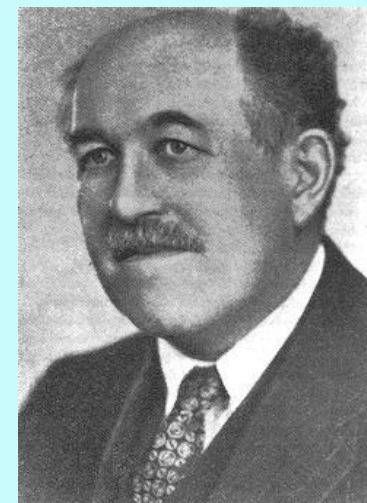
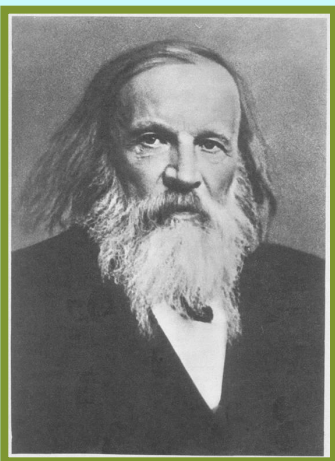
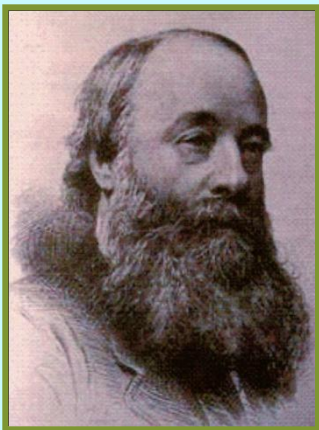


**Основные
положения
молекулярно-
кинетической
теории строения
вещества
и их опытное
обоснование**



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

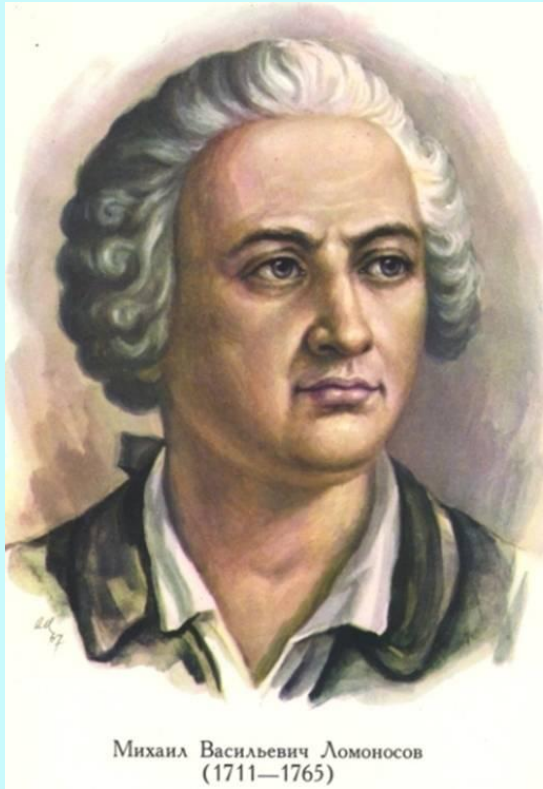
Еще период расцвета древних культур, возникло учение о мельчайших частицах, из которых построено любое вещество.



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.

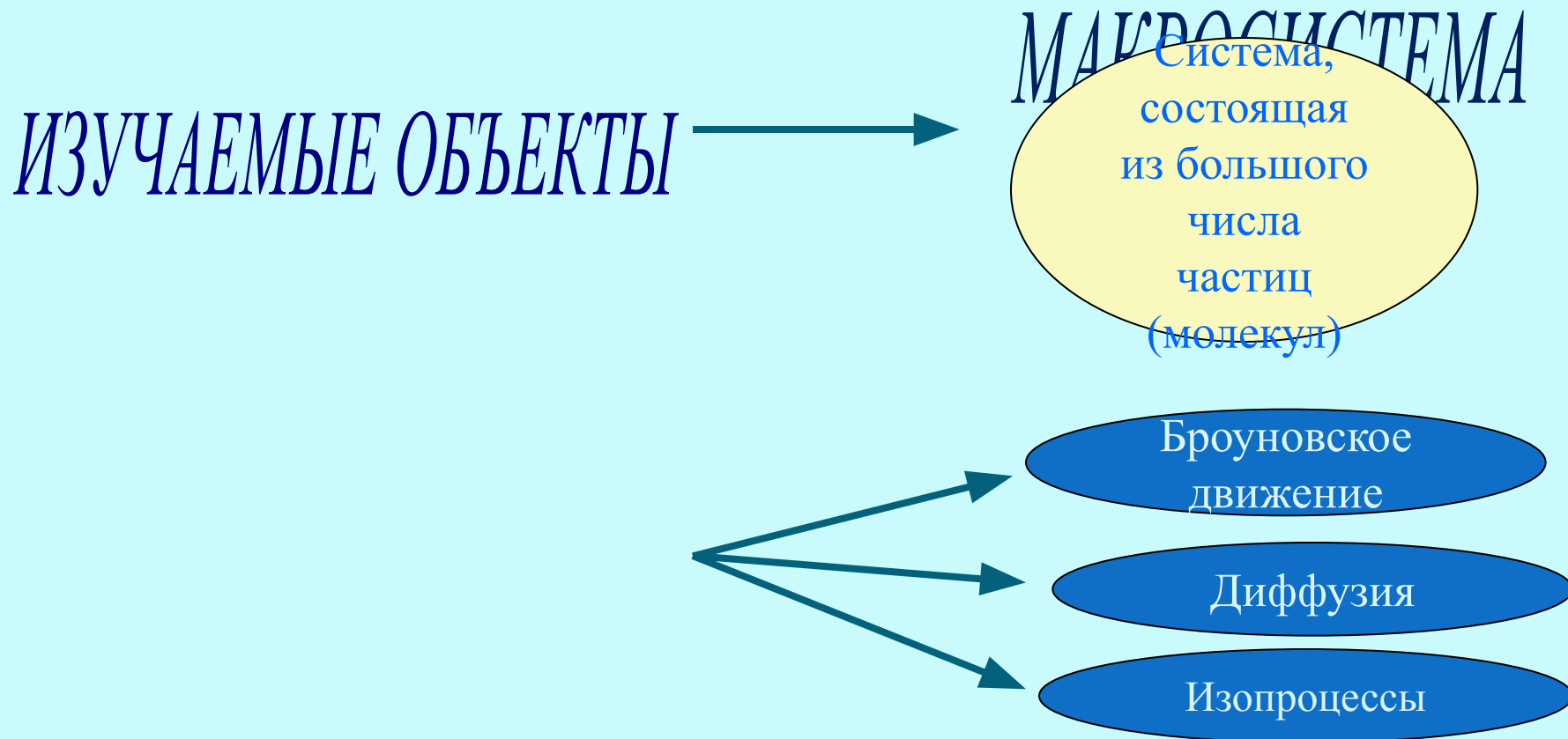


Большой шаг вперед в развитии молекулярно-кинетической теории был сделан великим русским ученым *Михаилом Васильевичем Ломоносовым* в середине XVIII в. Ломоносов сформулировал молекулярную гипотезу, основные черты которой весьма близки к современным воззрениям.

*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

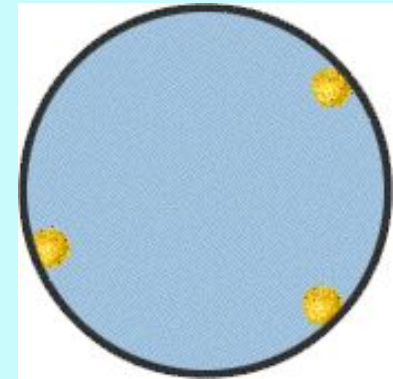
I

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



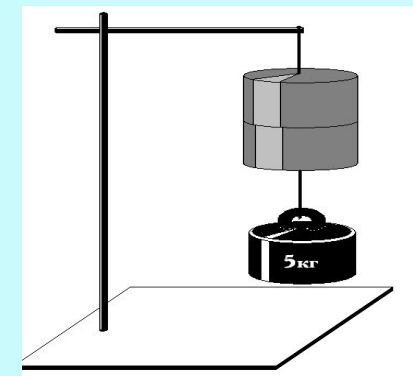
II

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.²⁷
- Размеры молекул чрезвычайно малы, поэтому их измеряют в нанометрах (1 нм = 10^{-9} м) то есть в одном метре содержится миллиард нанометров).

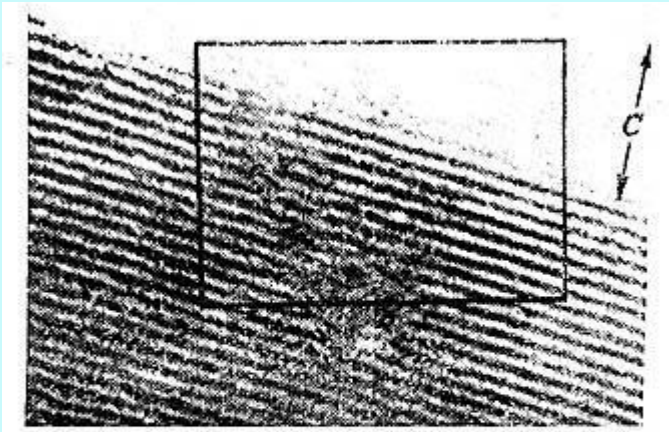


Ионный микроскоп JEM-ARM200F

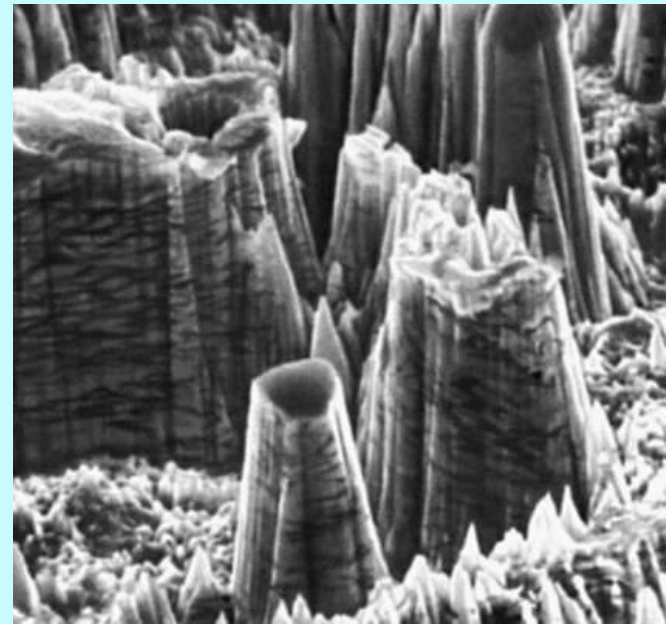


Сканирующий электронно-ионный микроскоп.

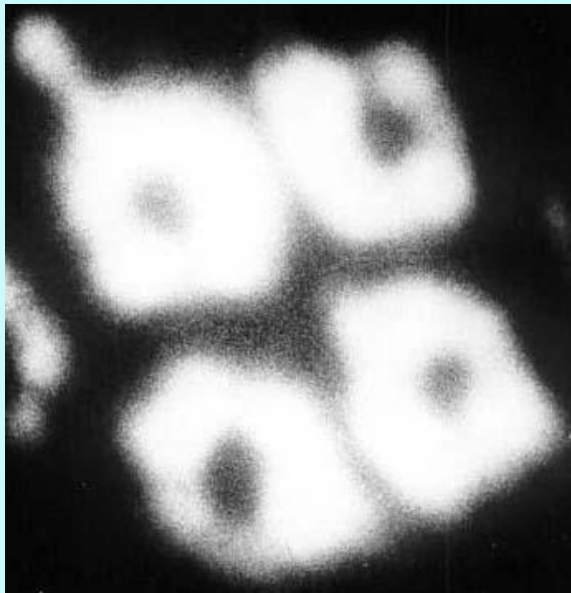
Ионный микроскоп - электронно-оптический прибор, в котором изображение создается ионным пучком от термоионного или газоразрядного ионного источника.



Платина в электронном микроскопе

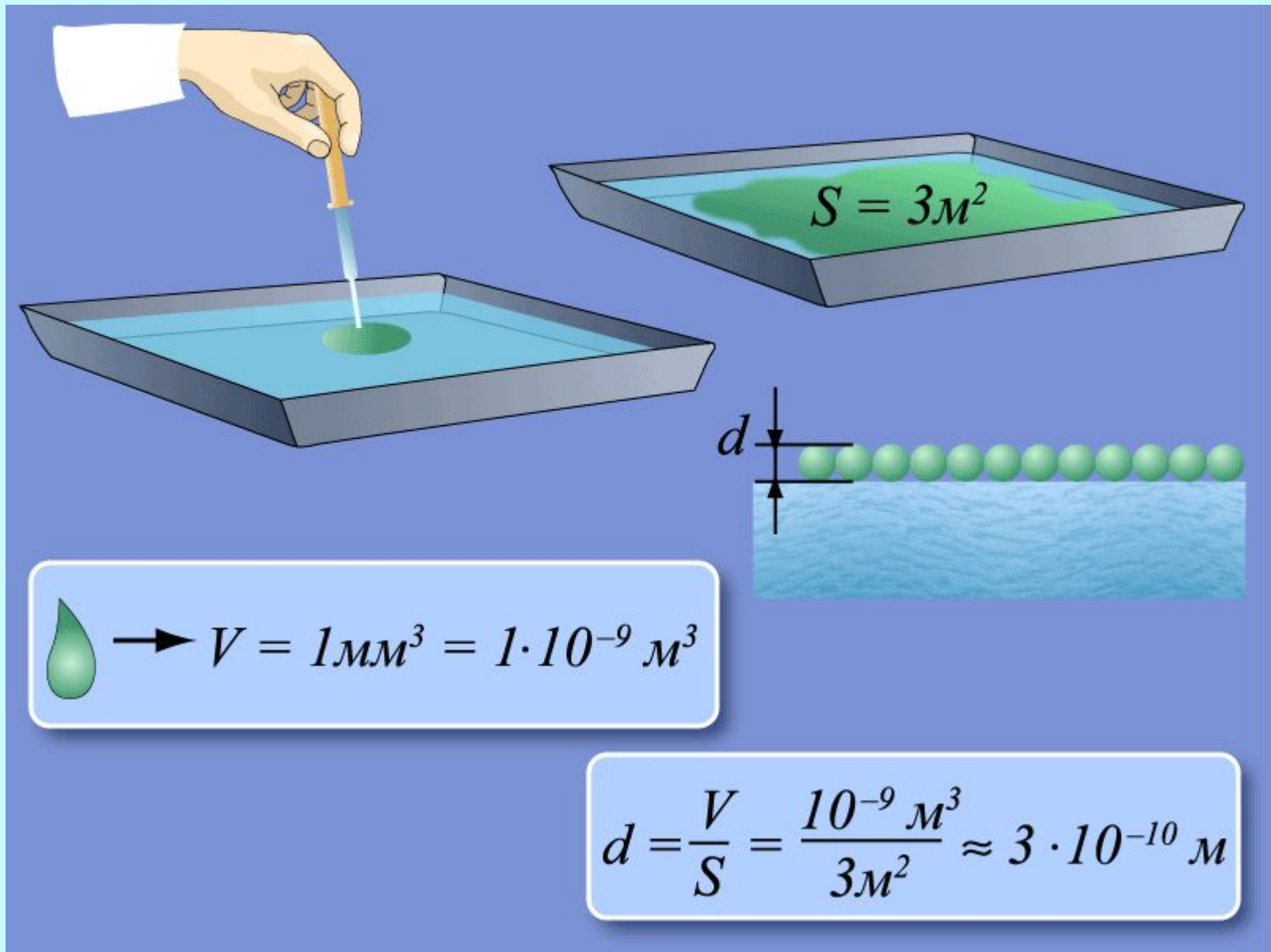


Изображение предварительно отполированной, а затем подвергнутой ионной бомбардировке поверхности монокристалла меди. Снято в растровом электронном микроскопе. Увеличение - 3000.



Молекулы нафталина в ионном микроскопе

Измерение диаметра молекулы



Основные формулы

МКТ

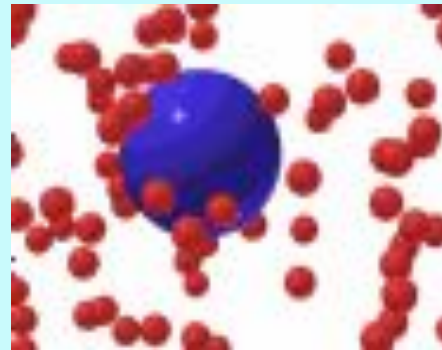
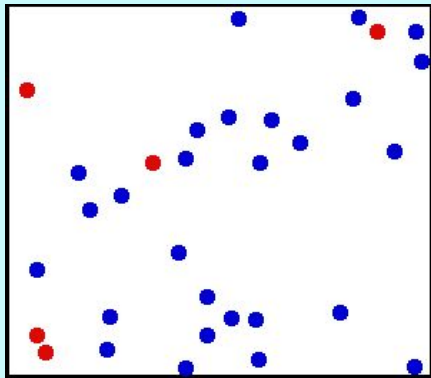
$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$$

$$m = m_0 N$$

$$M = m_0 N_a$$

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.



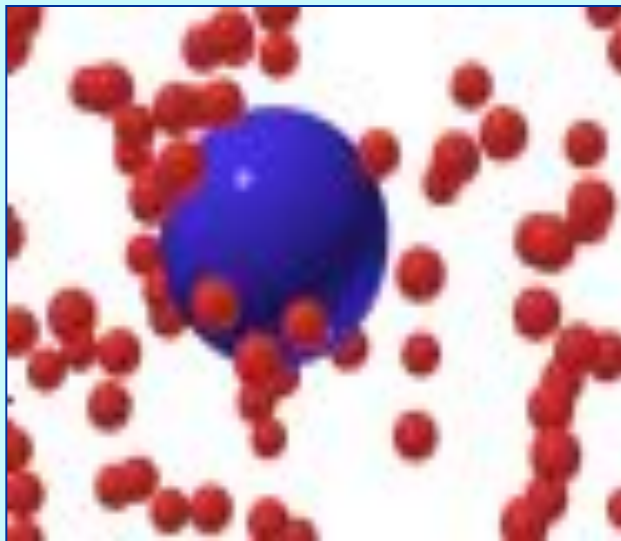
**Clarkia
pulchella** 14

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

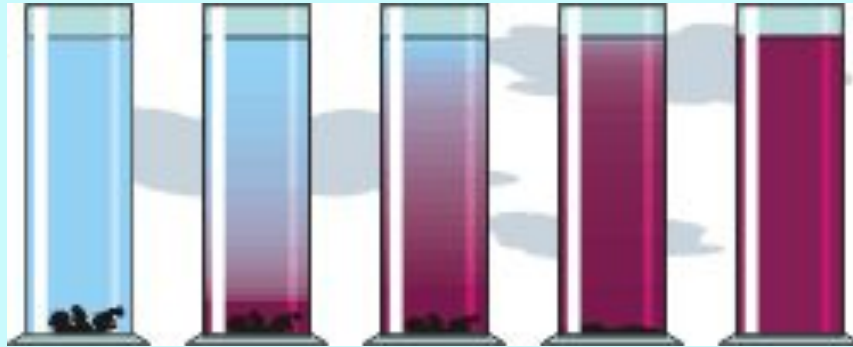
Это движение мелкой нерастворимой частицы, взвешенной в жидкости или газе, под действием ударов большого числа молекул



↖ 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

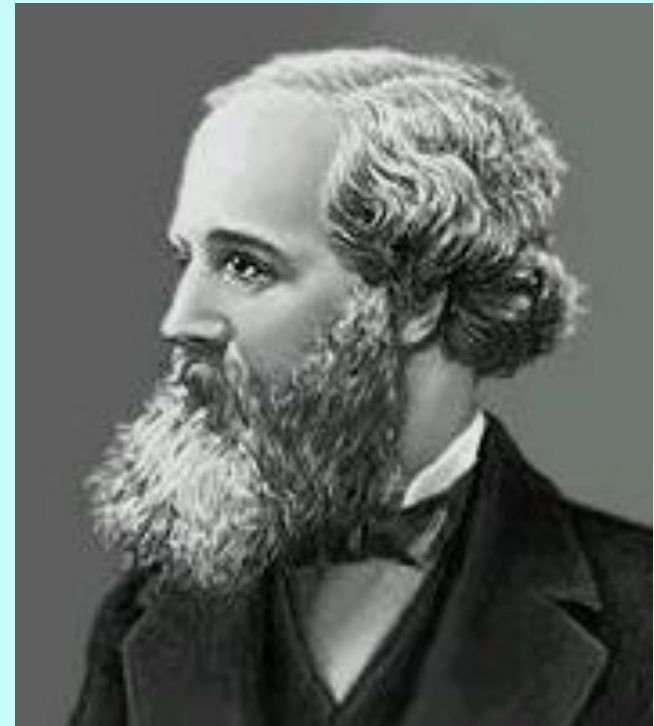
РАСПРОСТРАНЯТСЯ ПО ВСЕЙ КОМНАТЕ

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.



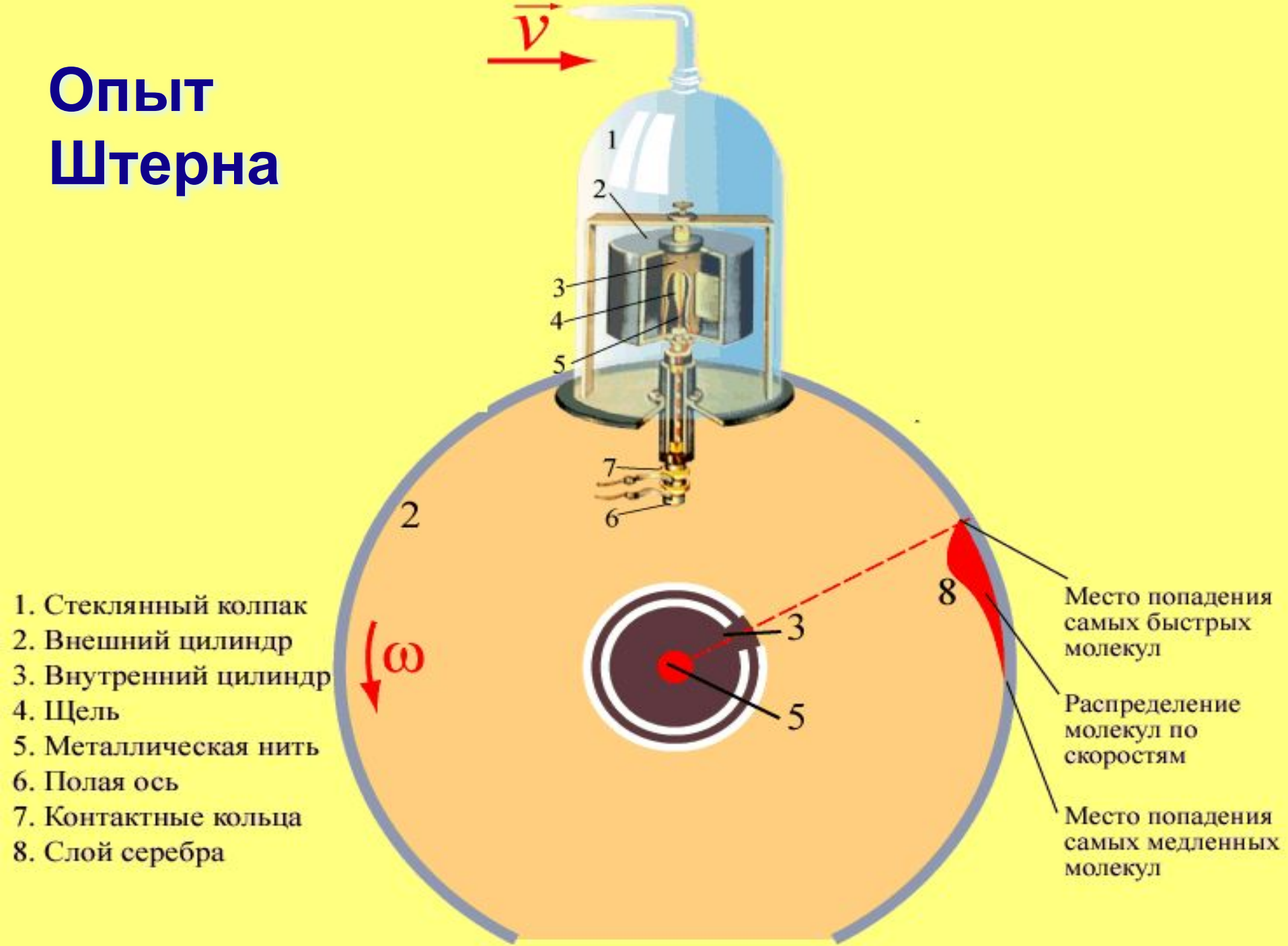
Отто Штерн измерил (1920) скорость теплового движения молекул газа (опыт Штерна).

Экспериментальное определение скоростей теплового движения молекул газа,

осуществленное О.

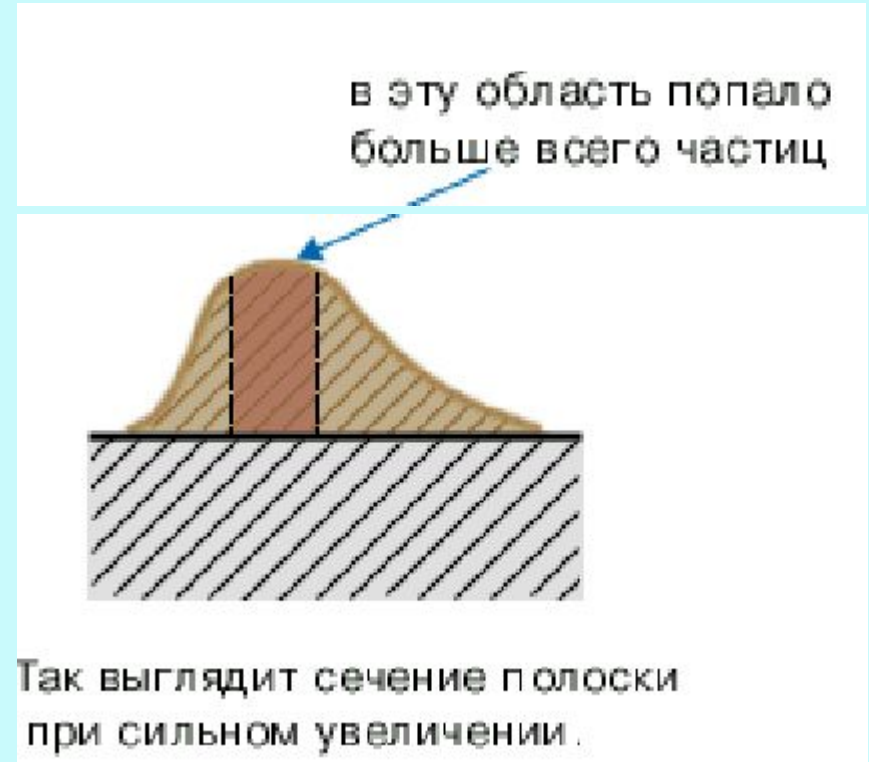
***Штерном* подтвердил правильность основ кинетической теории газов.**

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:

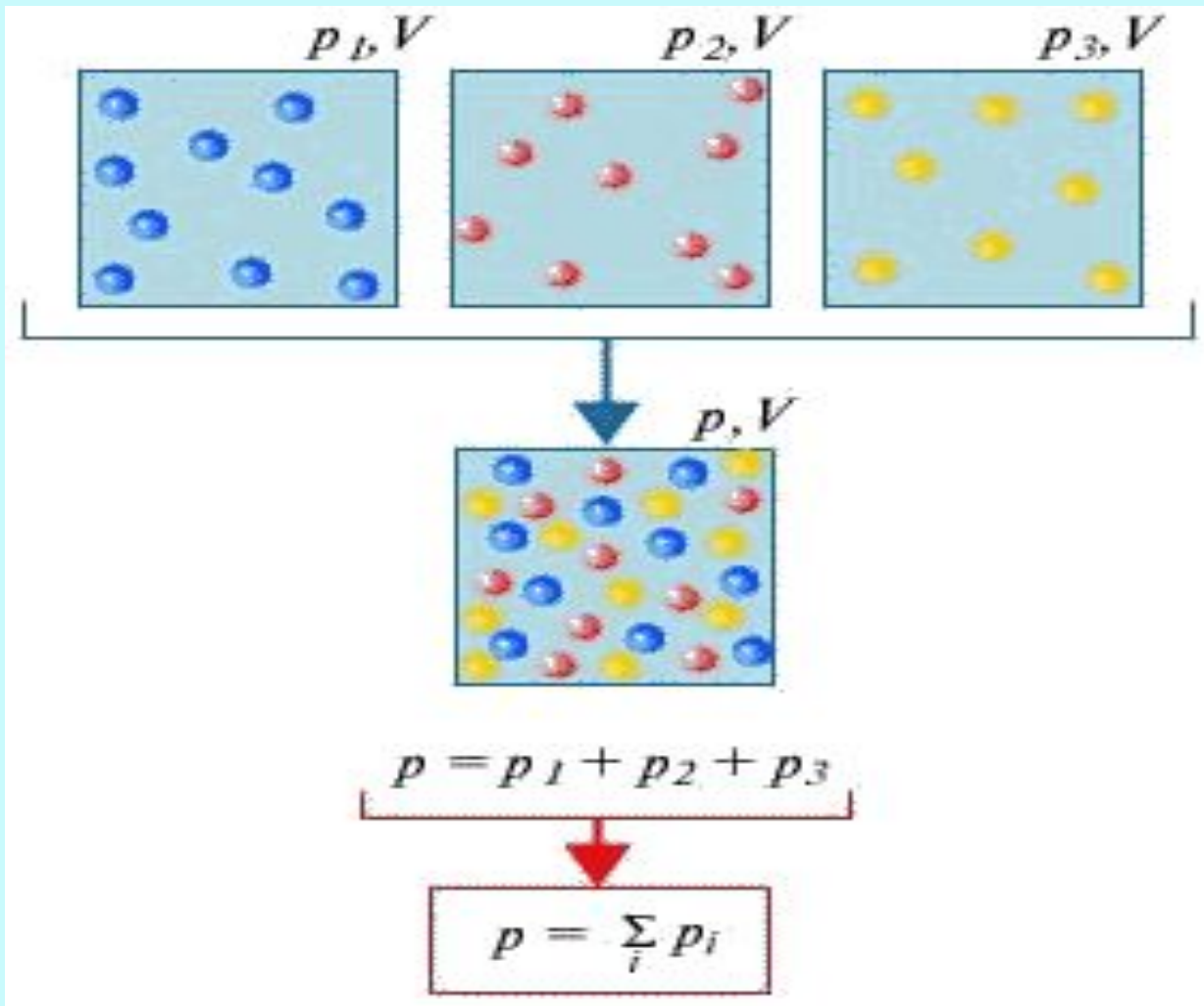
- На каком физическом явлении основан процесс засолки овощей, рыбы, мяса?
- В каком случае процесс происходит быстрее – если рассол холодный или горячий?
- Почему сладкий сироп приобретает со временем вкус фруктов?
- Почему сахар и другие пористые продукты нельзя хранить вблизи пахучих веществ?
- Запах 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 CO , 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

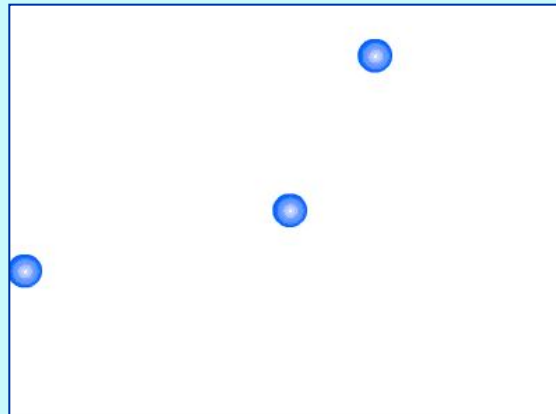
Характер движения -

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

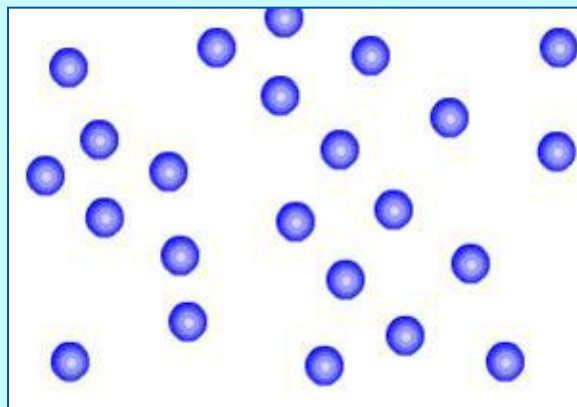
Характер движения-

кочевой

?

Что можно сказать
о потенциальной и
кинетической
энергии молекул?

Какая энергия
преобладает?



Свойства
жидкостей:

Не имеют
формы

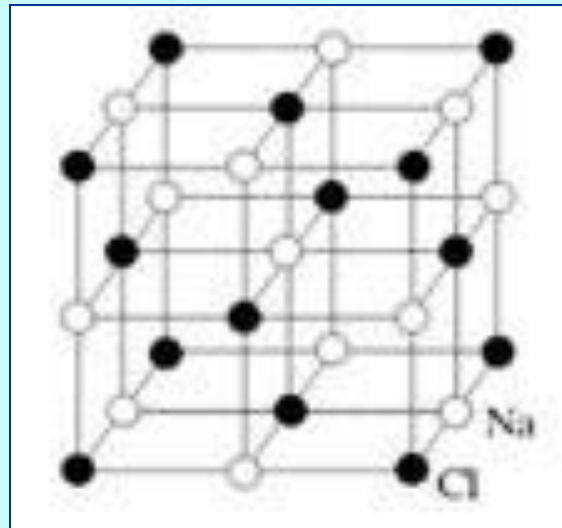
Сохраняют
объём

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

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

ОБРАЗЕЦ: Агрегатные состояния вещества

| | ГАЗ | ЖИДКОСТЬ | ТВЁРДОЕ ТЕЛО |
|----------------|---|--|---|
| Строение | <p>$\geq 100^{\circ}\text{C}$</p> <p>Molecule Chamber</p>  | <p>$1-99^{\circ}\text{C}$</p> <p>Molecule Chamber</p>  | <p>$\leq 0^{\circ}\text{C}$</p> <p>Molecule Chamber</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)
- ν - количество вещества (моль)
- N - число частиц в произвольном объеме
- N_A - число частиц в 1 моле вещества
- V - объем (м^3)
- n - концентрация частиц (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 1см^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 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>Диаметр d</p> | <p>Объём вещества V</p> |
| <p>Объём молекулы или $V \approx d^3$</p> | <p>Количество вещества $\nu = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A}$</p> |
| <p>Масса молекулы</p> | <p>Число молекул в одном моле (число Авогадро) $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$</p> |
| <p>Относительная молекулярная масса</p> | <p>Число молекул $N = N_A \nu$</p> |
| <p>$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{0C}}$</p> | <p>Масса вещества $m = m_0 N$</p> |
| | <p>Молярная масса $M = m_0 N_A$</p> |