

Тема урока:

Основы молекулярно-кинетической теории.

Масса молекул. Количество вещества.

Свойства вещества, которые обусловлены его молекулярным строением, изучает

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Молекулярная физика – раздел физики, в котором рассматриваются свойства тел как суммарный результат движения и взаимодействия огромного количества молекул, из которых состоят эти тела.

При этом мы исключаем из рассмотрения те явления, которые связаны с изменением состава, перестройкой молекул, что является в значительной степени областью химии.

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.**

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, ...)

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

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.

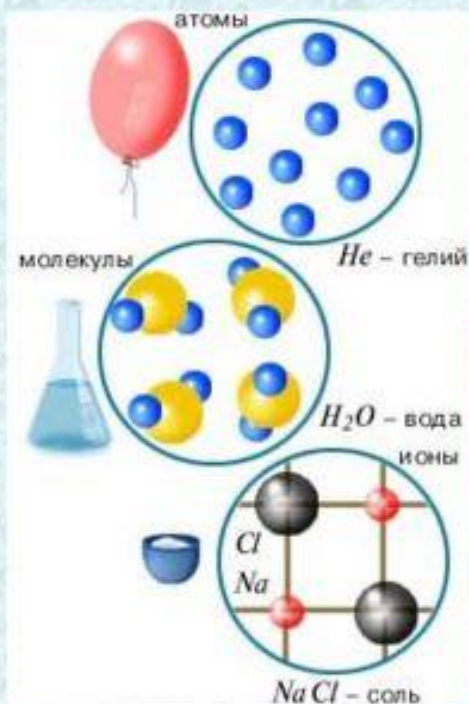
Газ — состояние, характеризующееся хорошей сжимаемостью, отсутствием способности сохранять как объём, так и форму.

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 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

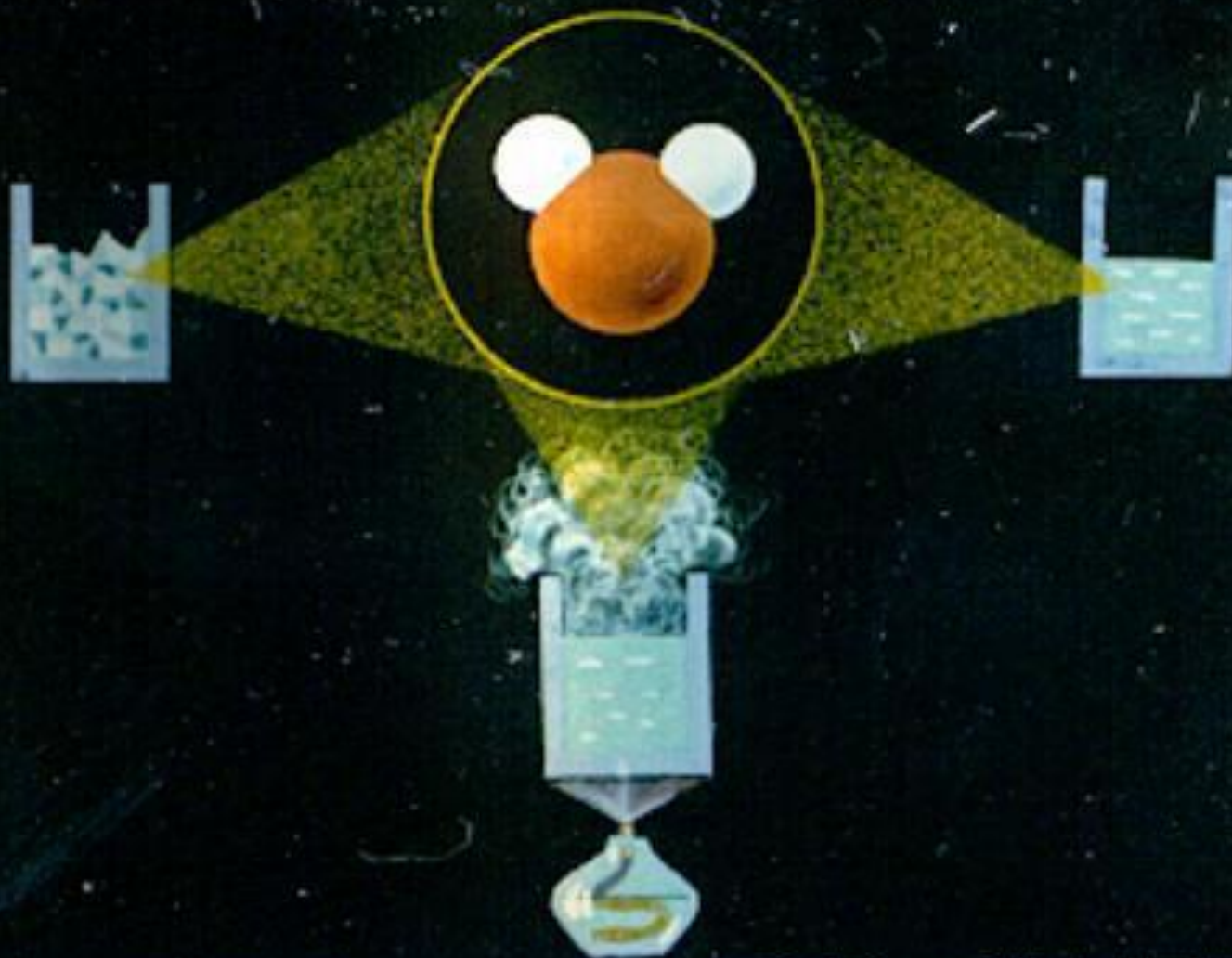


Аммиак



Спирт

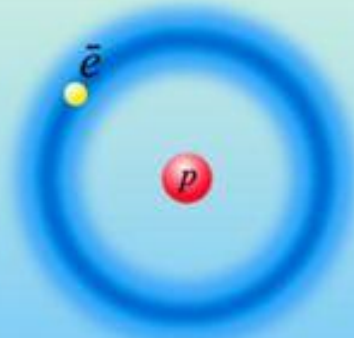
Молекула льда, воды и водяного пара



Атом водорода и его изотопы

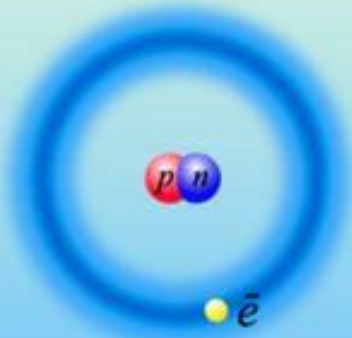
протий

${}^1_1\text{H}$



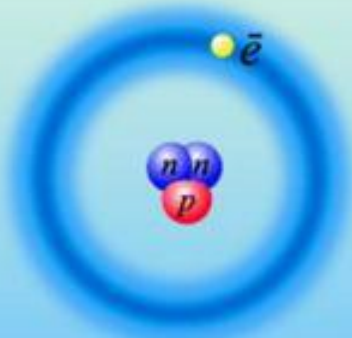
дейтерий

${}^2_1\text{H}$



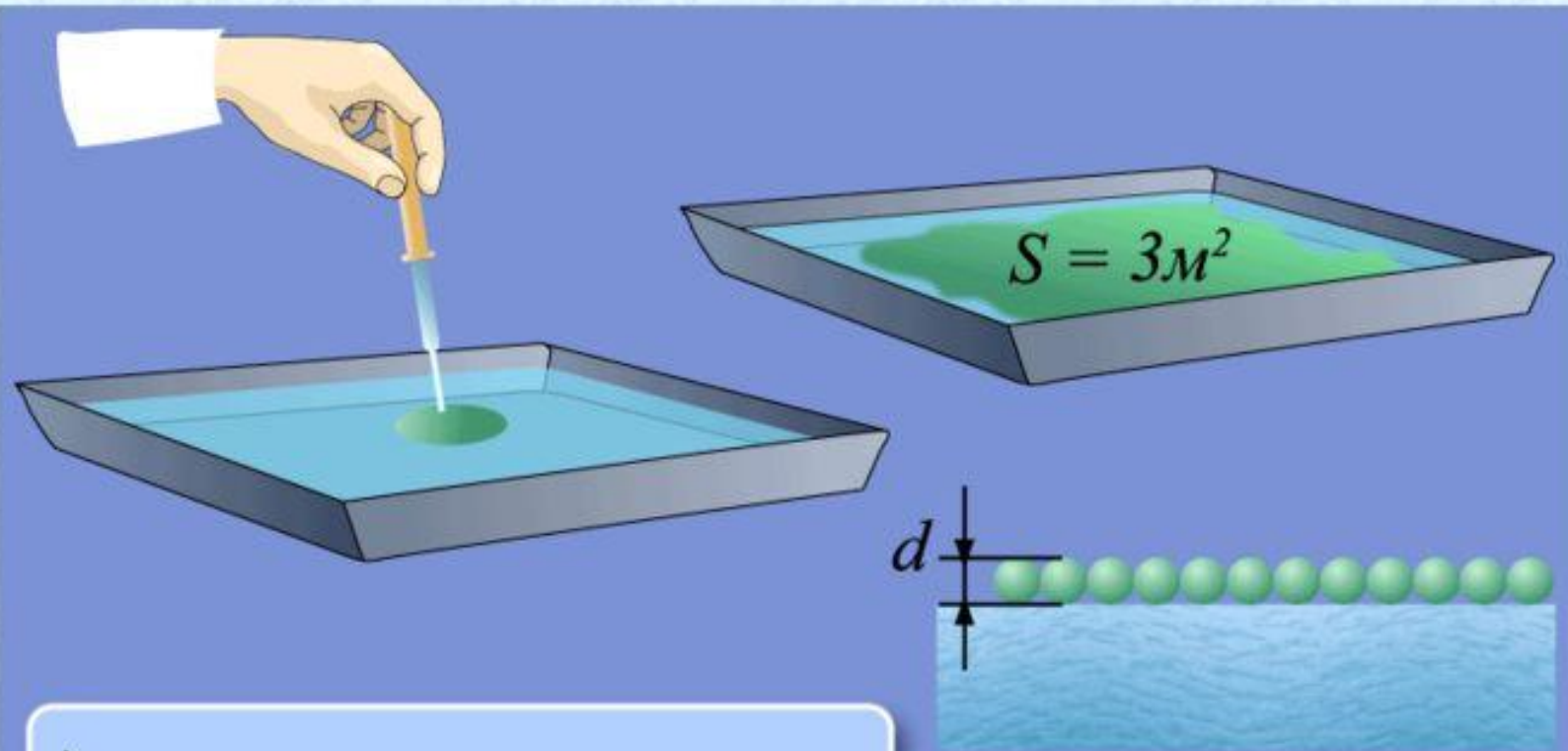
тритий

${}^3_1\text{H}$



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.

Измерение диаметра молекулы

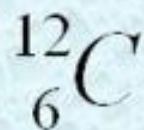


$$\rightarrow V = 1\text{ мм}^3 = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3$$

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

Размеры молекул и атомов чрезвычайно малы. Так, линейные размеры молекул кислорода составляют $3 \cdot 10^{-10}$ м, воды – $2,6 \cdot 10^{-10}$ м.

Соответственно, чрезвычайно малы и массы атомов и молекул. Поэтому для решения задач молекулярной физики вместо собственно масс атомов и молекул используют их относительные величины, сравнивая массу атома или молекулы с $1/12$ массы атома изотопа Карбона (углерода)



Это сравнение было принято в **1961 г.** по предложению Международного союза теоретической и прикладной химии (*International Union of Pure and Applied Chemistry*, в 1960 г. с таким же предложением выступал Международный союз теоретической и прикладной физики). Такой выбор обусловлен тем, что Карбон входит в состав многих химических соединений.

Масса нейтрона $m_n = 1,674929 \cdot 10^{-27}$ кг
масса протона $m_p = 1,672623 \cdot 10^{-27}$ кг

В ядре атома углерода ${}^1_6\text{C}$ содержится 12 нуклонов. Массы нейтрона и протона примерно равны. Поэтому в качестве единицы массы удобно использовать среднюю массу нуклона в атоме определённого химического элемента.

Атомная единица массы (а.е.м., она же «дальтон») – средняя масса нуклона в атоме углерода ${}^1_6\text{C}$

Атомная единица массы равна 1/12 массы атома углерода ${}^1_6\text{C}$

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

Масса произвольного атома может быть выражена в *атомных единицах массы* или в *килограммах*:

$$m_a = A_r \cdot a.e.m. = A_r \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Относительная атомная масса A_r - число атомных единиц массы, содержащихся в массе атома.

Относительная атомная масса почти совпадает с числом нуклонов в его ядре: $A_r \approx A$. ($A = Z + N$)

Относительная атомная масса A_r - это отношение массы атома к 1/12 массы атома Карбона (углерода) m_c

Относительная молекулярная масса M_r - это отношение массы молекулы к 1/12 массы атома Карбона (углерода) m_c

$$M_r = \frac{m_M}{\frac{1}{12} m_c}$$

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.

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

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



Амедео Авогадро
Итальянский физик и
ХИМИК

9 августа 1776 г. – 9 июля 1856 г

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: $6,02214084(18) \cdot 10^{23}$

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.

Количество вещества

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

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

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

$$M_r = \frac{m_0}{m_{\text{ед}}}$$

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

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

Количество вещества

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

Подведём итоги.

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

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

M – молярная масса вещества, N_A – число Авогадро;

m – масса всего вещества, N – количество молекул в нём;

ρ – плотность вещества, n – концентрация молекул (число молекул в единице объёма)

$$\text{Число молекул } N: \quad N = N_A \cdot \nu = n \cdot V = m / m_M$$

V – объём вещества

Периодическая таблица Д. И. Менделеева

Период	Ряд	Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В										
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
1	1	(H)						H 1,00797 Водород	He 4,0026 Гелий	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> Обозначение элемента Li Литий </div> <div style="text-align: center;"> Атомный номер 3 6,939 </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> Относительная атомная масса </div>		
2	2	Li 3 6,939 Литий	Be 4 9,0122 Бериллий	B 5 10,811 Бор	C 6 12,01115 Углерод	N 7 14,0067 Азот	O 8 15,9994 Кислород	F 9 18,9984 Фтор	Ne 10 20,179 Неон			
3	3	Na 11 22,9898 Натрий	Mg 12 24,305 Магний	Al 13 26,9815 Алюминий	Si 14 28,086 Кремний	P 15 30,9738 Фосфор	S 16 32,064 Сера	Cl 17 35,453 Хлор	Ar 18 39,948 Аргон			
4	4	K 19 39,102 Калий	Ca 20 40,08 Кальций	Sc 21 44,956 Скандий	Ti 22 47,90 Титан	V 23 50,942 Ванадий	Cr 24 51,996 Хром	Mn 25 54,9380 Марганец	Fe 26 55,847 Железо	Co 27 58,9330 Кобальт	Ni 28 58,71 Никель	
	5	Cu 29 63,546 Медь	Zn 30 65,37 Цинк	Ga 31 69,72 Галлий	Ge 32 72,59 Германий	As 33 74,9216 Мышьяк	Se 34 78,96 Селен	Br 35 79,904 Бром	Kr 36 83,80 Криптон			
5	6	Rb 37 85,47 Рубидий	Sr 38 87,62 Стронций	Y 39 88,905 Иттрий	Zr 40 91,22 Цирконий	Nb 41 92,906 Ниобий	Mo 42 95,94 Молибден	Tc 43 [99] Технеций	Ru 44 101,07 Рутений	Rh 45 102,905 Родий	Pd 46 106,4 Палладий	
	7	Ag 47 107,868 Серебро	Cd 48 112,40 Кадмий	In 49 114,82 Индий	Sn 50 118,69 Олово	Sb 51 121,75 Сурьма	Te 52 127,60 Теллур	I 53 126,9044 Иод	Xe 54 131,30 Ксенон			
6	8	Cs 55 132,905 Цезий	Ba 56 137,34 Барий	La* 57 138,91 Лантан	Hf 72 178,49 Гафний	Ta 73 180,948 Тантал	W 74 183,85 Вольфрам	Re 75 186,2 Рений	Os 76 190,2 Осмий	Ir 77 192,2 Иридий	Pt 78 195,09 Платина	
	9	Au 79 196,967 Золото	Hg 80 200,59 Ртуть	Tl 81 204,37 Таллий	Pb 82 207,19 Свинец	Bi 83 208,980 Висмут	Po 84 [210]* Полоний	At 85 [210] Астат	Rn 86 [222] Радон			
7	10	Fr 87 [223] Франций	Ra 88 [226] Радий	Ac** 89 [227] Актиний	Rf 104 [261] Резерфордий	Db 105 [262] Дубний	Sg 106 [263] Сиборгий	Bh 107 [262] Борий	Hs 108 [265] Хассий	Mt 109 [266] Майтнерий	Ds 110 [271] Дармштадтий	
	11	Rg 111 [272] Рентгений	Cn 112 [285] Коперниций	Nh 113 [286] Нихоний	Fl 114 [286] Флеровий	Mc 115 [286] Московский	Lv 116 [286] Ливерморий	Ts 117 [286] Теннессин	Og 118 [294] Оганесон			

Лантаноиды*	58 Ce 140,12 Церий	59 Pr 140,907 Прозеодим	60 Nd 144,24 Неодим	61 Pm [147]* Прометий	62 Sm 150,35 Самарий	63 Eu 151,96 Европий	64 Gd 157,25 Гадолиний	65 Tb 158,924 Тербий	66 Dy 162,50 Диспрозий	67 Ho 164,930 Гольмий	68 Er 167,26 Эрбий	69 Tm 168,934 Тулий	70 Yb 173,04 Иттербий	71 Lu 174,97 Лютеций
Актиноиды**	90 Th [231] Торий	91 Pa [231] Протактиний	92 U 238,03 Уран	93 Np [237] Нептуний	94 Pu [244] Плутоний	95 Am [243] Америций	96 Cm [247] Кюрий	97 Bk [247] Берклий	98 Cf [252]* Калифорний	99 Es [254] Эйнштейний	100 Fm [257] Фермий	101 Md [257] Менделевий	102 No [255] Нобелий	103 Lr [256] Лоуренсий

Воспользуйтесь таблицей Менделеева и определите молярную массу ацетилена C_2H_2 . Чему равна масса одной молекулы ацетилена в единицах в единицах СИ?

Дано:

C_2H_2

M - ?

m_0 - ?

$$M = 2 \cdot 12 + 2 \cdot 1 = 26 \text{ кг / моль}$$

$$m_0 = \frac{M}{N_A}$$

$$m_0 = \frac{26}{6 \cdot 10^{23}} = 4,3 \cdot 10^{-23} \text{ кг}$$

Ответ: 26 кг/моль; $4,3 \cdot 10^{-23}$ кг

Сколько молекул содержится в 10 г
углекислого газа?

Дано:

CO_2

$m=10 \text{ г}$

$N - ?$

СИ

$1 \cdot 10^{-2} \text{ кг}$

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

$$N = 6 \cdot 10^{23} \frac{10^{-2}}{44 \cdot 10^{-3}} = 1,34 \cdot 10^{23}$$

Ответ: $1,34 \cdot 10^{23}$

Решение задач

1. Зная постоянную Авогадро, найти массу молекулы и атома водорода.
2. Сколько молекул содержится в углекислом газе (CO_2) массой 1 г?
3. Найти число атомов в алюминиевом предмете массой 135 г.
4. На изделие, поверхность которого 20 см^2 , нанесен слой серебра толщиной 1 мкм. Сколько атомов серебра содержится в покрытии?
5. Определить количество вещества ν и число N молекул азота массой $m=0,2$ кг.
6. Определить массу m_0 молекулы: 1) углекислого газа; 2) поваренной соли.
7. В баллоне вместимостью $V=3$ л находится кислород массой $m=4$ г. Определить количество вещества ν и число N молекул газа.

Спасибо за внимание.