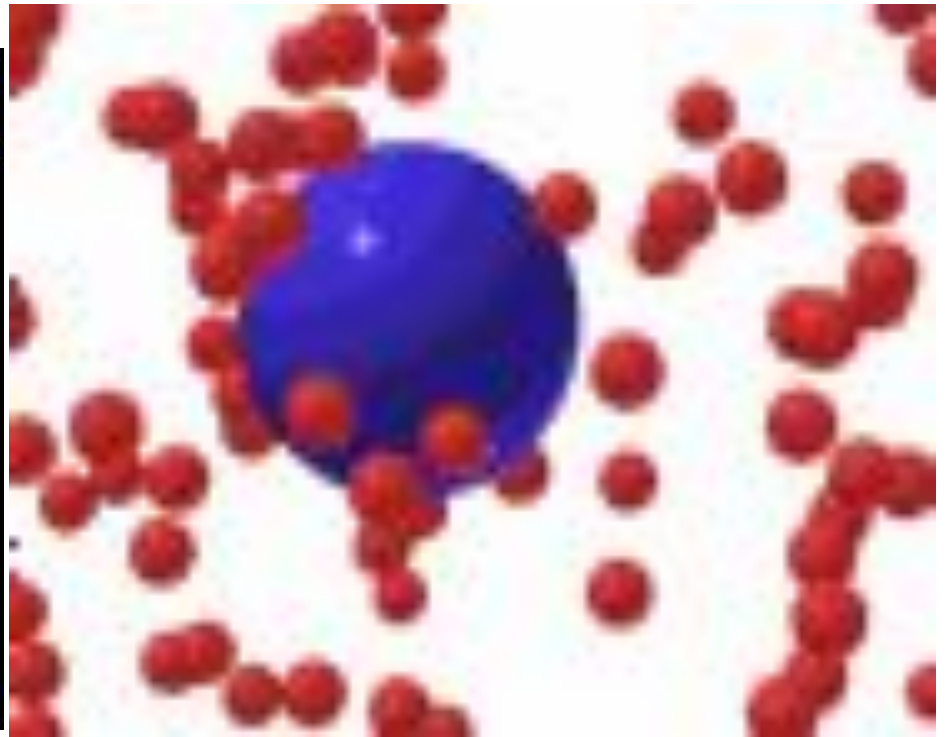
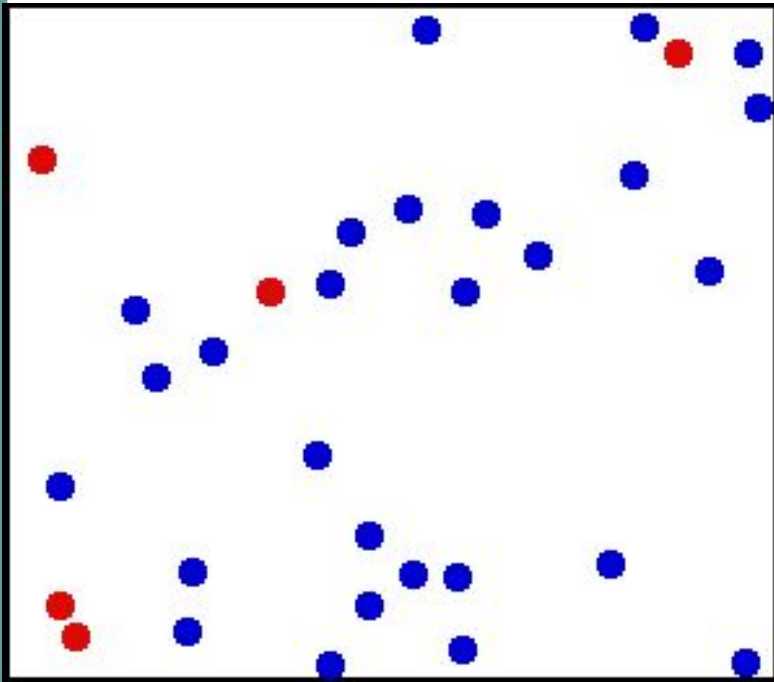
# БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

*Броуновская частица не является молекулой*

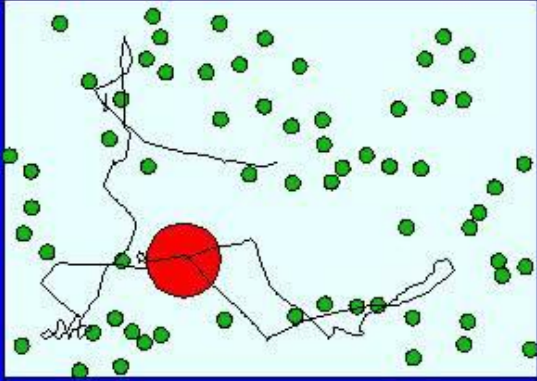


# БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ

*Броуновская частица не является молекулой*

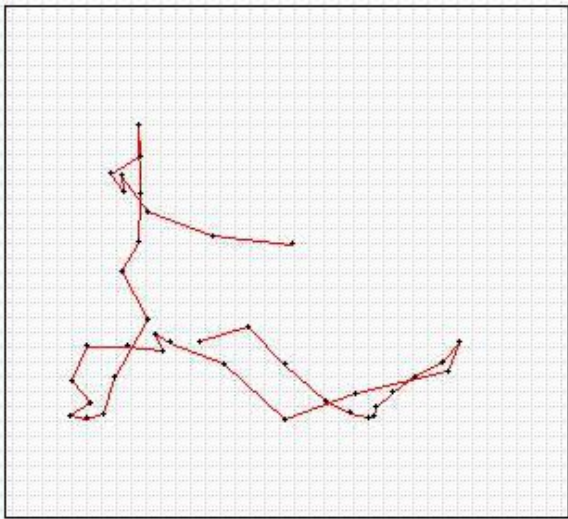


# БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ



- **Особенности:** непрерывно, хаотично, не зависит от плотности вещества, зависит от температуры, массы, вязкости среды.

- **Причины:** отсутствие компенсации ударов со стороны молекул среды в результате их непрерывного, беспорядочного движения



# ОПЫТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ МКТ:

## 3. ЧАСТИЦЫ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ ДРУГ С ДРУГОМ:

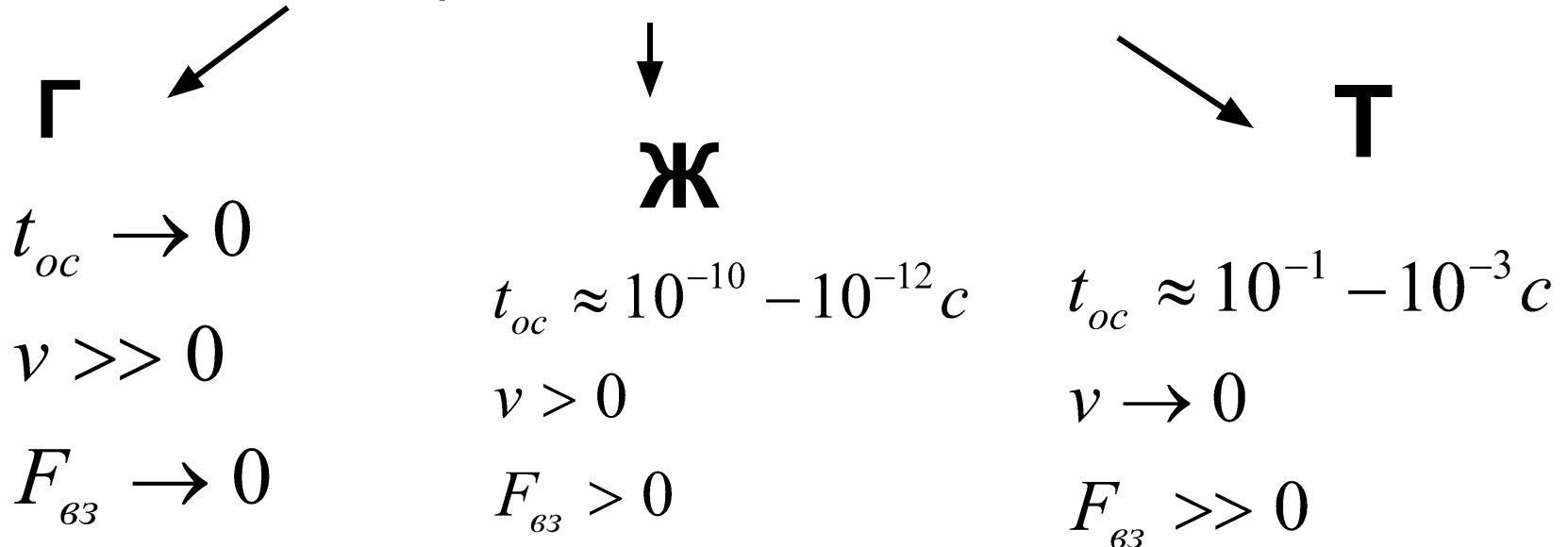
- *Силы взаимодействия (притяжение и отталкивание молекул)*
  1. *Деформация тела*
  2. *Сохранение формы твёрдого тела*
  3. *Поверхностное натяжение жидкости*
  4. *Сливание двух капель ртути*
  5. *Смачивание и несмачивание твёрдого тела*

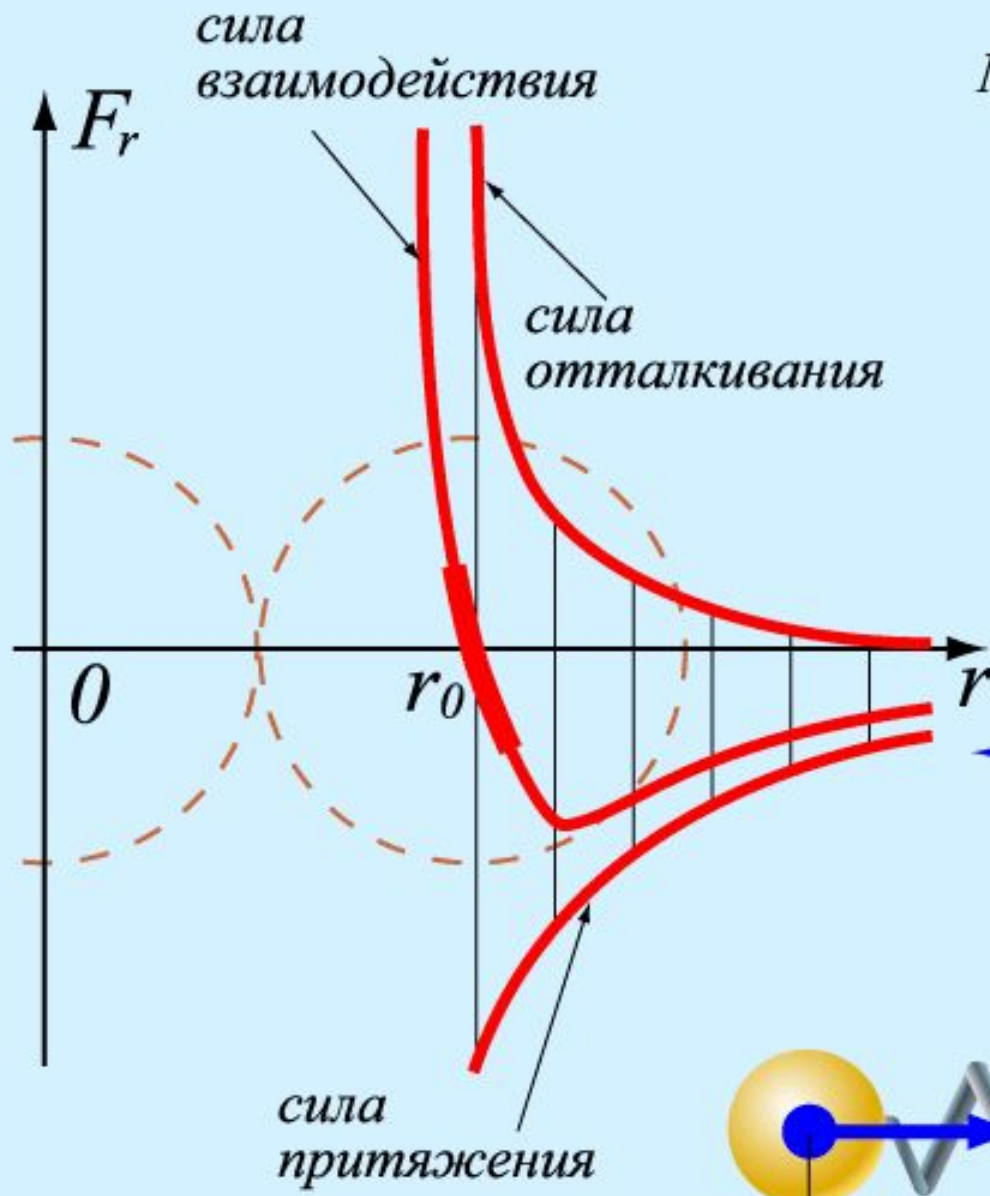


### 3. ЧАСТИЦЫ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮТ ДРУГ С ДРУГОМ:

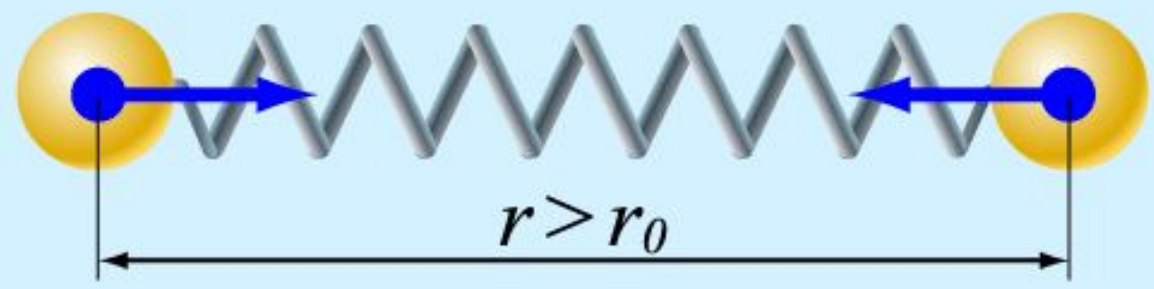
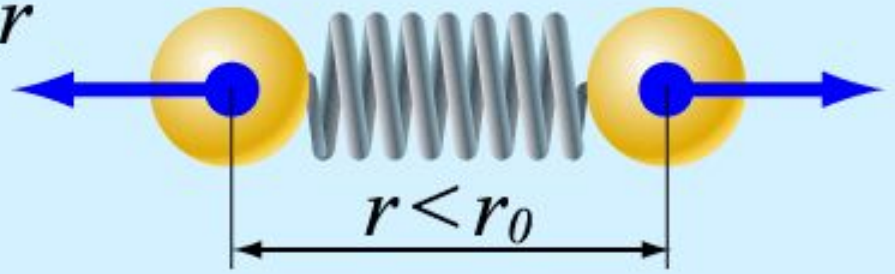
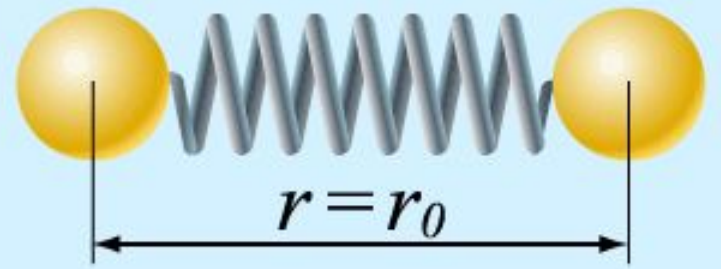
#### **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ (притяжение и отталкивание)**

- одновременно
- короткодействующие
- отвечают за порядок и состояние вещества



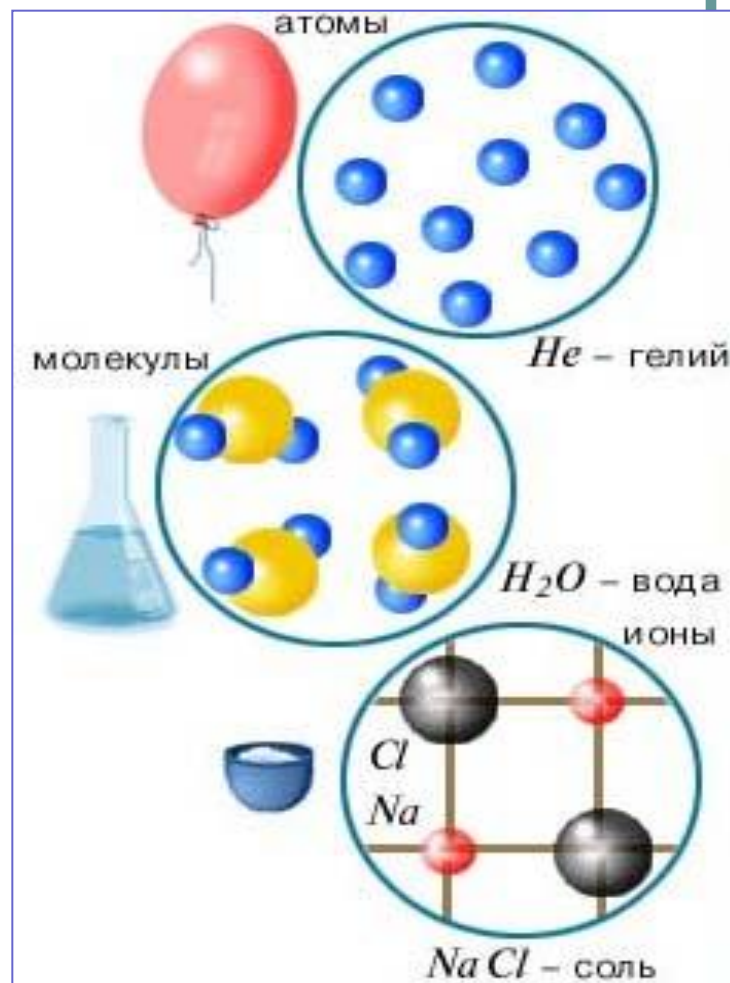


Модель взаимодействия между частицами вещества



# АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

**ФАЗОВЫЙ ПЕРЕХОД** -переход системы из одного агрегатного состояния в другое, сопровождается скачкообразным изменением ФВ или симметрии системы



# АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

Состояние	Твердые тела (Т)	Жидкости (Ж)	Газы (Г)
Особенности			
Расстояние между частицами			
Взаимодействие частиц			
Движение частиц			
Порядок и характер расположения частиц			
Отличительные признаки			
Условия существования			

Состояние Особенности	Твердые тела (Т)	Жидкости (Ж)	Газы (Г)
Расстояние между частицами	$d \approx r$	$d \approx r$	$d \ll r$
Взаимодействие частиц	$F_{63} \gg 0$ $E_p \gg 0$	$F_{63} > 0$ $E_p > 0$	$F_{63} \rightarrow 0$ $E_p \rightarrow 0$
Движение частиц	$v \rightarrow 0$ $E_k \rightarrow 0$	$v > 0$ $E_k > 0$	$v \gg 0$ $E_k \gg 0$
Порядок и характер расположения частиц	Порядок! Стройные ряды! Колебания!	Тесновато! Перескок! Топтание на месте!	Хаос! Простор! Беспорядок!
Отличительные признаки	Прочность Сохранение $\Phi, V$	Текучесть Малая сжимаемость Сохранение $V$	Неограниченное расширение (летучесть) Легкая сжимаемость Не сохраняют $\Phi, V$
Условия существования	$E_k \ll E_p$	$E_k \approx E_p$	$E_k \gg E_p$

агрегатное состояние	свойства	расположение молекул	движение молекул	взаимодействие молекул
газ	Не имеет собственной формы и постоянного объема; сжимаемость; неограниченно расширяется, заполняя весь предоставленный объем	Расстояние между молекулами значительно больше размеров молекул	Свободное	Частицы не связаны или весьма слабо связаны силами взаимодействия
жидкость	Сохраняет объем; принимает форму сосуда; текучесть; малая сжимаемость	Расстояние между молекулами меньше размеров молекул	Колеблются около положения равновесия, совершают перескоки из одного положения равновесия в другое.	Взаимодействуют в основном с соседними молекулами; межмолекулярные притяжения велики.
твердые тела	Сохраняют объем; имеют собственную форму; малая сжимаемость	Расположены в определенном порядке, т.е. образуют кристаллическую решетку.	Колебательные движения около положения равновесия	Взаимодействуют с соседними молекулами; силы притяжения велики.