

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.**

Макроскопические тела (от греч. «макрос» – большой) - это все тела, которые нас окружают: дома, машины, вода в стакане, вода в океане и т.д. При **макроскопическом подходе** к изучению тел нас интересуют сами тела: их размеры, объёмы, массы, энергии и т.д. При **микроскопическом подходе** нас тоже интересуют размеры, объём, масса, энергия и т. д. Однако уже не самих тел, а тех частиц, из которых они состоят: молекул, ионов и атомов.

МКТ объясняет явления и свойства тел с точки зрения их микроскопического строения.

Основная задача молекулярно-кинетической теории – установить связь между микроскопическими и макроскопическими параметрами вещества и, исходя из этого, найти уравнение состояния данного вещества.

Например, зная массы молекул, их средние скорости и концентрацию, найти объём, давление и температуру данной массы газа. Или выразить давление газа через его объём и температуру.

В основе МКТ лежат три утверждения:

Основные положения МКТ

- 1. Все вещества состоят из молекул и атомов. Молекула – наименьшая электронейтральная частица вещества, сохраняющая его свойства.**
- 2. Молекулы и атомы всех веществ находятся в непрерывном хаотическом движении, называемом тепловым. Интенсивность этого движения возрастает с повышением температуры.**
- 3. Молекулы (атомы) взаимодействуют между собой. Между ними действуют силы притяжения и отталкивания.**

Основные положения МКТ

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

Дробление вещества, растворимость, сжатие и расширение газов, парообразование

2. Частицы непрерывно и хаотично двигаются

Диффузия, броуновское движение, зависимость скорости выпаривания от температуры

3. Частицы взаимодействуют друг с другом

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

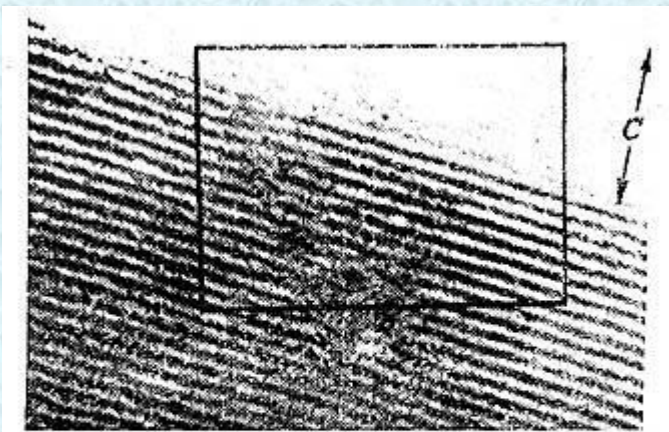
Экспериментальные подтверждения



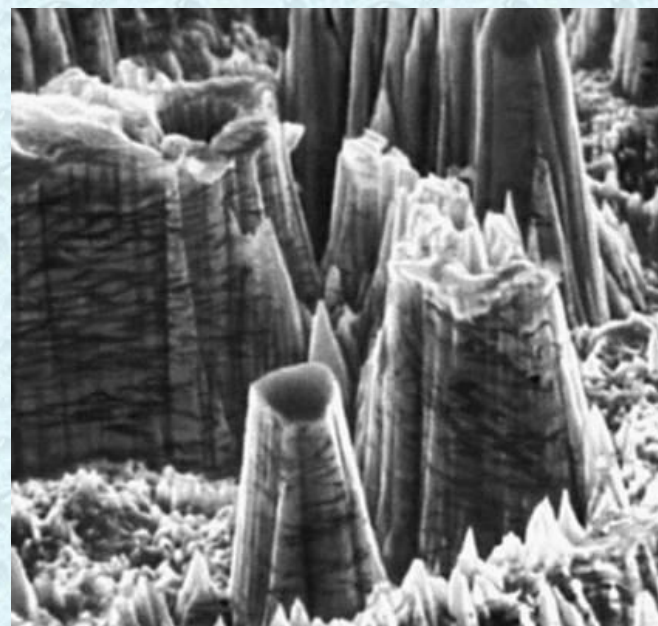
**Электронный
микроскоп**

Каждое из положений МКТ строго доказано исследовательским путём. Реальное существование молекул подтверждается экспериментально. В качестве примеров можно назвать механическое дробление вещества, растворимость веществ в воде и других растворителях, сжатие и растворение газов.

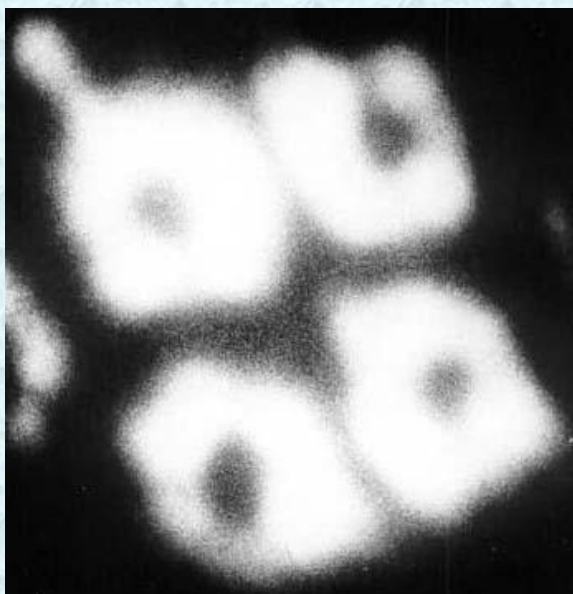
С помощью электронного микроскопа, дающего увеличение в сотни тысяч раз, удалось наблюдать и сфотографировать отдельные крупные органические молекулы. Можно привести ещё множество опытных данных, в том числе и электроннооптические фотографии крупных молекул, подтверждающие основные представления молекулярно-кинетической теории.



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



Ионный микроскоп JEM-ARM200F

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

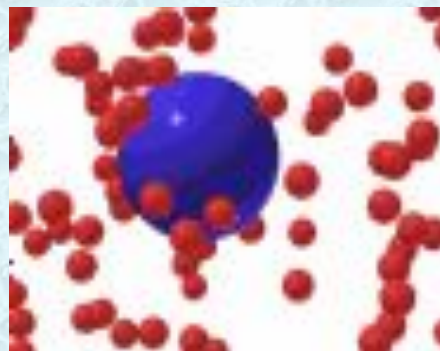
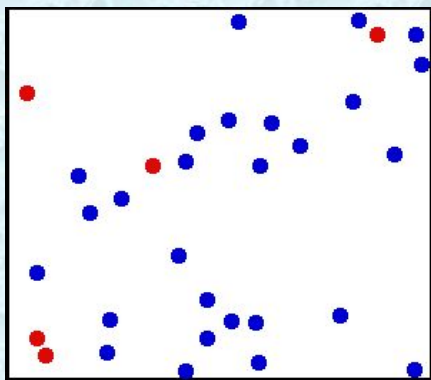


Сканирующий электронно-ионный микроскоп.

Рассказ про ионный микроскоп [здесь](#)

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

БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ





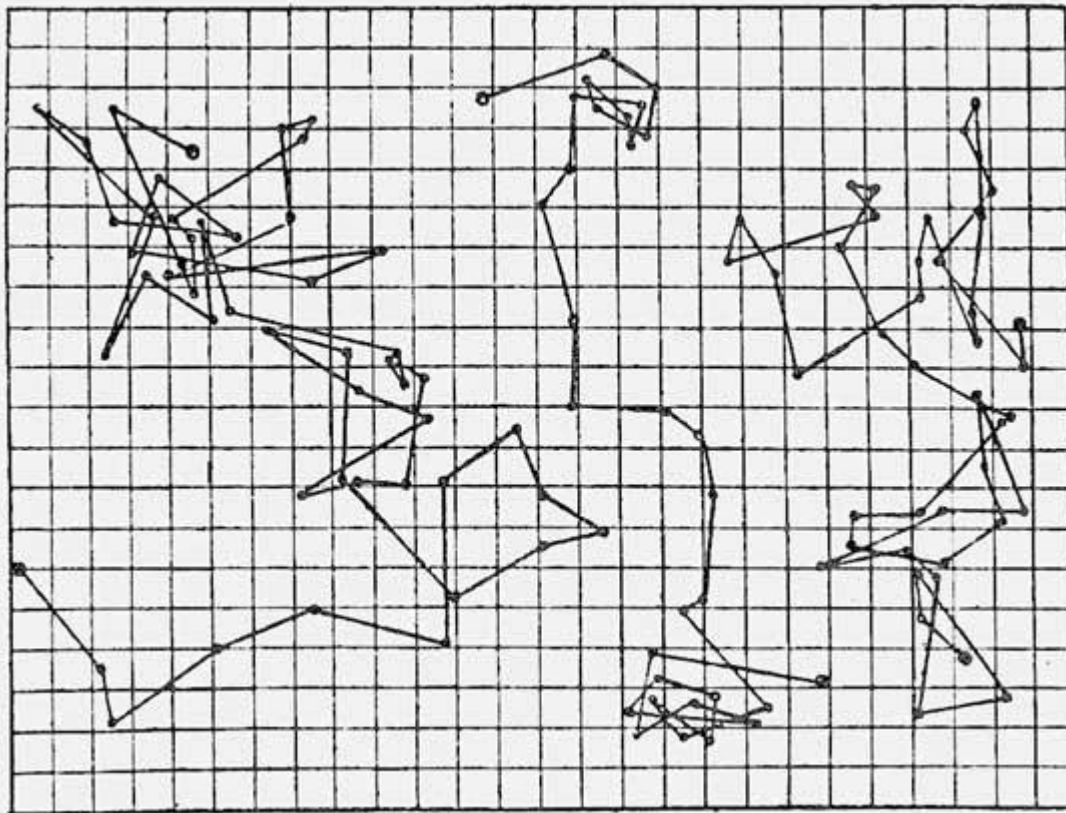
Это явление открыто Р. Броуном в 1827 г., когда он проводил исследования пыльцы растений. Шотландский ботаник Роберт Броун (Brown) ещё при жизни как лучший знаток растений получил титул «князя ботаников». Он сделал много замечательных открытий.

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.

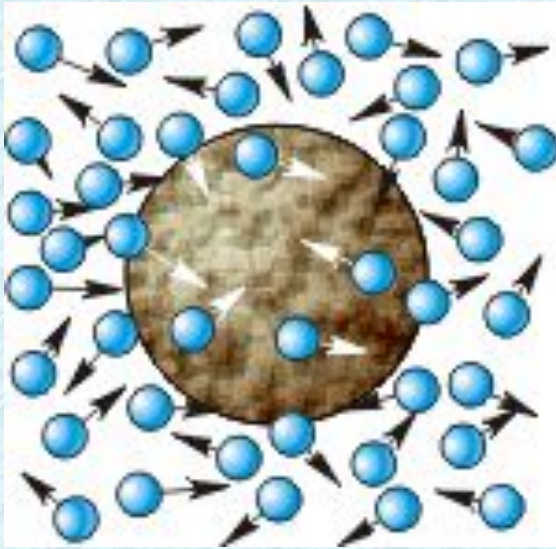
Неожиданно Броун увидел, что мельчайшие твёрдые крупинки, которые едва можно было разглядеть в капле воды, непрерывно дрожат и передвигаются с места на место. Он установил, что эти движения, по его словам, «не связаны ни с потоками в жидкости, ни с её постепенным испарением, а присущи самим частичкам». Наблюдение Броуна подтвердили другие учёные. 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.

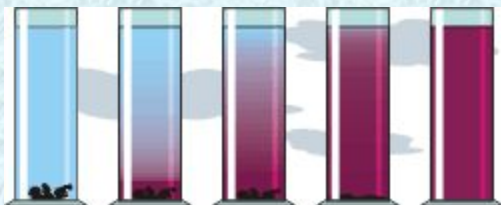


Объяснить броуновское движение невозможно, если не предположить, что молекулы воды находятся в беспорядочном, никогда не прекращающемся движении. Они сталкиваются друг с другом и с другими частицами. Наталкиваясь на споры, молекулы вызывают их скачкообразные перемещения, что Броун и наблюдал в микроскоп. А поскольку молекулы в микроскоп не видны, то движение спор и казалось Броуну беспричинным.

На этом рисунке – модель броуновского движения. Множество мелких шариков символизируют собой молекулы воды, а большой шар – спору. Количество ударов шариков о шар слева и справа, сверху и снизу, спереди и сзади не всегда одинаково. Под действием «перевеса» ударов с какой-нибудь стороны шар будет перескакивать на новое место.

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

Диффузия



Явление самопроизвольного проникновения частиц одного вещества в другое вещество принято называть диффузией.

Для наблюдения явления диффузии бросим несколько крупинок краски в высокий сосуд с водой. Они опустятся на дно, и вокруг них вскоре образуется облачко окрашенной воды. Оставим сосуд в покое на несколько недель в прохладной темной комнате. Наблюдая за сосудом всё это время, мы обнаружим постепенное распространение окраски по всей высоте сосуда. Говорят, что происходит диффузия краски в воду.

Как объясняется диффузия? Частицы веществ (например, краски и воды), беспорядочно двигаясь, проникают в промежутки друг между другом. А это и означает смешивание веществ.

Запах духов или бензина довольно быстро распространяется по комнате или гаражу. Так происходит потому, что духи и бензин испаряются – переходят в газообразное состояние, а диффузия в газах происходит быстро: за секунды-минуты. Заметно медленнее диффузия протекает в жидкостях: за недели-месяцы, а в твёрдых телах – очень медленно: за годы-столетия.

В тёплой комнате диффузия протекает быстрее. Объяснить это можно так: повышение температуры тела приводит к увеличению скорости движения составляющих его частиц.

Существование жидкостей и твёрдых тел, газов

Агрегатное состояние — состояние вещества, характеризующееся определёнными качественными свойствами, например, способностью сохранять объём и форму, переходы между которыми сопровождаются скачкообразными изменениями свободной энергии, плотности и других основных физических свойств.

Выделяют три основных агрегатных состояния: *твёрдое тело, жидкость и газ*. Иногда не совсем корректно к агрегатным состоянием причисляют плазму. Существуют и другие агрегатные состояния, например, жидкие кристаллы.

Твёрдое тело - состояние, характеризующееся способностью сохранять объём и форму. Атомы твёрдого тела совершают лишь небольшие колебания вокруг состояния равновесия.

Жидкость - состояние вещества, при котором оно обладает малой сжимаемостью, то есть хорошо сохраняет объём, однако неспособно сохранять форму. Атомы или молекулы жидкости совершают колебания вблизи состояния равновесия, запертые другими атомами, и часто перескакивают на другие свободные места.

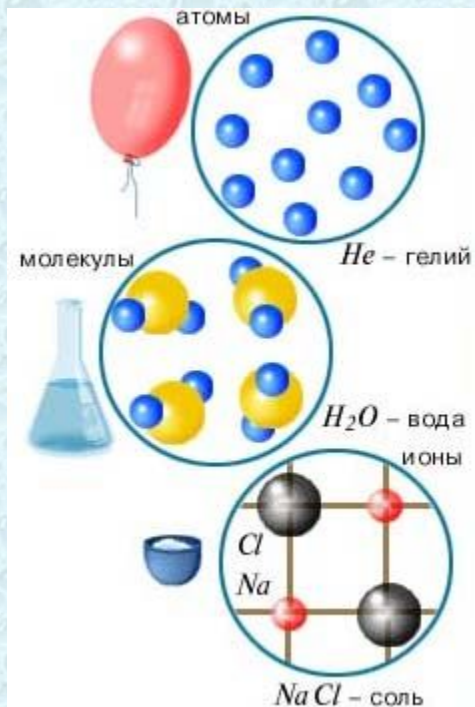
Газ — состояние, характеризующееся хорошей сжимаемостью, отсутствием способности сохранять как объём, так и форму.

Газ стремится занять весь объём, ему предоставленный. Атомы или молекулы газа ведут себя относительно свободно, расстояния между ними гораздо больше их размеров.

Определения агрегатных состояний не всегда являются строгими. Так, существуют аморфные тела, сохраняющие структуру жидкости и обладающие небольшой текучестью и способностью сохранять форму; жидкие кристаллы текучи, но при этом обладают некоторыми свойствами твёрдых тел, в частности, могут поляризовать проходящее через них электромагнитное излучение.

Изменения агрегатного состояния - термодинамические процессы, называемые фазовыми переходами. Выделяют следующие их разновидности: из твёрдого в жидкое – плавление; из жидкого в газообразное – испарение и кипение; из твёрдого в газообразное – сублимация; из газообразного в жидкое или твёрдое – конденсация. Отличительной особенностью является отсутствие резкой границы перехода к плазменному состоянию. Плазму выделяют в особое агрегатное состояние вещества в связи с тем, что заряженные частицы плазмы, в отличие от нейтральных молекул обычного газа, взаимодействуют друг с другом на больших расстояниях. Этим объясняется ряд своеобразных свойств плазмы.

Масса и размеры атомов и молекул



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

Молекулы, образующие данное вещество, совершенно одинаковы; различные вещества состоят из различных молекул. В природе существует чрезвычайно большое количество различных молекул.

Молекулы состоят из более мелких частиц — атомов.

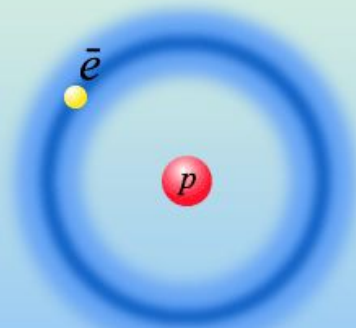
Атомы — мельчайшие частицы химического элемента, сохраняющие его химические свойства.

Число различных атомов сравнительно невелико и равно числу химических элементов (116) и их изотопов (около 1500).

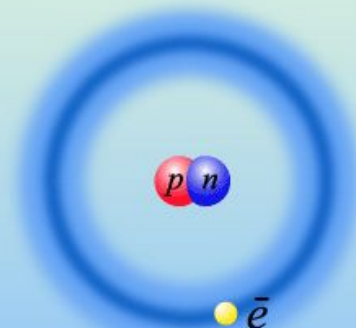
Атомы представляют собой весьма сложные образования, но классическая МКТ использует модель атомов в виде твердых неделимых частичек сферической формы.

Атом водорода и его изотопы

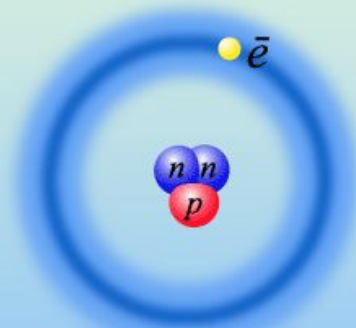
протий



дейтерий



тритий



Между молекулами существуют промежутки, это следует, например, из опытов смешивания различных жидкостей: объём смеси всегда меньше суммы объёмов смешанных жидкостей. Явления проницаемости, сжимаемости и растворимости веществ также свидетельствуют о том, что они не сплошные, а состоят из отдельных, разделенных промежутками частиц.

Основные понятия МКТ:

1. Количество вещества

Количеством вещества ν называется физическая величина, определяющая число молекул (или атомов, ионов) в данном теле.

Поскольку число молекул в макроскопических телах очень велико, в расчётах используется не абсолютное, а относительное число молекул.

*Количество вещества, в котором содержится столько же молекул (атомов), сколько их содержится в 12 г углерода, называется **МОЛЕМ**.*

Для определения количества вещества в теле сравнивают число молекул в нём с числом атомов в 0,012 кг (12 г) изотопа углерода $^{12}_6\text{C}$.

2. Молярная масса

Масса вещества m связана с его молярной массой M и количеством вещества ν формулой $m = M \nu$.

Молярная масса – это масса одного моля вещества.

Единица молярной массы в СИ – килограмм на моль (кг/моль), $M = M_r \cdot 10^{-3}$.

Так, молекулярная масса углекислого газа $M_{rC} = 44$, молярная $M_C = 44 \cdot 10^{-3}$ кг/моль.

Зная массу вещества и его молярную массу M , можно найти число молей (количество вещества) в теле:

$$\nu = m / M .$$

Масса вещества m связана с его молярной массой M и количеством вещества ν формулой $m = M \nu$.

Молярная масса – это масса одного моля вещества.

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

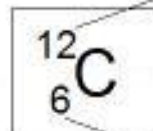
ЧИСЛО АВОГАДРО

Физики и химики

используют в качестве эталона массы,
массу атома изотопа углерода

$$m_{0C} = 1,995 \cdot 10^{-26} \text{ кг}$$

Масса "маленькая" - очень неудобная
для использования в расчетах



**ОТНОСИТЕЛЬНАЯ
АТОМНАЯ МАССА**

количество протонов и нейтронов
в ядре (нуклон - общее название
протона и нейтрона)

АТОМНЫЙ НОМЕР

количество протонов
в ядре - заряд ядра

Если **12** грамм изотопа углерода  разделить на m_{0C} то

получим число АВОГАДРО

$$N_A = \frac{0.012 \text{ кг}}{1,995 \cdot 10^{-26} \text{ кг}} = 6,022 \times 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$$

в 0,012 кг углерода содержится $6,022 \times 10^{23}$ штук атомов углерода

КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА (любого),

содержащее столько структурных единиц (атомов, молекул, ионов ..),
сколько их содержится в 0,012 кг углерода, назвали **МОЛЬ**

Количество вещества

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

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

КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА В МОЛЯХ

ЕСЛИ ДАНО
ЧИСЛО СТРУКТУРНЫХ ЕДИНИЦ
НЕКОТОРОГО ВЕЩЕСТВА,
ТО КОЛИЧЕСТВО МОЛЕЙ
В ЭТОМ ВЕЩЕСТВЕ

$$\nu = \frac{N}{N_A} \text{ моль}$$

число структурных единиц
некоторого вещества

где: N - число структурных единиц некоторого вещества (-),
это штуки - величина безразмерная

число АВОГАДРО $N_A = 6,022 \times 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$ **количество структурных единиц вещества в 1 (одном) моле**

ν - количество вещества (моль)

АВОГАДРО (Avogadro) Амедео 1776-1856, итал. физик и химик.
Выдвинул молекулярную гипотезу строения вещества.

Амедео Авогадро - дожил до 80 лет,
свой закон (закон АВОГАДРО) он открыл в 35-и летнем возрасте.

Идеальный объект МКТ

Идеальный газ - модель газа, в которой:

- между молекулами отсутствуют силы взаимного притяжения;
- сами молекулы принимаются за материальные точки;
- взаимодействия между молекулами сводится к их абсолютно упругим ударам.
- Разреженные реальные газы при температурах, далеких от температуры конденсации, близки по своим свойствам к идеальному газу.

Основное уравнение МКТ идеального газа.

Масса
молекулы [кг]

Скорость движения
молекул [м/с]

$$P = \frac{1}{3} m_0 n v^2$$

Давление
газа [Па]

Концентрация
молекул [m^{-3}]

