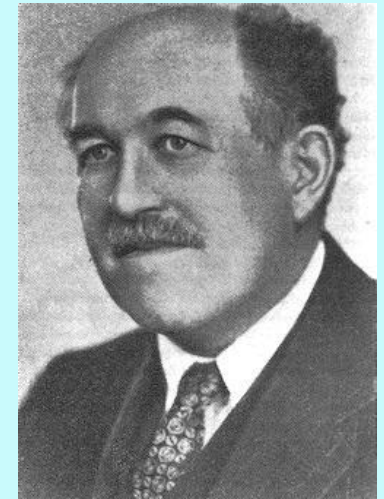
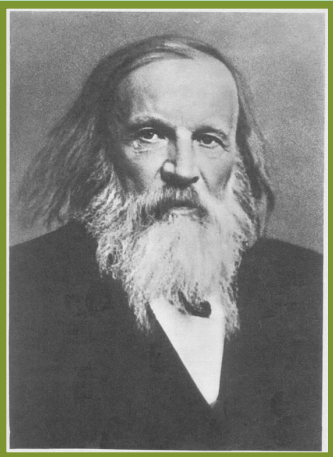
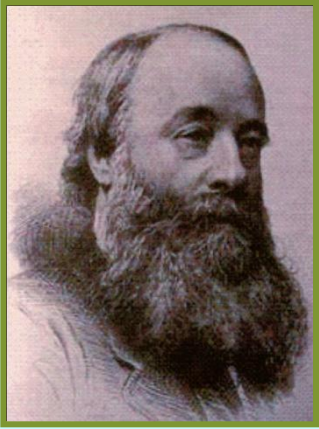


**Основные  
положения  
молекулярно-  
кинетической  
теории строения  
вещества  
и их опытное  
обоснование**



**ЦЕЛЬ:** сформулировать основные положения МКТ и на их основе объяснить агрегатные состояния вещества.  
Получить представление о массе и размерах молекул.



**«Не существует ничего, кроме атомов».**

Демокрит

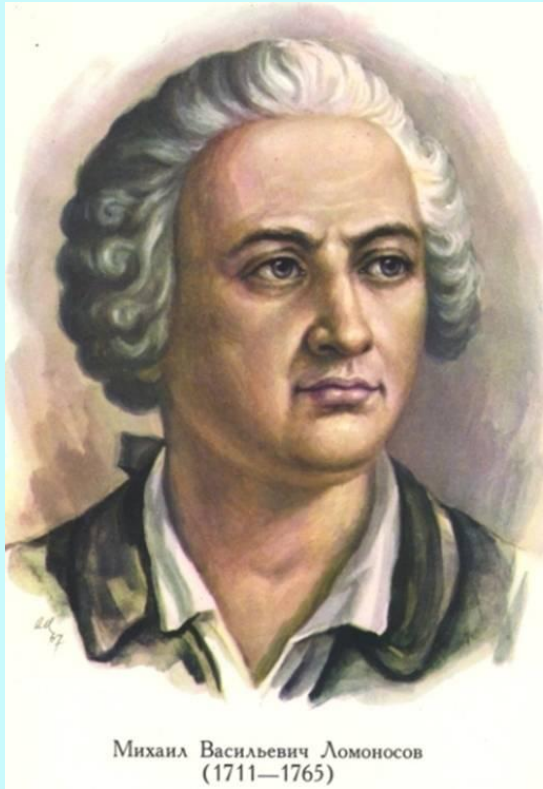
Еще период расцвета древних культур, возникло учение о мельчайших частицах, из которых построено любое вещество.



*Древнегреческие философы Анаксагор и Демокрит (в IV веке до нашей эры)*

*считали, что любое вещество состоит из мельчайших неделимых частиц.*

*Анаксагор учил о вечных элементах мира, «семенах» (или «гомеомериях»), которые включают в себя всю полноту мировых качеств и управляются космическим Умом.*

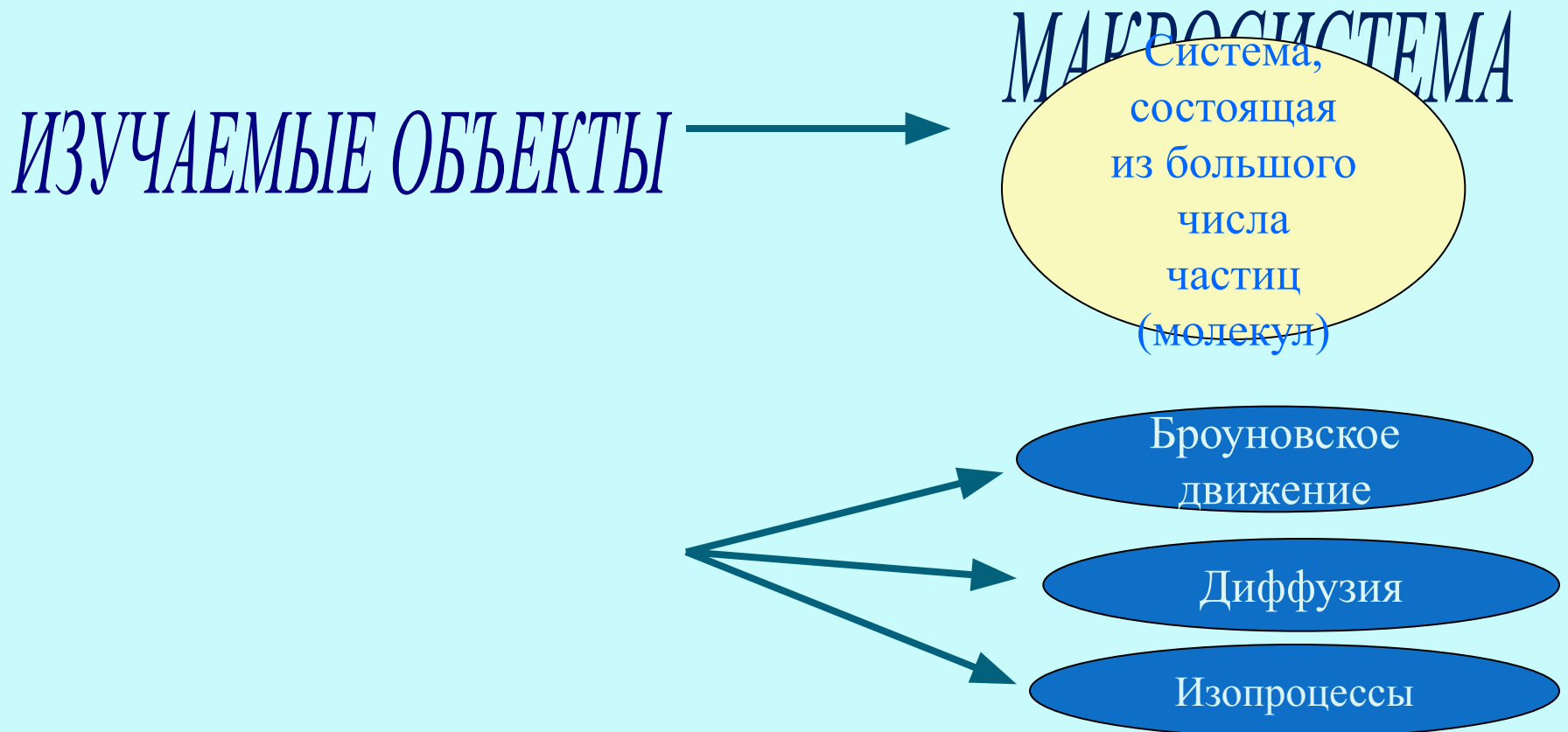


Большой шаг вперед в развитии молекулярно-кинетической теории был сделан великим русским ученым *Михаилом Васильевичем Ломоносовым* в середине XVIII в. Ломоносов сформулировал молекулярную гипотезу, основные черты которой весьма близки к современным воззрениям.

*Основой молекулярной физики является  
Молекулярно-кинетическая теория  
строения вещества  
(МКТ)*

*Цель молекулярно-кинетической теории –  
объяснение свойств макроскопических тел и  
закономерностей тепловых процессов на  
основе представлений о том, что все тела  
состоят из отдельных хаотически  
двигающихся частиц.*

# МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА



# Основные положения МКТ

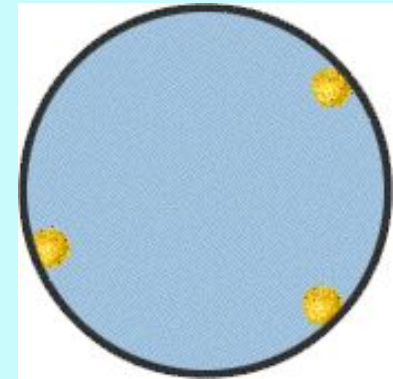
## I

Все вещества состоят из мельчайших частиц (молекул, атомов и т.д.), разделённых промежутками



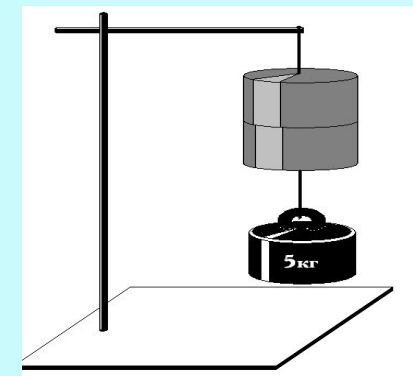
## II

Все частицы непрерывно и хаотично движутся (следовательно, обладают **кинетической** энергией)



## III

Все частицы взаимодействуют друг с другом (следовательно, обладают **потенциальной** энергией)



# Основные понятия МКТ:

- МОЛЕКУЛА – мельчайшая единица вещества, определяющая его химические свойства и способная к самостоятельному существованию.<sup>27</sup>
- Размеры молекул чрезвычайно малы, поэтому их измеряют в нанометрах (1 нм =  $10^{-9}$  м) то есть в одном метре содержится миллиард нанометров).



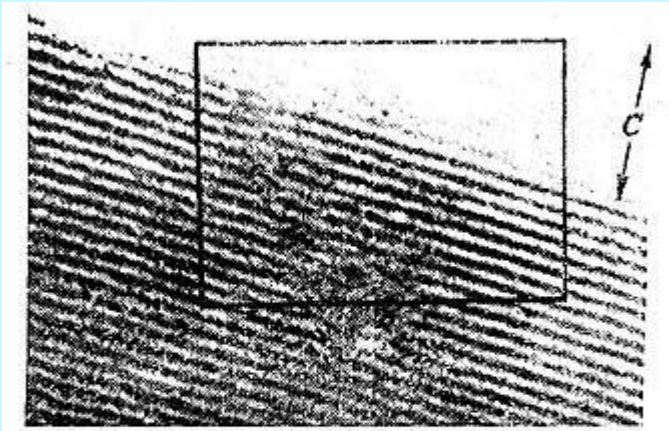


**Ионный микроскоп JEM-ARM200F**

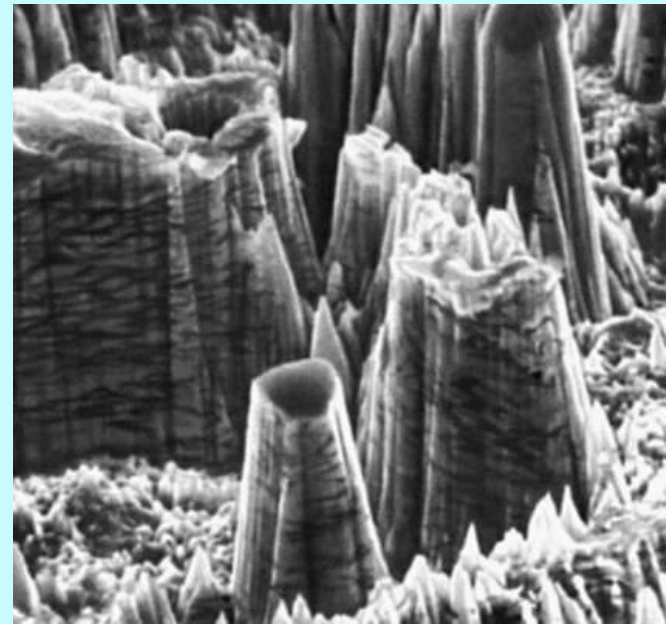


**Сканирующий электронно-ионный микроскоп.**

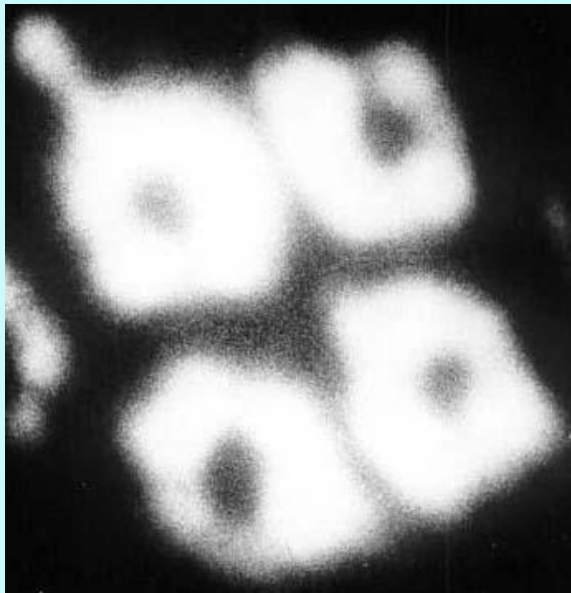
***Ионный микроскоп - электронно-оптический прибор, в котором изображение создается ионным пучком от термоионного или газоразрядного ионного источника.***



**Платина в электронном микроскопе**

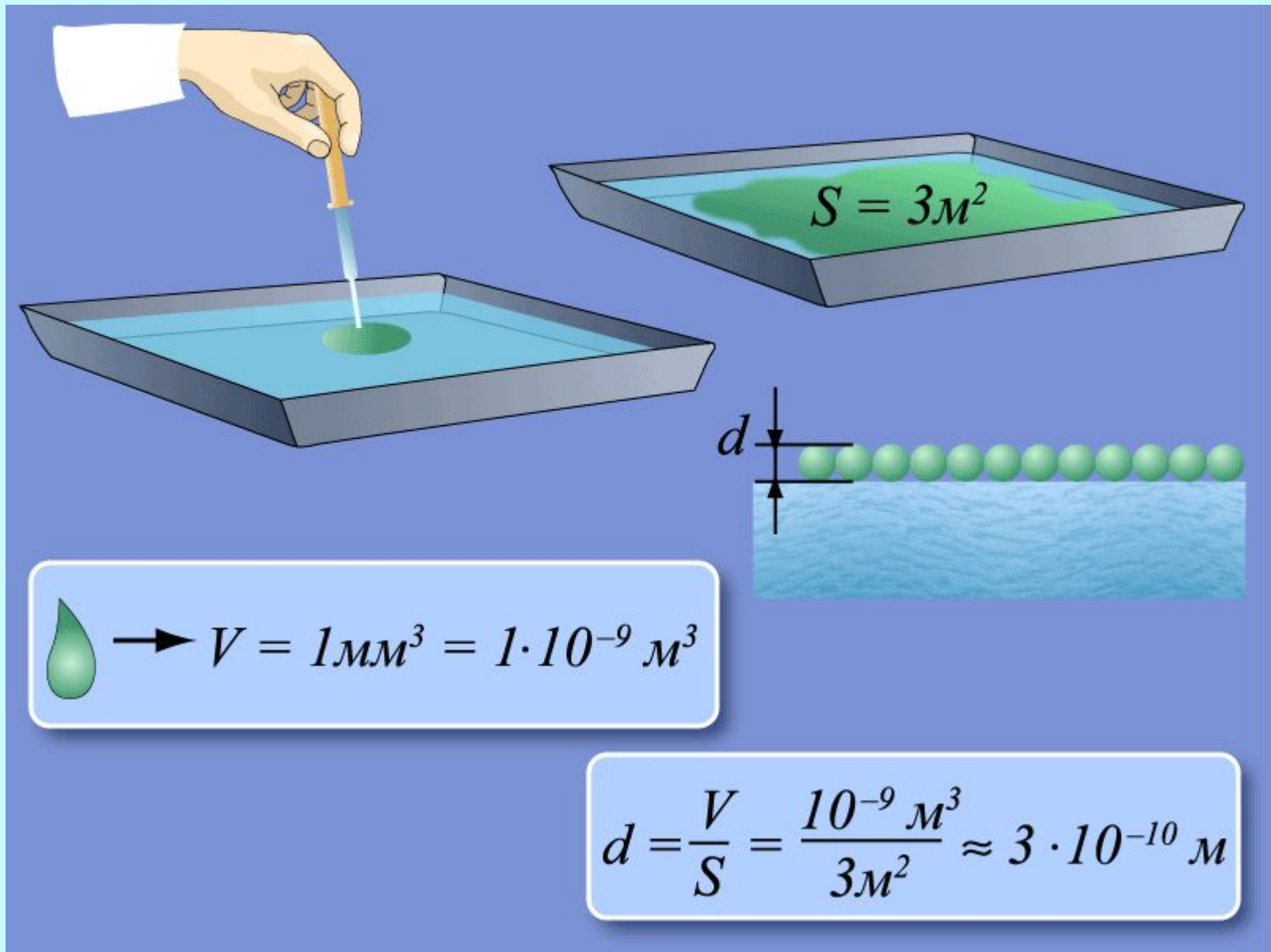


**Изображение предварительно отполированной, а затем подвергнутой ионной бомбардировке поверхности монокристалла меди. Снято в растровом электронном микроскопе. Увеличение - 3000.**



**Молекулы нафталина в ионном микроскопе**

# Измерение диаметра молекулы



# Основные формулы МКТ

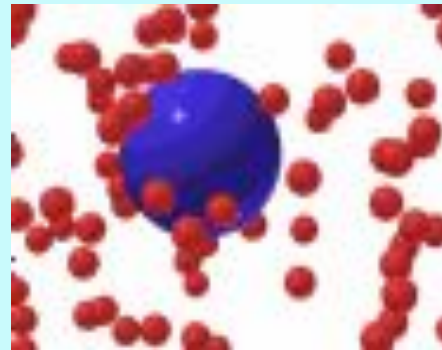
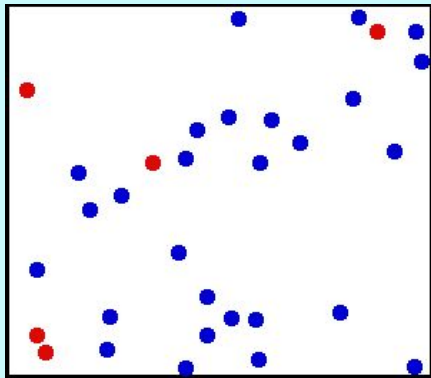
$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$$

$$m = m_0 N$$

$$M = m_0 N_a$$

*Наиболее убедительными доказательствами реального существования молекул являются броуновское движение и диффузия.*

# БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ







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.

Неожиданно Броун увидел, что мельчайшие твёрдые крупинки, которые едва можно было разглядеть в капле воды, непрерывно дрожат и передвигаются с места на место. 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.



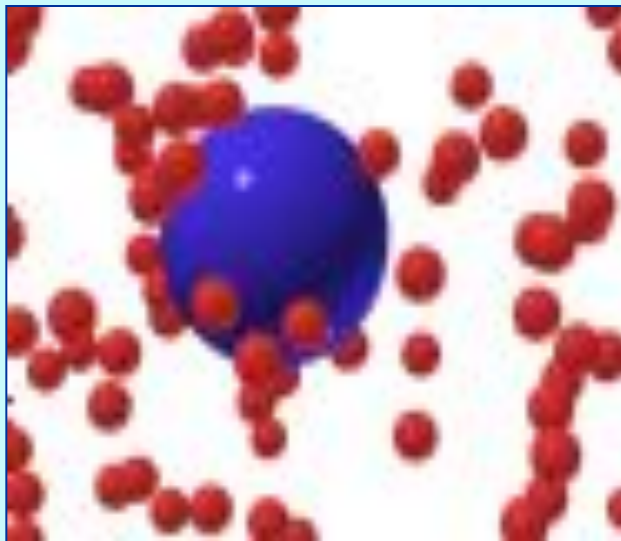
**Clarkia  
pulchella** 14

# Опытное обоснование: Броуновское движение

*(открыл явление Р. Броун, 1827 г)*

Объяснено в конце XIX в Ж. Перреном, теория броуновского движения создана А. Эйнштейном в 1905 г

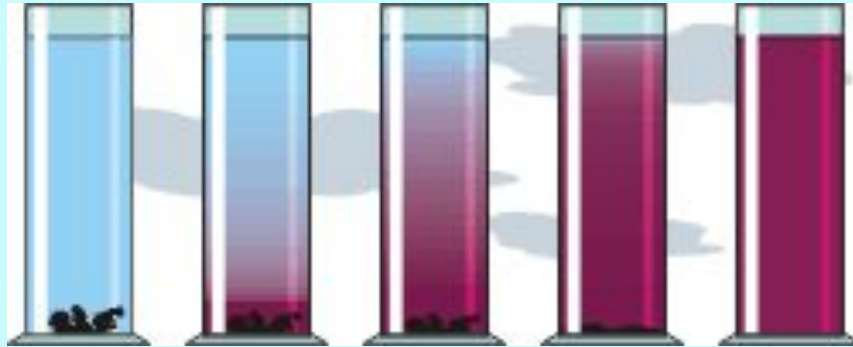
Это движение мелкой нерастворимой частицы, взвешенной в жидкости или газе, под действием ударов большого числа молекул



↖ броуновская частица ↗

# Опытное обоснование: Диффузия

взаимное проникновение молекул одного вещества в промежутки между молекулами другого вещества  
(наблюдается в газах, жидкостях, твердых телах)



## Примеры диффузии

**1. ПЕРЕМЕШИВАНИЕ ГАЗОВ – ЗАПАХ ДУХОВ БЫСТРО**

**РАСПРОСТРАНЯТСЯ ПО ВСЕЙ КОМНАТЕ**

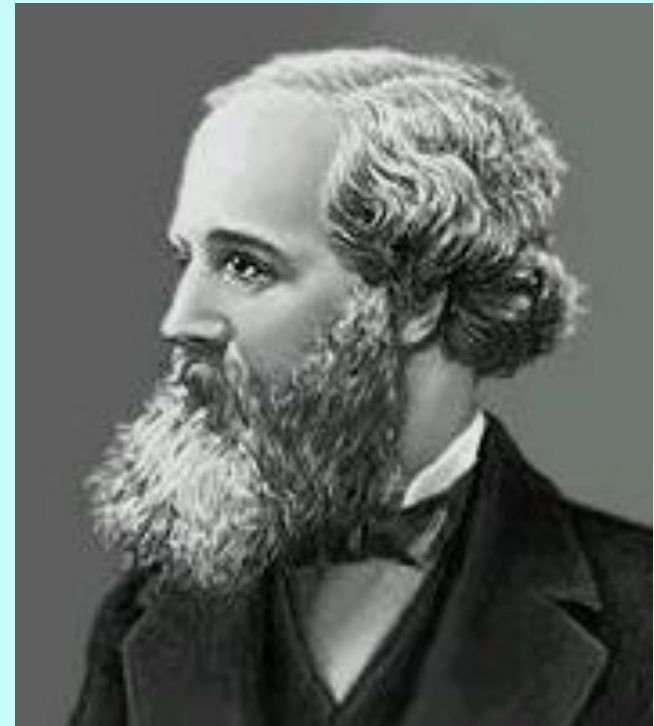
**2. ПЕРЕМЕШИВАНИЕ ЖИДКОСТЕЙ - ЕСЛИ В ВОДУ КАПНУТЬ КРАСКУ,  
ЧЕРЕЗ НЕКОТОРОЕ ВРЕМЯ ВОДА  
РАВНОМЕРНО ОКРАСИТСЯ**

**3. РАСТВОРЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ТВЕРДЫХ ТЕЛ – САХАРА, СОЛИ В ВОДЕ**



# МАКСВЕЛЛ Джеймс Клерк ( (1831-79), английский физик, создатель классической электродинамики, один из основоположников статистической физики

Максвелл первым высказал утверждение о статистическом характере законов природы. В 1866 им открыт первый статистический закон — закон распределения молекул по скоростям (Максвелла распределение).



**БОЛЬЦМАН Людвиг (1844-1906), австрийский физик, один из основателей статистической физики и физической кинетики. Вывел функцию распределения, названную его именем, и основное кинетическое уравнение газов.**



- **Больцман обобщил закон распределения скоростей молекул в газах, находящихся во внешнем силовом поле, и установил формулу распределения молекул газа по координатам при наличии произвольного потенциального поля (1868-71).**



**ШТЕРН Отто (1888-1969), физик.**

**Родился в Германии, с 1933 жил в США.**

**Нобелевская премия, 1943 год.**



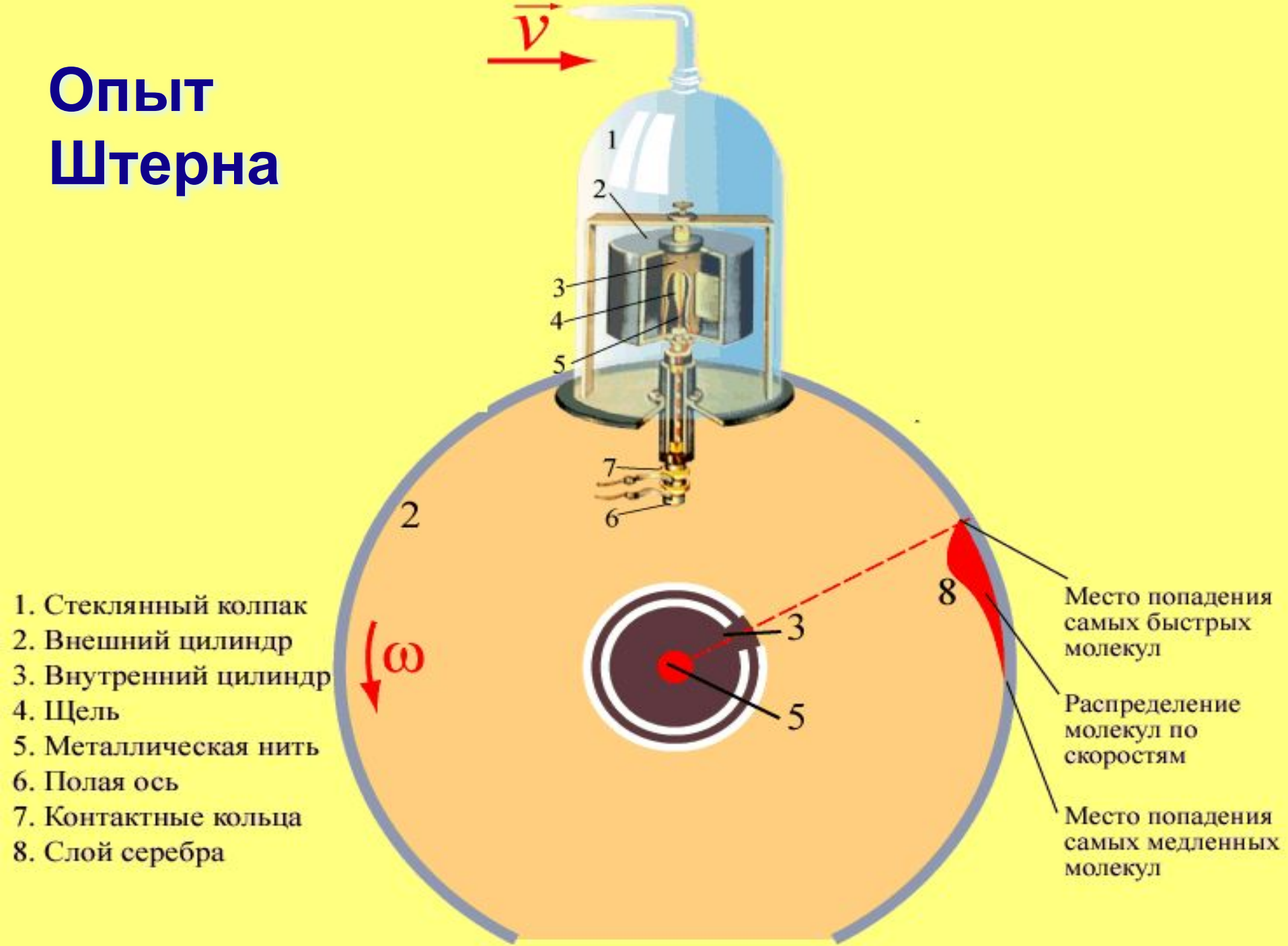
**Отто Штерн измерил (1920) скорость теплового движения молекул газа (опыт Штерна).**

**Экспериментальное определение скоростей теплового движения молекул газа,**

**осуществленное О.**

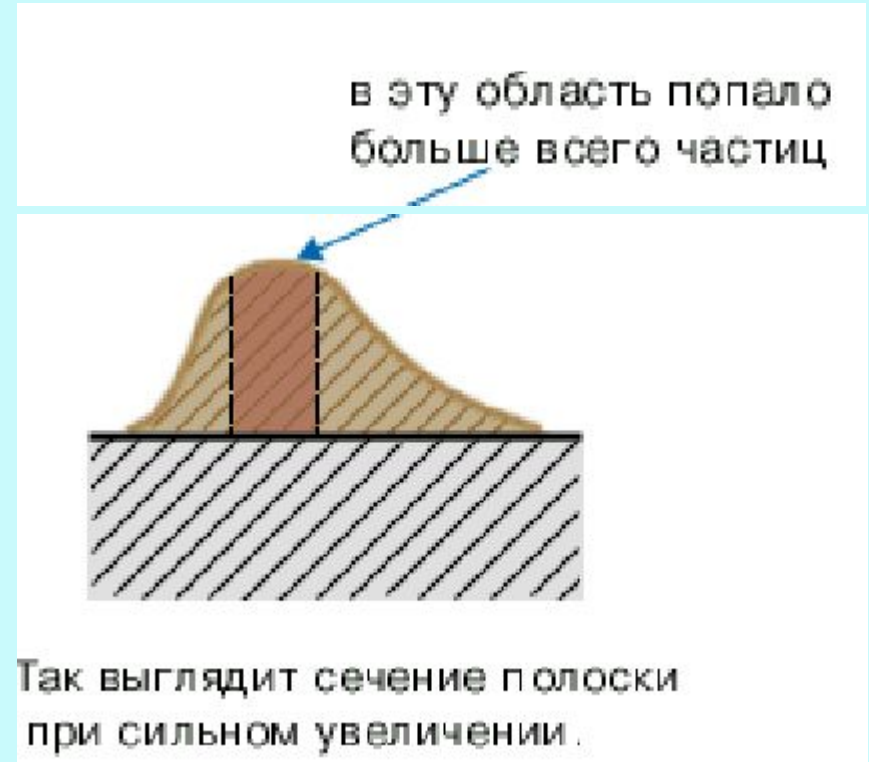
***Штерном* подтвердил правильность основ кинетической теории газов.**

# Опыт Штерна



# Подумайте...

**Внимательное изучение  
полоски серебра в опыте  
Штерна при  
вращающемся цилиндре  
показало, что полоска  
оказалась размытой и  
неодинаковой по  
толщине. Как можно  
объяснить этот факт?**





## ***Попробуйте объяснить:***

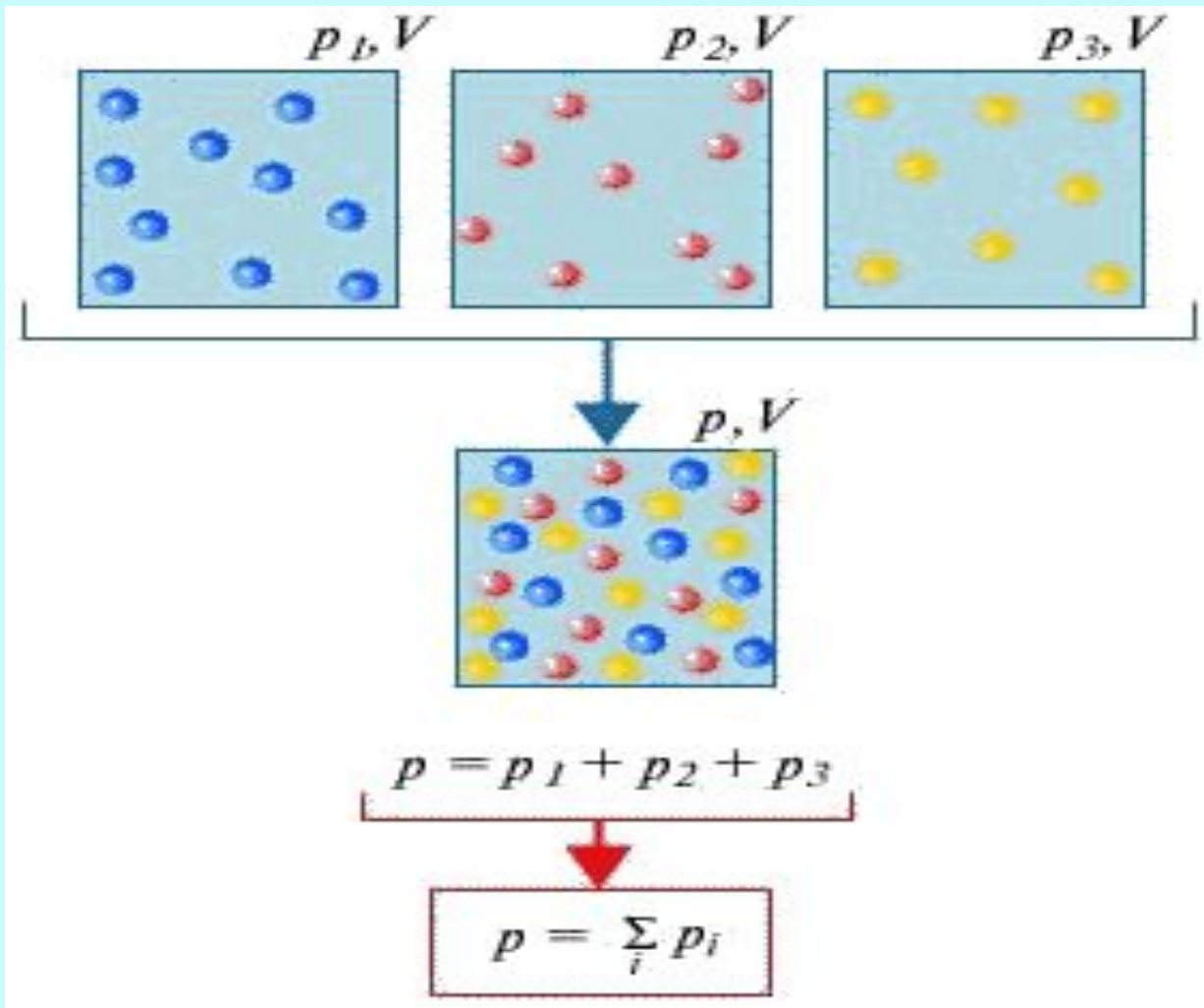
- На каком физическом явлении основан процесс засолки овощей, рыбы, мяса?
- В каком случае процесс происходит быстрее – если рассол холодный или горячий?
- Почему сладкий сироп приобретает со временем вкус фруктов?
- Почему сахар и другие пористые продукты нельзя хранить вблизи пахучих веществ?
- Запах березового веника в жаркой бане распространяется быстрее, чем в прохладной комнате. Почему?
- Как можно объяснить исчезновение дыма в воздухе?

## *Посчитаем:*

1. Определите относительную молекулярную массу и молярную массу  $\text{CO}$ ,  $\text{CuSO}_4$
2. Какое количество вещества содержится в серебре массой 1,08 кг.
3. Какова масса воды, взятой в количестве 1 моль?
4. Сколько атомов содержится в стакане воды (200г)?



# Примите к сведению:





# ОБСУДИМ: АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

*Чем отличаются различные состояния данного вещества?*

## I. Газообразное состояние

Взаимодействие слабое

Расстояние между

молекулами велико

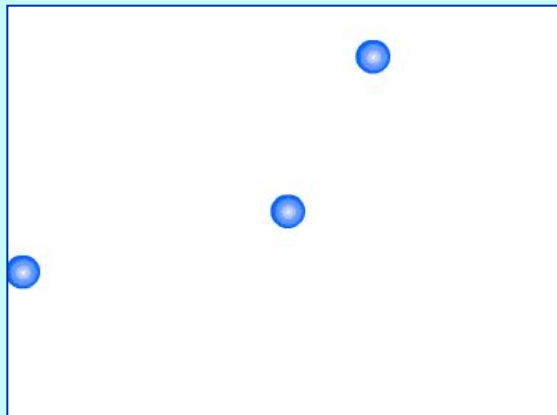
Характер движения -

хаотичный

?

Что можно сказать о  
потенциальной и  
кинетической  
энергии молекул?

Какая энергия  
преобладает?



Свойства  
газов:

Не имеют  
объёма

Не имеют  
формы

## II. Жидкое состояние вещества

Взаимодействие среднее

(сильнее, чем в газах)

«Упаковка» более

плотная, чем в газах

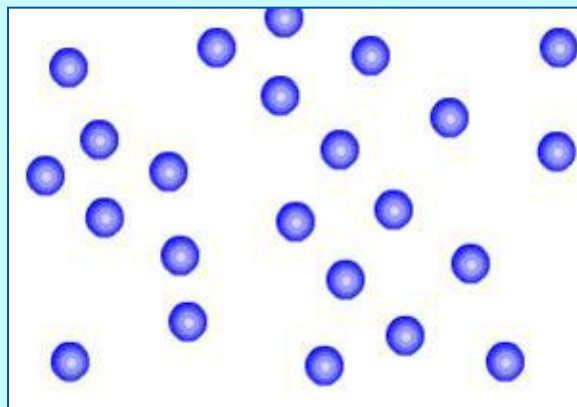
Характер движения-

кочевой

?

Что можно сказать  
о потенциальной и  
кинетической  
энергии молекул?

Какая энергия  
преобладает?



Свойства  
жидкостей:

Не имеют  
формы

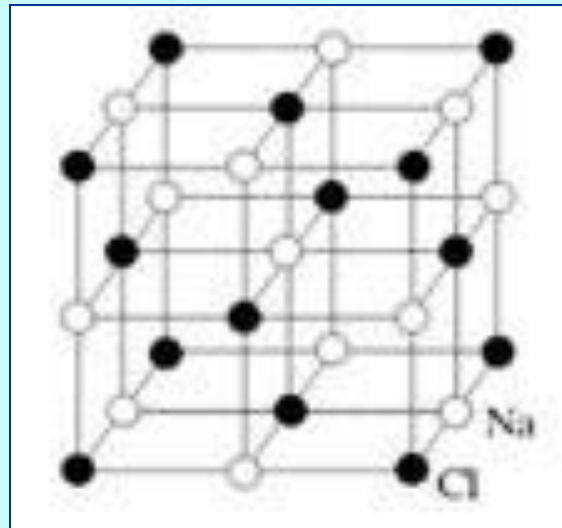
Сохраняют  
объём

# III. Твердое состояние вещества (кристаллы)

Взаимодействие сильное  
«Упаковка» плотная  
Характер движения:  
беспорядочное движение  
около положения равновесия  
(в узлах кристаллической решётки)

?

Что можно сказать  
о потенциальной и  
кинетической  
энергии молекул?  
Какая энергия  
преобладает?



Свойства  
твёрдых тел:

Сохраняют  
форму

Сохраняют  
объём

**Д/З:** Попробуйте заполнить таблицу; сформулируйте **вывод о**

**том, чем отличаются различные состояния данного вещества.**

### **Агрегатные состояния вещества**

	<b>ГАЗ</b>	<b>ЖИДКОСТЬ</b>	<b>ТВЁРДОЕ ТЕЛО</b>
<b>Строение</b>	<i>Модель строения (рисунок)</i>	<i>Модель строения (рисунок)</i>	<i>Модель строения (рисунок)</i>
<b>Движение молекул</b>			
<b>Взаимодействие молекул</b>			
<b>Свойства</b>			

# ОБРАЗЕЦ: Агрегатные состояния вещества

	ГАЗ	ЖИДКОСТЬ	ТВЁРДОЕ ТЕЛО
Строение	<p><math>\geq 100^{\circ}\text{C}</math></p> <p><b>Molecule Chamber</b></p> 	<p><math>1-99^{\circ}\text{C}</math></p> <p><b>Molecule Chamber</b></p> 	<p><math>\leq 0^{\circ}\text{C}</math></p> <p><b>Molecule Chamber</b></p> 
Движение	Хаотическое движение с большими скоростями – сотни метров в секунду.	Колебательное движение, перескок отдельных молекул в новое положение и т.д.	Хаотичное колебательное движение около положения равновесия
Взаимодействие	Слабое. Средняя кинетическая энергия молекул превышает их среднюю потенциальную энергию, взаимодействие слабое.	Сильнее, чем в газах. Средняя кинетическая энергия молекул соизмерима со средней потенциальной энергией их притяжения.	Сильное. Средняя потенциальная энергия притяжения молекул много больше их средней кинетической энергии.
Св-ва	Не сохраняет форму и объём. Неограниченно расширяются в пространстве, т.к. силы притяжения между молекулами малы.	Сохраняет объём, принимают форму сосуда. Под действием внешней силы текучи из-за того что перескоки молекул происходят преимущественно в направлении действия внешней силы.	Сохраняет форму и объём, так как потенциальная энергия взаимодействия молекул препятствует изменению расстояния между ними.

# Некоторые обозначения физических величин в молекулярной физике

- $m_0$  - масса молекулы (кг)
- $m$  - масса вещества (кг)
- $M$  - молярная масса (кг)
- $\nu$  - количество вещества (моль)
- $N$  - число частиц в произвольном объеме
- $N_A$  - число частиц в 1 моле вещества
- $V$  - объем ( $\text{м}^3$ )
- $n$  - концентрация частиц ( $\text{м}^{-3}$ )
- $p$  - давление (Па)

# Оценим размеры молекул.

Запомните:

$$d_{\text{молекулы}} \approx 10^{-10} \text{ м}$$

Так, по оценкам ученых,

$$d_{\text{H}_2\text{O}} \approx 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}$$

Тогда **объем молекулы воды**

$$V_{\text{H}_2\text{O}} \approx \left(3 \cdot 10^{-10}\right)^3 \text{ м}^3$$

**Число молекул** в капле воды объемом  $1\text{см}^3$

$$N = \frac{1\text{см}^3}{\left(3 \cdot 10^{-10}\right)^3 \text{ м}^3} \approx 3,7 \cdot 10^{22} \text{ молекул}$$

# Оценим массу молекул

Массу 1 молекулы (например, воды) можно оценить так:

Известно, что 1 г воды занимает объем  $1 \text{ см}^3$

Тогда

$$m_0 = \frac{1\text{г}}{N} \approx \frac{10^{-3} \text{ кг}}{3,7 \cdot 10^{22}} \approx 2,7 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$$

*В молекулярной физике часто используют  
ОТНОСИТЕЛЬНУЮ АТОМНУЮ и МОЛЕКУЛЯРНУЮ  
МАССЫ  $M_r$  (берем из т. Менделеева в а.е.м.)*

$$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

За 1 а.е.м. принимают массу 1/12 массы атома углерода С



# Характеристики молекул

Характеристики одной молекулы	Характеристики системы молекул
<p><b>Диаметр</b> <span style="float: right;"><math>d</math></span></p>	<p><b>Объём вещества</b> <span style="float: right;"><math>V</math></span></p>
<p><b>Объём молекулы</b> или <math>V \approx d^3</math></p>	<p><b>Количество вещества</b> <span style="float: right;"><math>\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}</math></span></p>
<p><b>Масса молекулы</b></p>	<p><b>Число молекул в одном моле (число Авогадро)</b> <math>N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}</math></p>
<p><b>Относительная молекулярная масса</b></p>	<p><b>Число молекул</b> <span style="float: right;"><math>N = N_A \nu</math></span></p>
<p><math>M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0C}}</math></p>	<p><b>Масса вещества</b> <span style="float: right;"><math>m = m_0 N</math></span></p>
	<p><b>Молярная масса</b> <span style="float: right;"><math>M = m_0 N_A</math></span></p>