

# Основные положения молекулярно- кинетической теории (МКТ). Абсолютная температура.

*Не существует ничего, кроме  
атомов.*

*Демокрит*



# Молекулярная физика

Раздел, в котором изучают свойства макроскопических тел в различных агрегатных состояниях на основе МКТ.



# История развития МКТ :



**Демокрит** (около 460 -  
360 до н. э.)

Древнегреческий философ-материалист, один из первых представителей атомизма.

Согласно Демокриту, существуют только атомы и пустоты. Одним из первых говорил об историческом прогрессе в области наук и искусств, происхождение которых объяснял потребностями людей.

# Михаил Васильевич Ломоносов (1711-1765)



Русский учёный-энциклопедист, естествоиспытатель и филолог, поэт и художник. По его инициативе и проекту создан в 1755 г. Московский университет. Сформулировал основные положения молекулярно – кинетической теории.

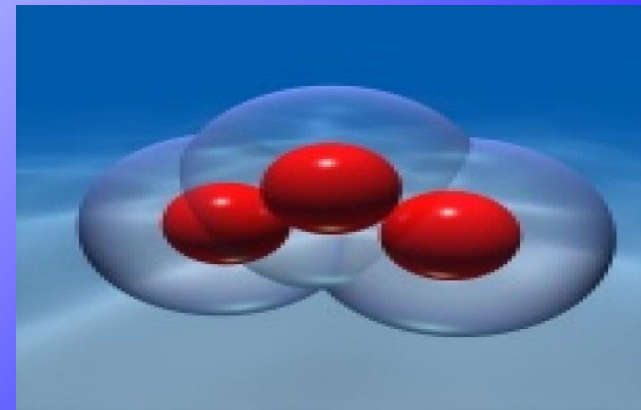
# Роберт Броун (1773-1858).



Английский ботаник.  
В 1827 году  
рассматривал в  
микроскоп взвешенные  
в воде частички  
цветочной пыльцы,  
которые совершали  
*беспорядочное*  
*движение*, названное  
броуновским. Это  
тепловое движение и  
оно не прекращается.

# Что надо знать о физической теории:

1. Опытные факты, послужившие основанием для разработки теории.
2. Основные понятия теории.
3. Основные положения (принципы) теории.
4. Математический аппарат теории:  
( законы, основные уравнения, формулы).
5. Круг явлений, объясняемых данной теорией.



# Основные положения МКТ:

1. Все вещества состоят из частиц, между которыми есть промежутки.



Опыты:

- ✓ Делимость веществ
- ✓ Растворение вещества
- ✓ диффузия
- ✓ Тепловое расширение
- ✓ Фотографии с помощью электронного микроскопа

# *Атом и молекула*

- АТОМ –  
наименьшая частица  
*химического элемента,*

которая является носителем  
его химических свойств.

- МОЛЕКУЛА -  
наименьшая устойчивая  
частица *вещества,*

обладающая всеми  
химическими  
свойствами

и состоящая из одинаковых  
(простое вещество) или  
разных (сложное  
вещество) атомов,  
объединенных  
химическими связями.



# Модели молекул разных веществ



Водород



Кислород



Вода

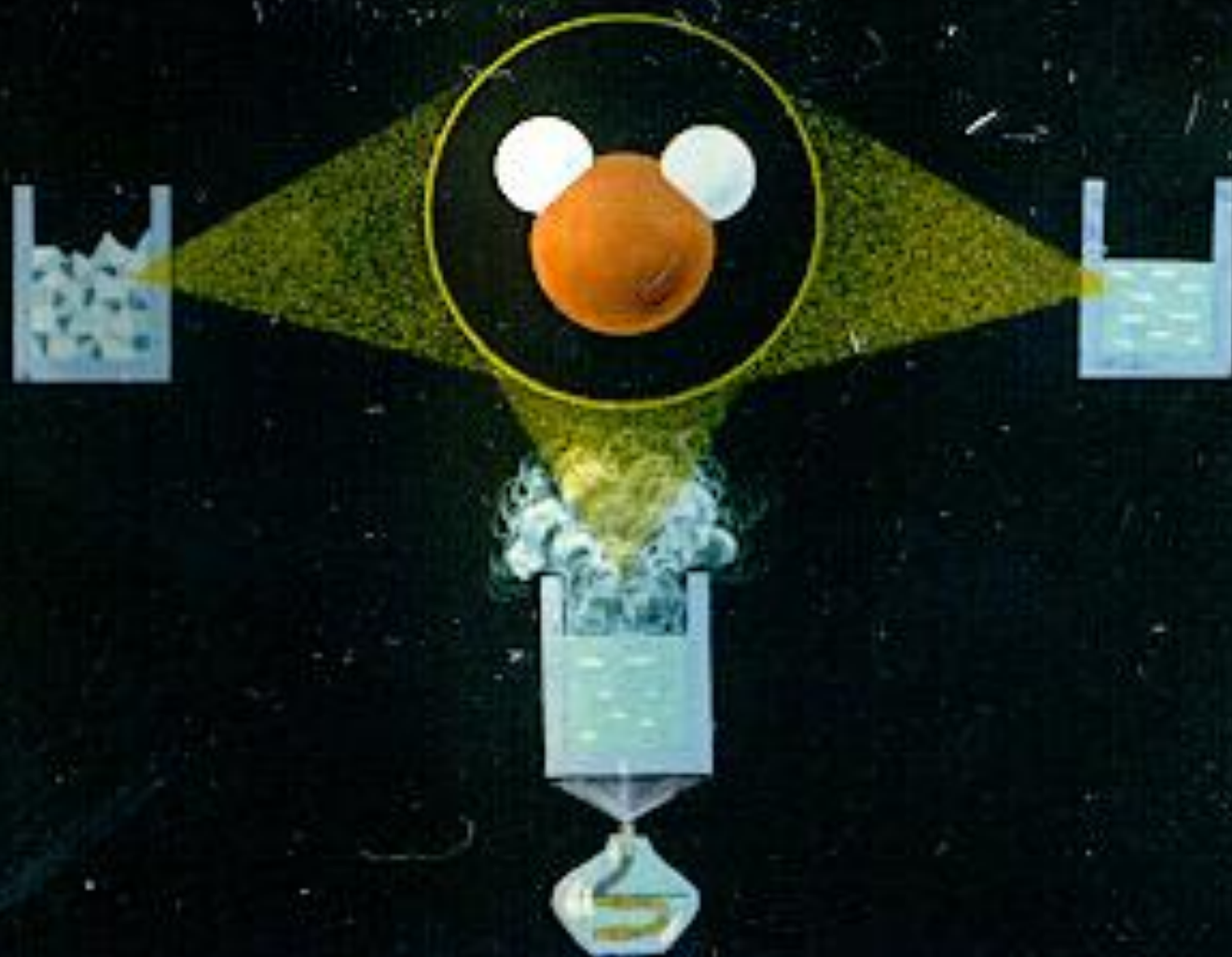


Аммиак

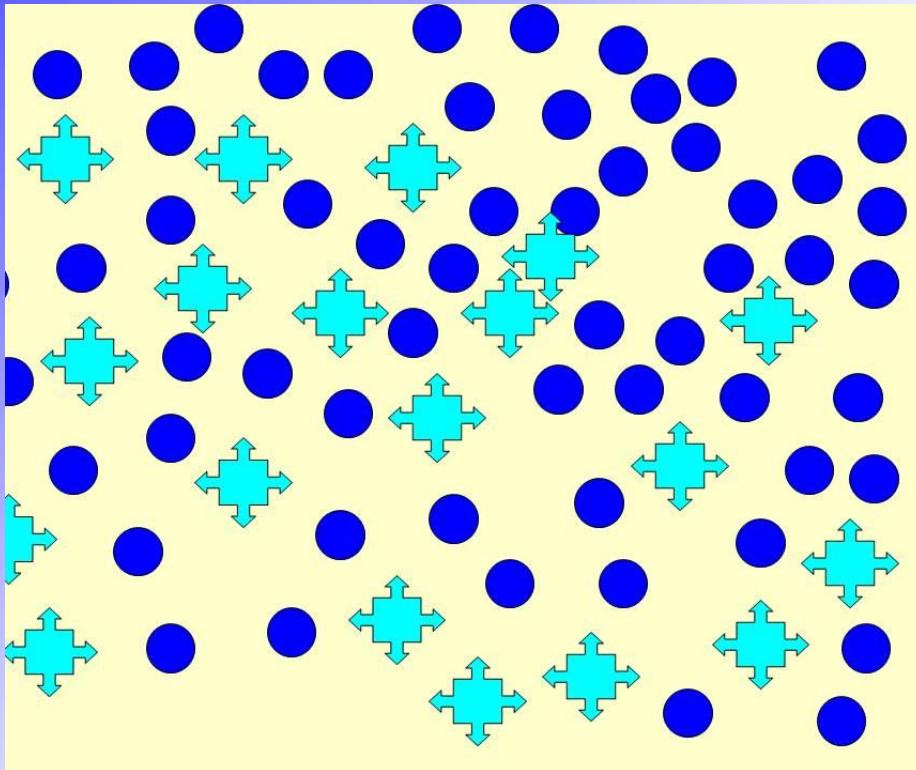


Спирт

# Молекула льда, воды и водяного пара



Диффузия – взаимное проникновение  
соприкасающихся веществ друг в  
друга



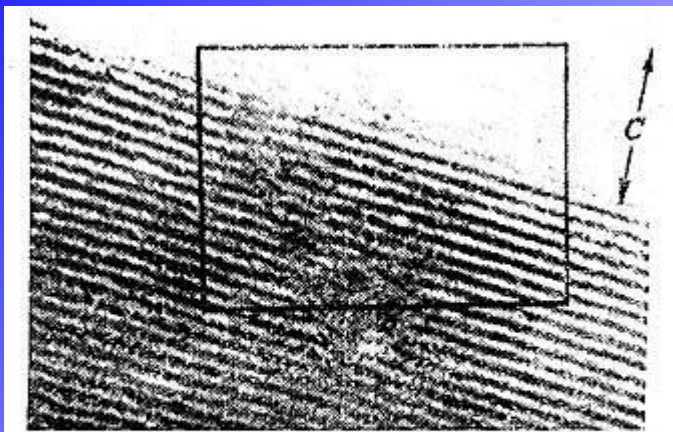


**Ионный микроскоп JEM-ARM200F**

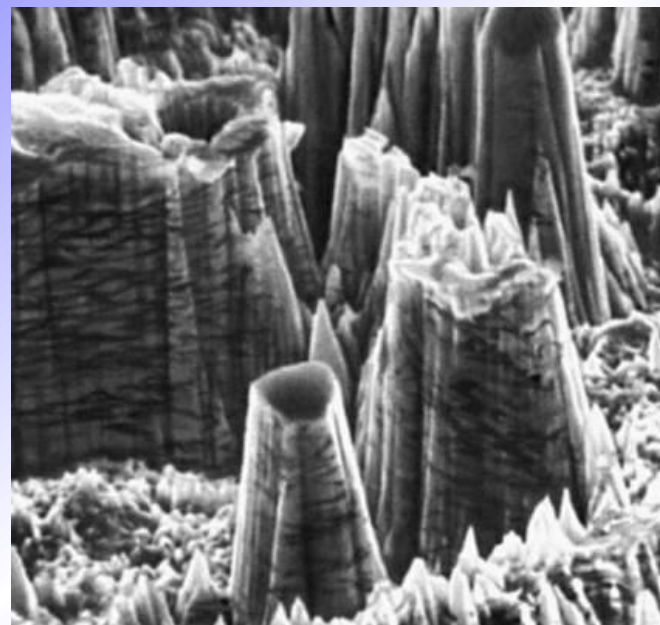
***Ионный микроскоп - электронно-оптический прибор, в котором изображение создается ионным пучком от термоионного или газоразрядного ионного источника.***



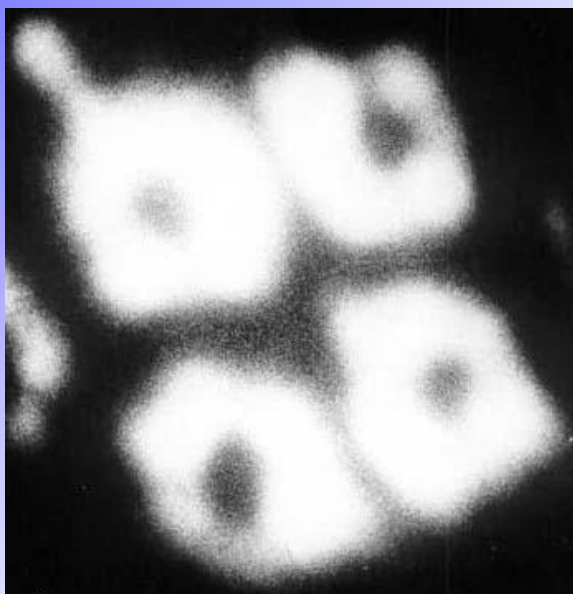
**Сканирующий электронно-ионный микроскоп.**



**Платина в электронном микроскопе**

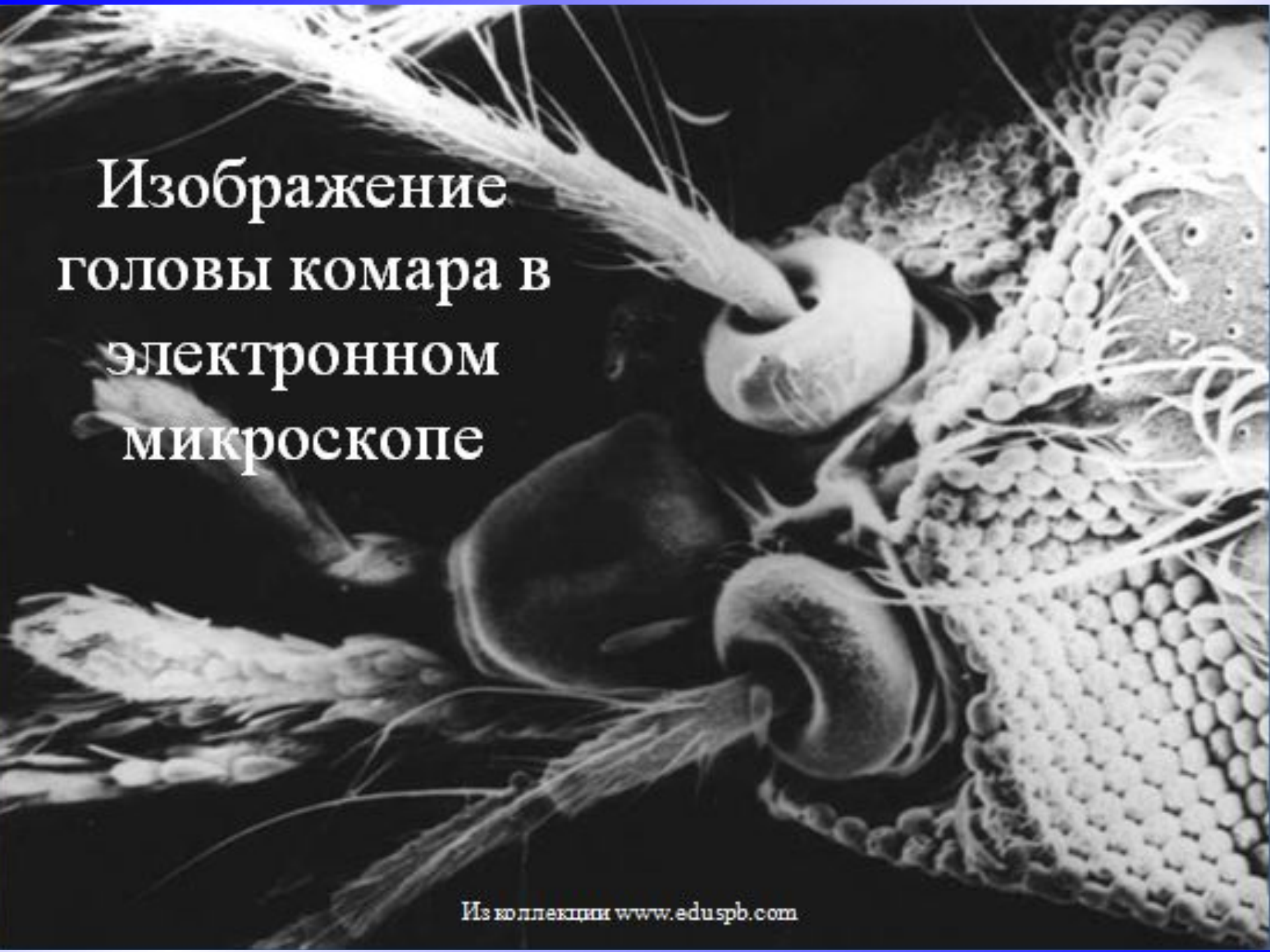


**Изображение предварительно отполированной, а затем подвергнутой ионной бомбардировке поверхности монокристалла меди. Снято в растровом электронном микроскопе. Увеличение - 3000.**

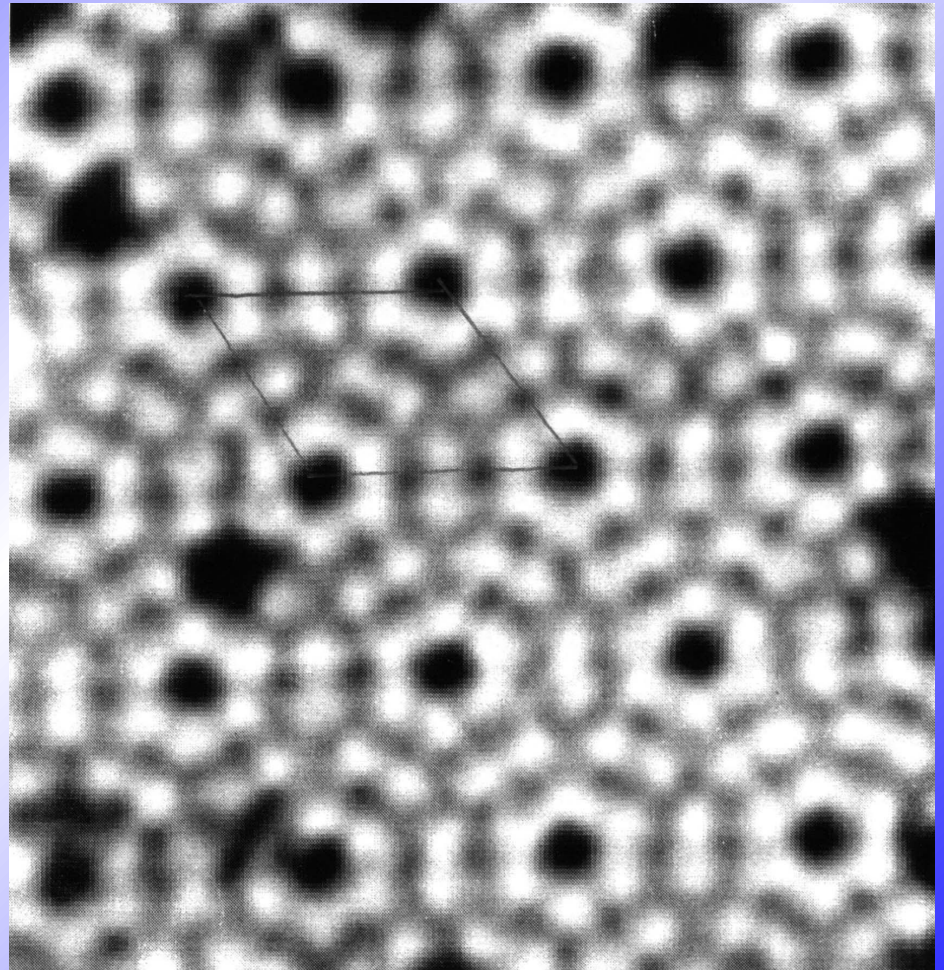


**Молекулы нафталина в ионном микроскопе**

Изображение  
головой комара в  
электронном  
микроскопе



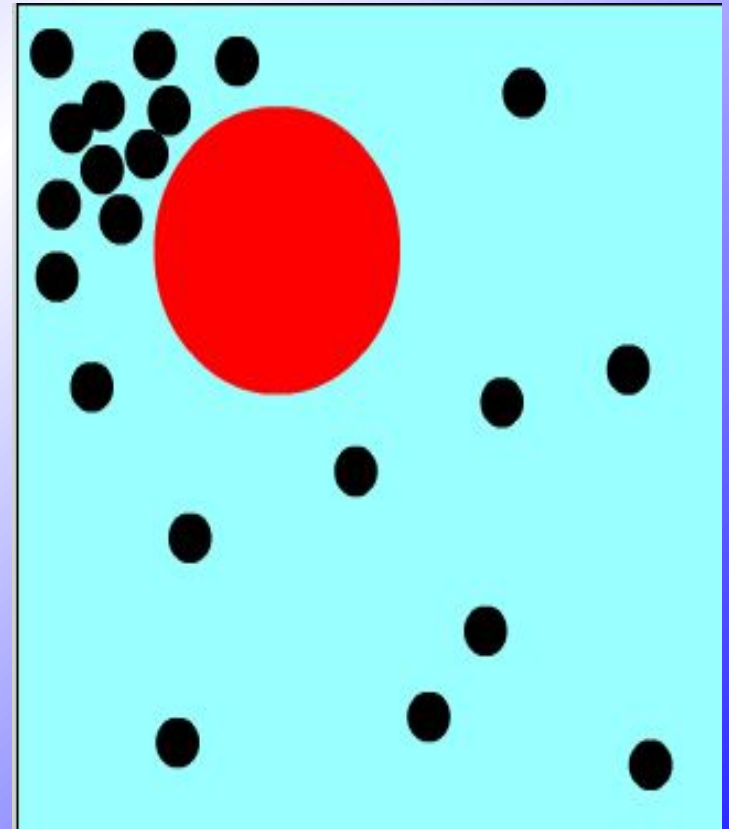
Поверхность  
кремния.  
Изображение  
получено с  
помощью  
туннельного  
микроскопа



## 2. Частицы непрерывно и хаотически ДВИЖУТСЯ

Опыты:

- ✓ Диффузия
- ✓ Броуновское движение
- ✓ Стремление газа занять весь объем







**Броуновское движение** – это хаотическое движение мелких частиц твёрдого вещества под ударами молекул жидкости или газа, в которых эти частицы находятся.

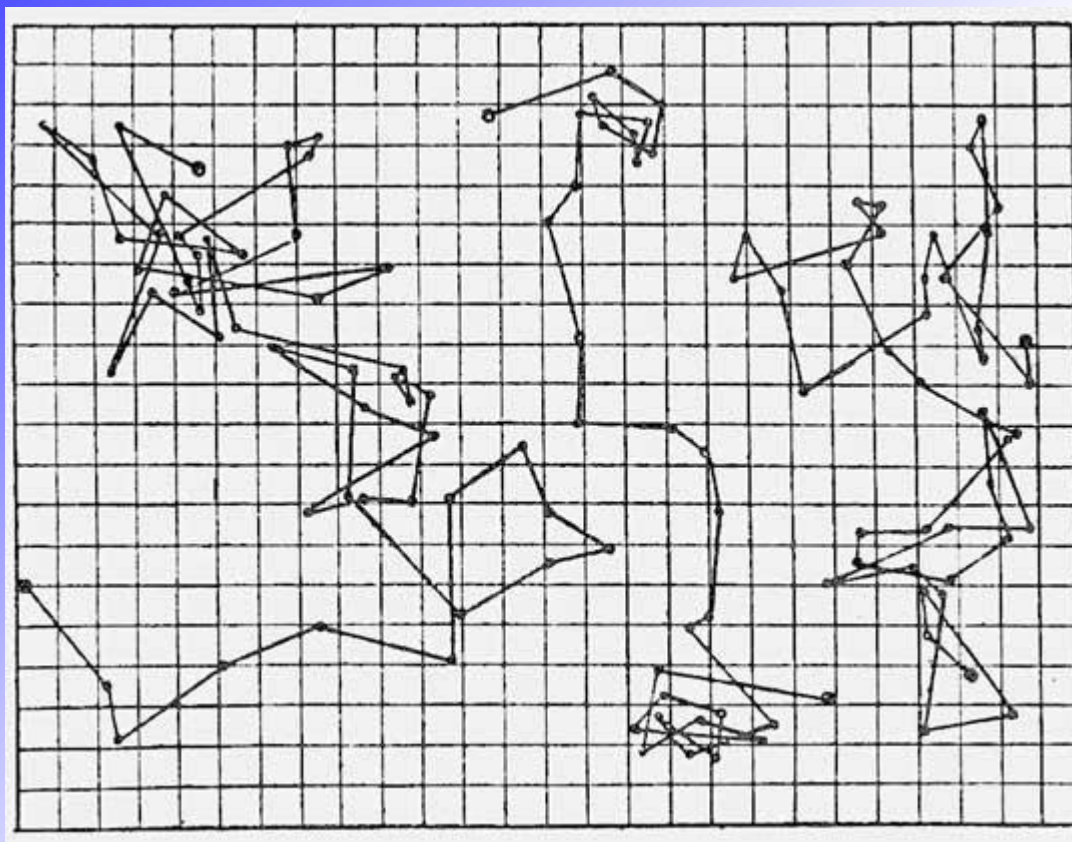
Это явление открыто Р. Броуном в 1827 г., когда он проводил исследования пыльцы растений.

Интересуясь, как пыльца участвует в процессе оплодотворения, он разглядывал под микроскопом выделенные из клеток пыльцы североамериканского растения *Clarkia pulchella* (кларкии хорошенькой) взвешенные в воде удлинённые цитоплазматические зерна.

Мельчайшие частички вели себя, как живые, причем «танец» частиц ускорялся с повышением температуры и с уменьшением размера частиц и явно замедлялся при замене воды более вязкой средой. Это удивительное явление никогда не прекращалось: его можно было наблюдать сколь угодно долго.



**Clarkia  
pulchella**



**Последовательные положения через каждые 30 секунд трех броуновских частиц – шариков гуммигута размером около 1 мкм. Одна клетка соответствует расстоянию 3 мкм.**

### 3. Частицы, взаимодействуя друг с другом, притягиваются и отталкиваются.

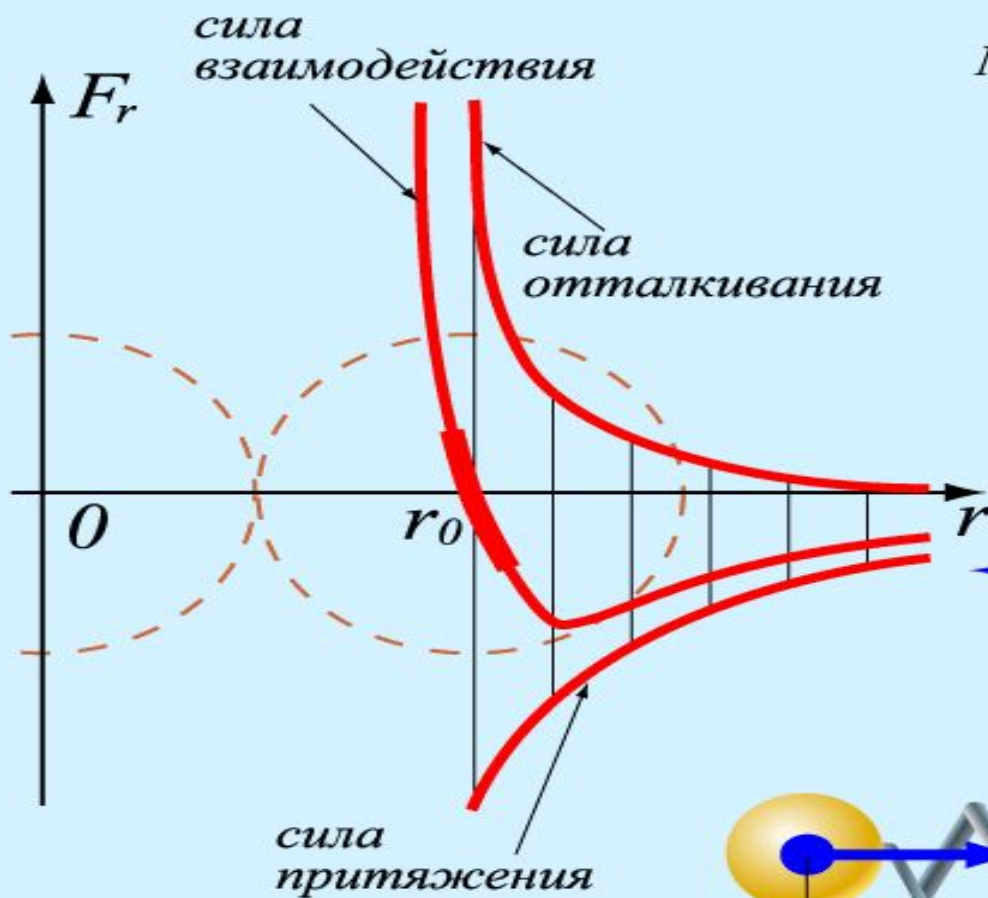
Опыты:

- ✓ Деформация
- ✓ Склеивание
- ✓ Смачивание, несмачивание

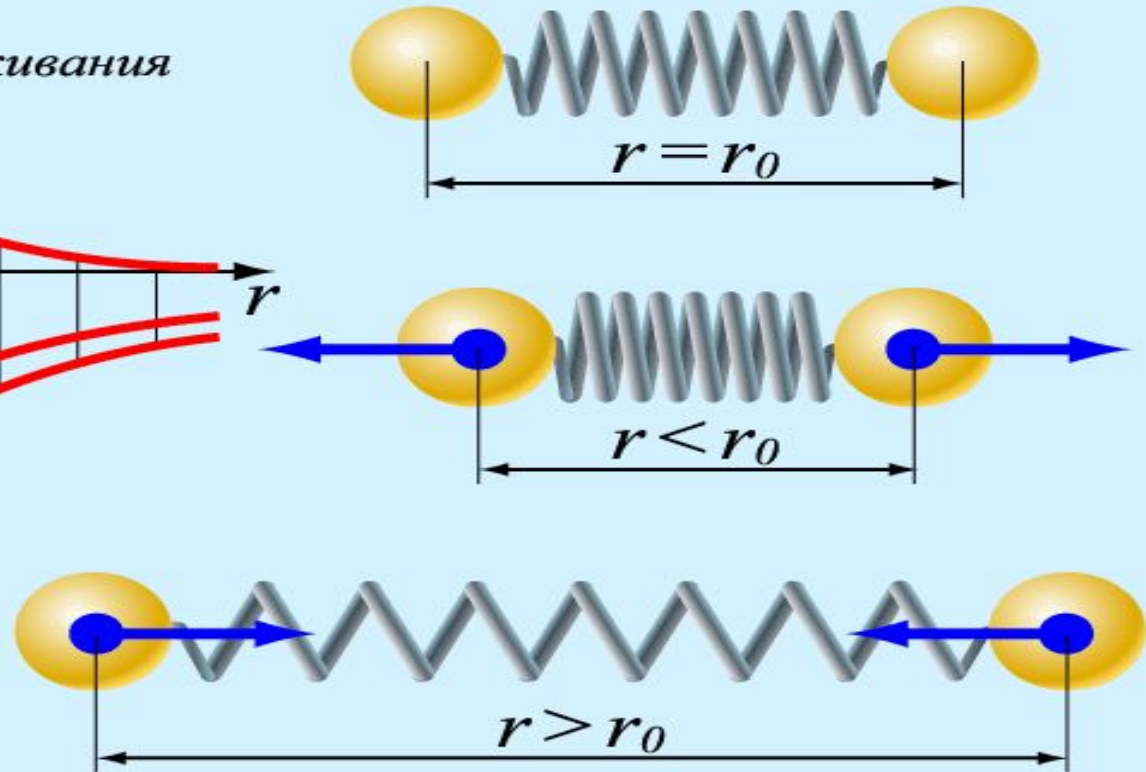


- ✓ Поверхностное натяжение жидкости

- ✓ Твердые тела и жидкости трудно сжать

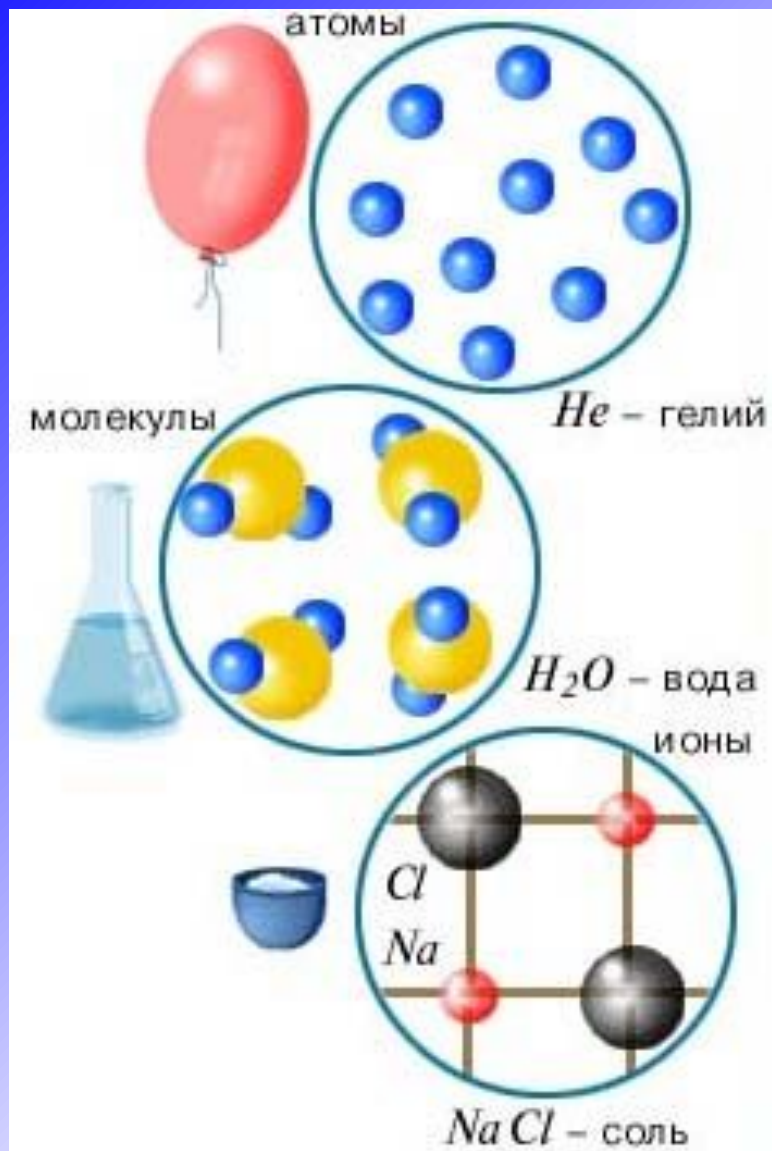


Модель взаимодействия между частицами вещества



1. Силы притяжения и отталкивания действуют одновременно.
2. Силы имеют электромагнитную природу.

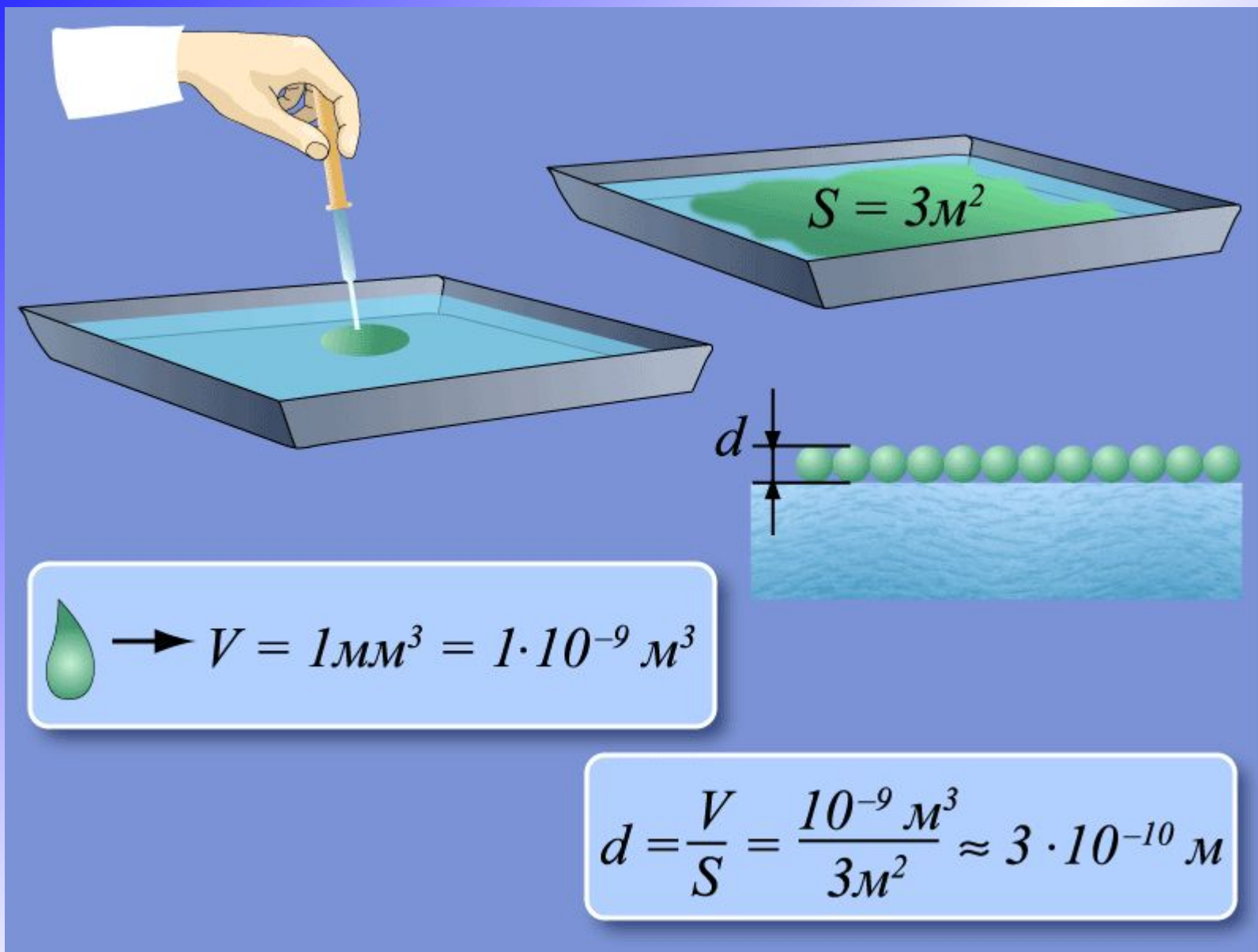
# Масса и размеры атомов и молекул



Молекула — мельчайшая устойчивая частица вещества, сохраняющая его основные химические свойства.

Атомы — мельчайшие частицы химического элемента, сохраняющие его химические свойства.

# Измерение диаметра молекулы



# Постоянная Авогадро

Число частиц в одном моле вещества называется *постоянной Авогадро*  $N_A$ .

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

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

**Закон Авогадро:** *в равных объёмах разных газов при одинаковых условиях всегда содержится одинаковое количество молекул.*

**Более точное значение постоянной Авогадро:**  
 $6,02214084(18) \cdot 10^{23}$



Амедео Авогадро  
Итальянский физик и  
ХИМИК

9 августа 1776 г. – 9 июля 1856 г

**Атомная единица массы**  
вещества (а.е.м.)

$$m_{ed} = \frac{\text{масса атома } C_{12}}{12} \approx 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

**Относительная молекулярная**  
(атомная) **масса вещества** -  
отношение массы молекулы  
(атома)  $m_0$  к а.е.м.

$$M_r = \frac{m_0}{m_{ed}}$$

вещество	$M_r$
C	12
O	16
N	14
H	1

**Моль** - количество вещества,  
в котором содержится  
столько же молекул (атомов),  
сколько содержится в 0,012 кг  
углерода

Моль любого вещества  
содержит одно и тоже число  
молекул - **число Авогадро**

$$N_A = \frac{0,012 \text{ кг/моль}}{1,66 \cdot 10^{-27} \cdot 12} = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

**Молярная масса**  
есть масса моля вещества

$$M = m_0 N_A = M_r m_{ed} N_A$$
$$M = M_r \cdot 10^{-3} \text{ (кг/моль)}$$

**Количество вещества**

$$v = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$$



*Для решения задач молекулярной физики необходимо уметь вычислять массу молекулы и количество молекул, содержащихся в веществе.*

*Масса молекулы  $m_M$ :* 
$$m_M = \frac{M}{N_A} = \frac{m}{N} = \frac{\rho}{n}$$

*$M$  – молярная масса вещества,  $N_A$  – число Авогадро;  
 $m$  – масса всего вещества,  $N$  – количество молекул в нём;  
 $\rho$  – плотность вещества,  $n$  – концентрация молекул (число молекул в единице объёма)*

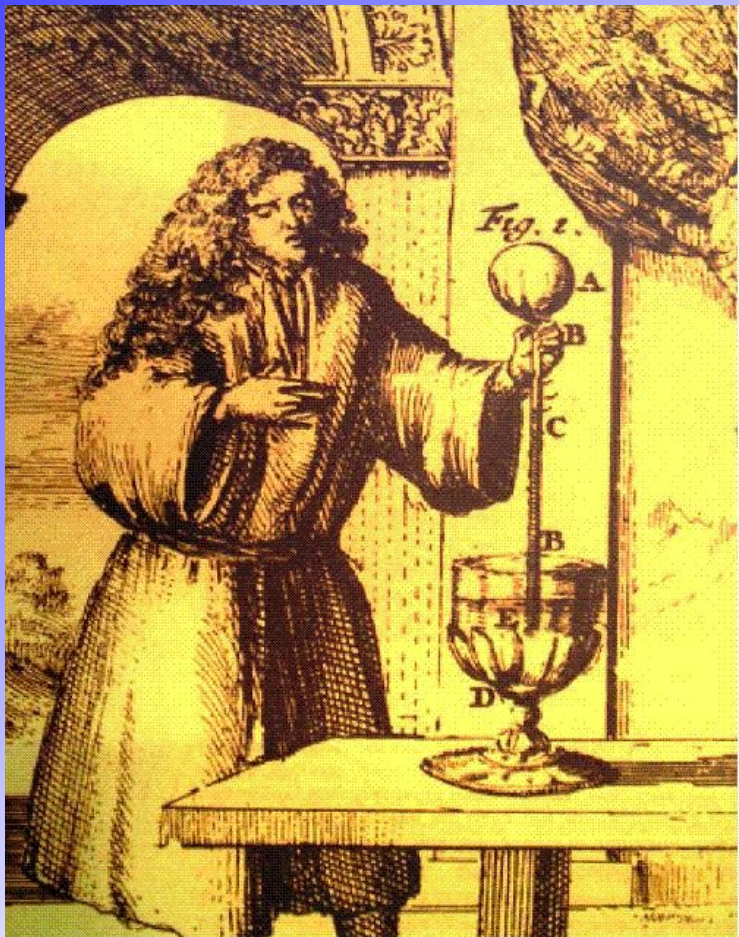
*Число молекул  $N$ :* 
$$N = N_A \cdot \nu = n \cdot V = m / m_M$$

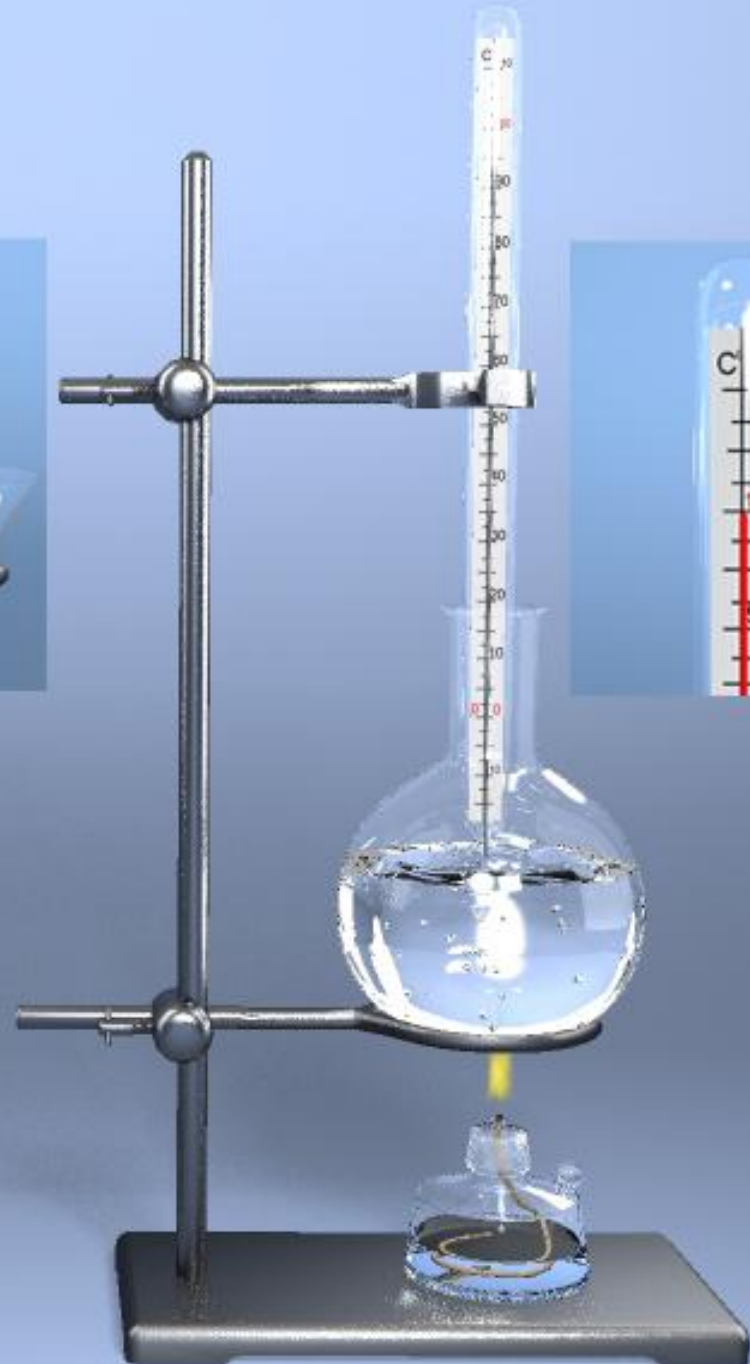
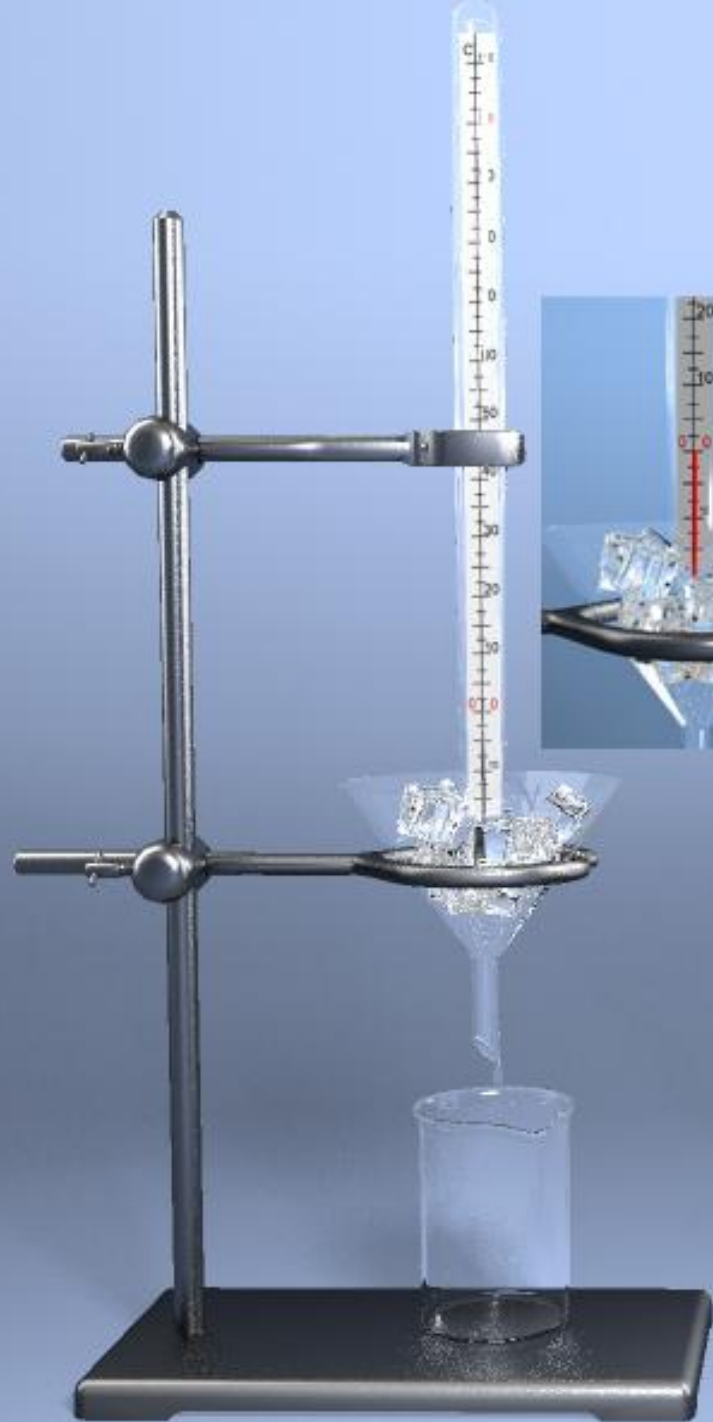
*$V$  – объём вещества*

**Температура** – это физический параметр, одинаковый для всех тел, находящихся в тепловом равновесии.



# Термоскоп Галилея

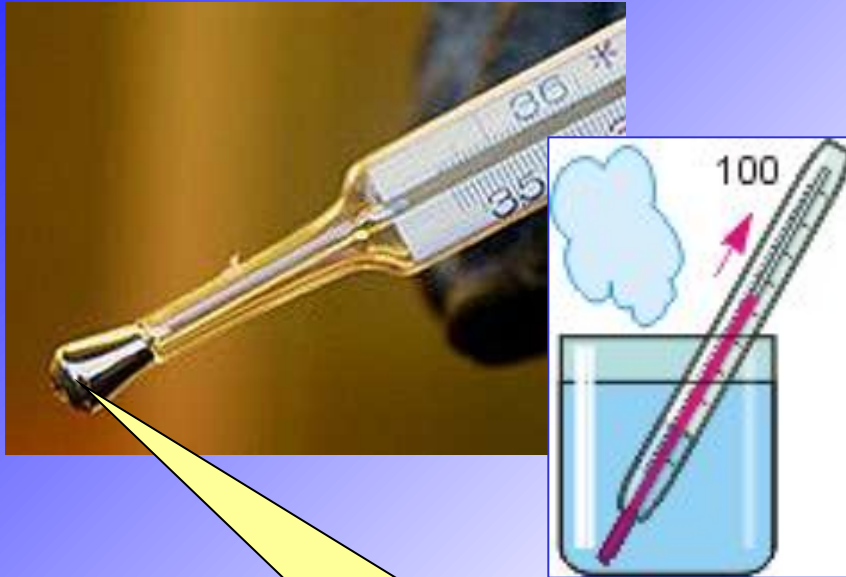




# Термометры



Проводя измерения, следует помнить, что *любой термометр всегда измеряет свою собственную температуру*



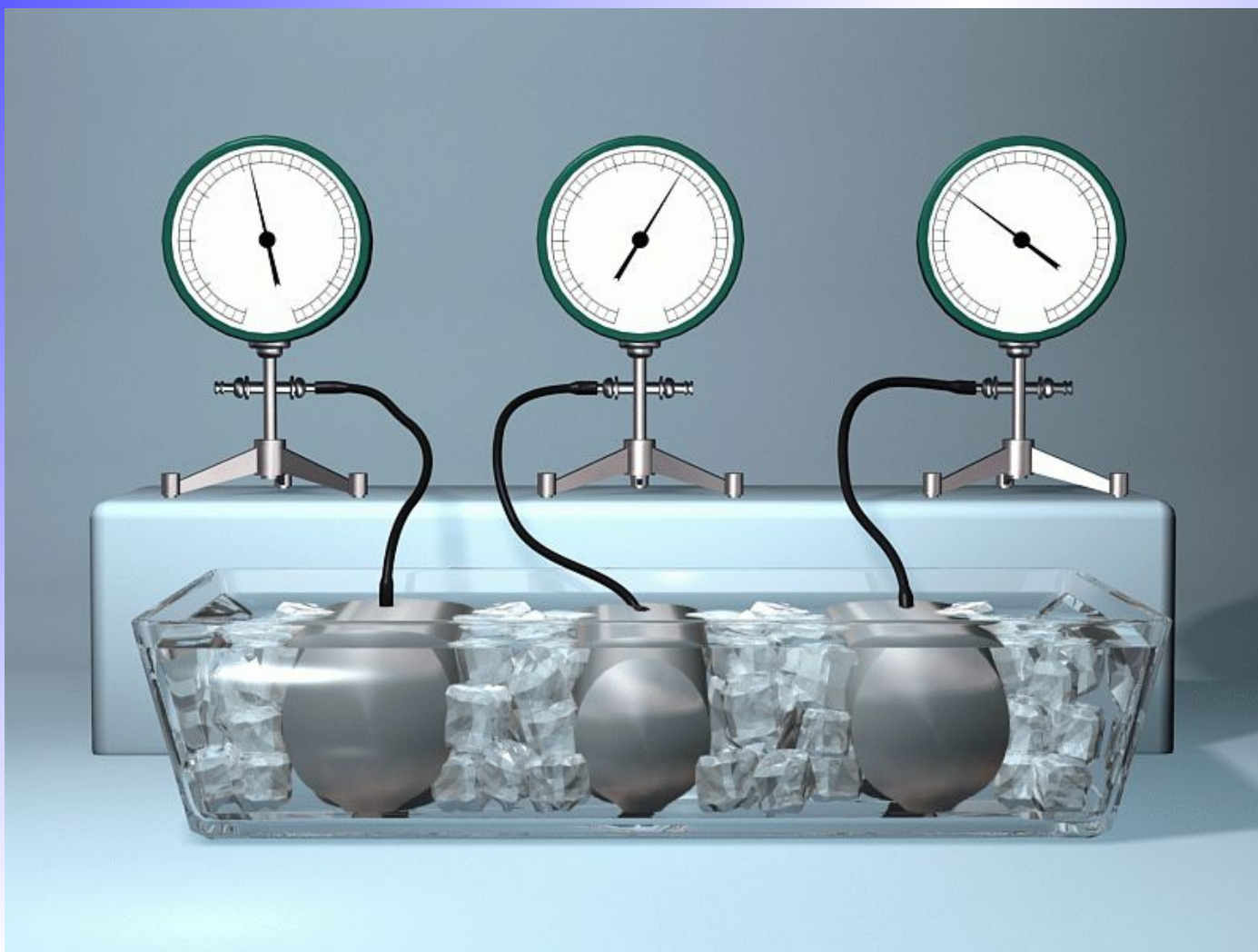
Термометрическое  
тело

***температура*** – физическая величина, измеряемая термометром и одинаковая у всех тел или частей тела, находящихся в термодинамическом равновесии друг с другом.

### Принципы измерения температуры:

1. Тело необходимо привести в тепловой контакт с термометром
2. Масса термометра  $\ll$  массы тела.
3. Тепловое равновесие.

при тепловом равновесии средние кинетические энергии молекул всех газов **одинаковы**.



# Температура – мера средней кинетической энергии хаотического движения частиц

$$\bar{E}_k = \frac{3}{2} kT$$

$E_k$  – средняя кинетическая энергия  
поступательного движения частиц  
 $k$  – постоянная Больцмана  
 $T$  – абсолютная температура

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



# Абсолютная шкала температур

## Ч. Кельвин

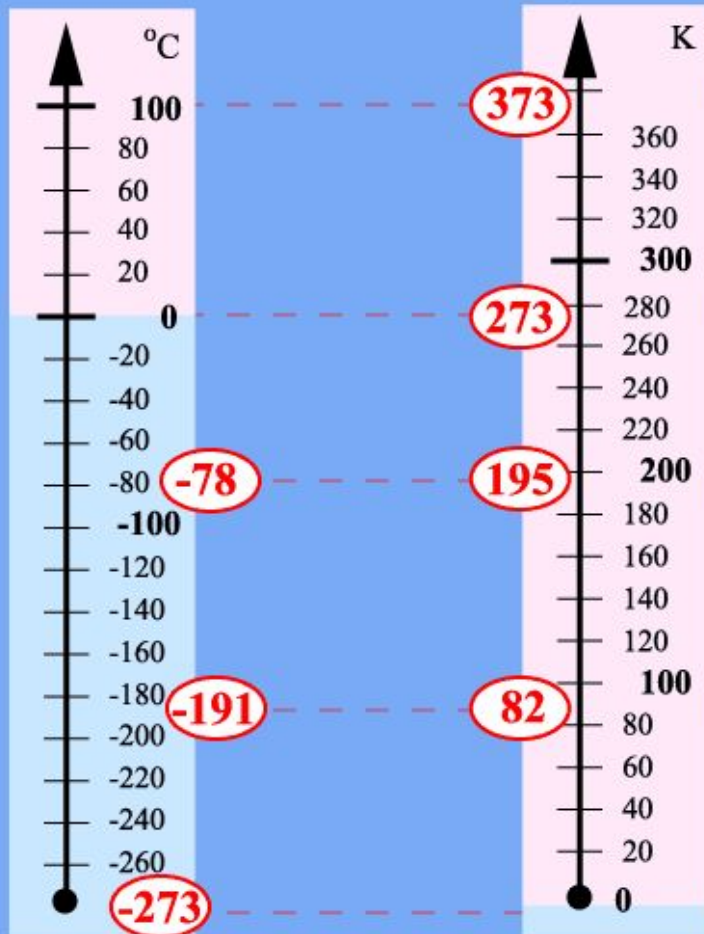
1. Соответствует физическому смыслу понятия температуры.
2. Не имеет отрицательных значений.
3. **Абсолютный нуль** - температура, при которой прекращается тепловое движение молекул.
4. связана с температурой по шкале Цельсия соотношением  $T = (t + 273,15 \text{ } ^\circ\text{C}) \text{ K}/^\circ\text{C}$
5. Изменение температуры по абсолютной шкале совпадает с изменением температуры по шкале Цельсия

# Шкала Цельсия

$$t = T - 273$$

# Термодинамическая шкала

$$T = t + 273$$



кипение воды



плавление льда



сухой лед (CO<sub>2</sub>)



жидкий воздух



абсолютный ноль

