

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Основные положения МКТ



Основные положения МКТ

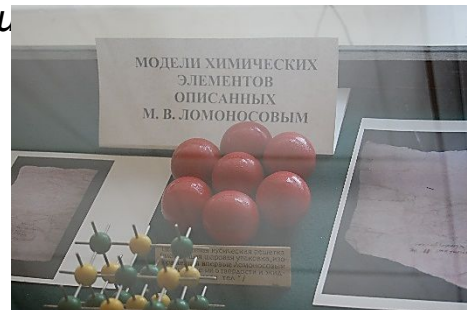


Очень хорошо известно, что теплота возбуждается движением: от взаимного трения руки согреваются, дерево загорается пламенем; при ударе кремня об огниво появляются искры; железо накаливается от проковывания частыми и сильными ударами, а если их прекратить, то теплота уменьшается и произведенный огонь в конце концов гаснет. Далее, восприняв теплоту, тела или превращаются в нечувствительные частицы и рассеиваются по воздуху, или распадаются в пепел, или в них настолько уменьшается сила сцепления, что они плавятся.



**Михаи́л Васи́льевич
Ломоно́сов**
(19 ноября 1711 - 15апреля 1765)

М.В.Ломоносов Размышления о причине теплоты и холода (Фрагмент из

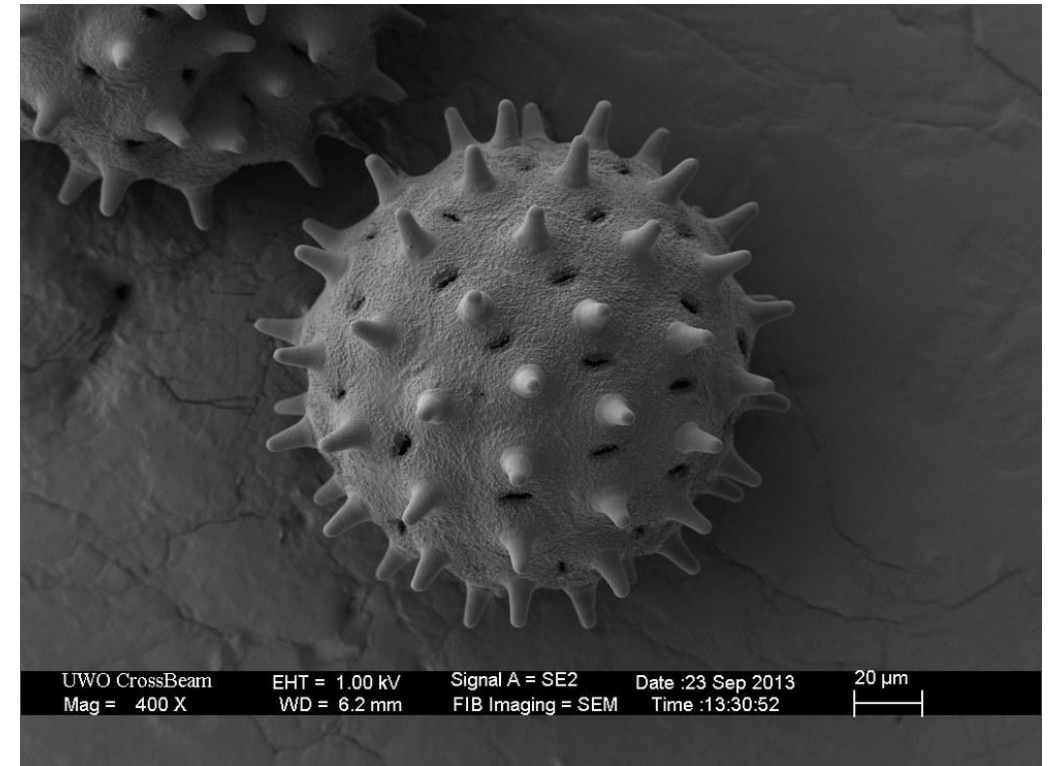
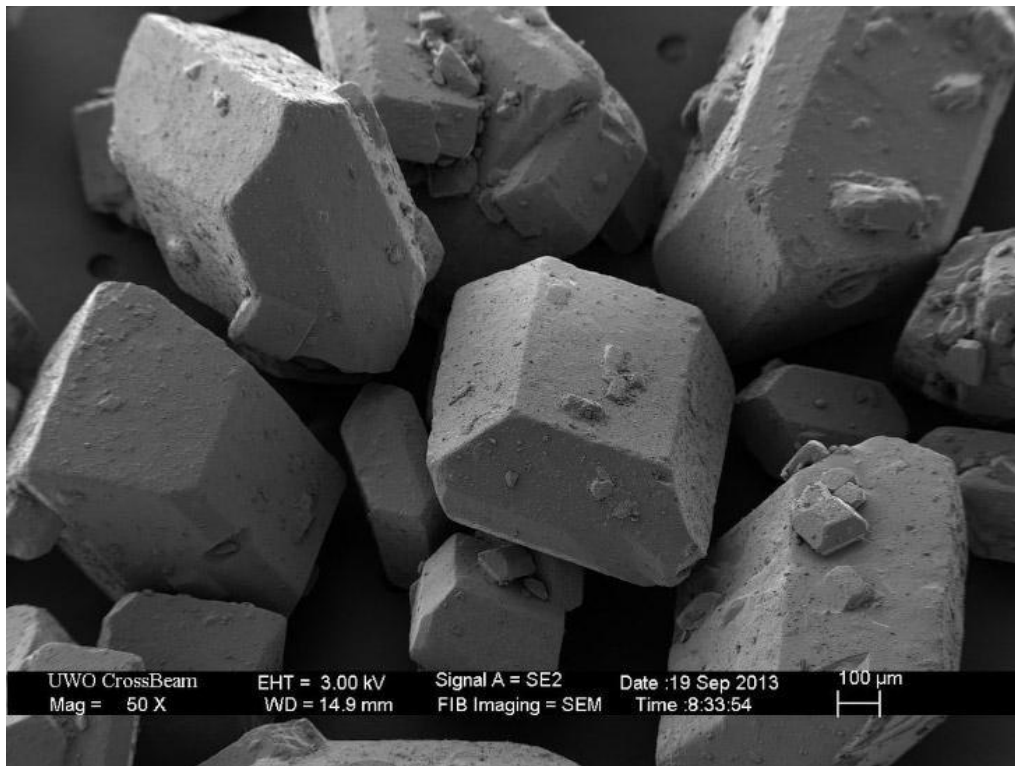


[Полный
текст](#)



Основные положения МКТ

1. Все вещества состоят из мельчайших частиц (молекул и атомов).
2. Молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении.
3. Между молекулами существуют силы взаимодействия.
4. Молекулы разделены промежутками.



Опытные обоснования МКТ

Существование молекул



Джон Дáльтон (Долтон)
(6 сентября 1766 — 27 июля 1844)

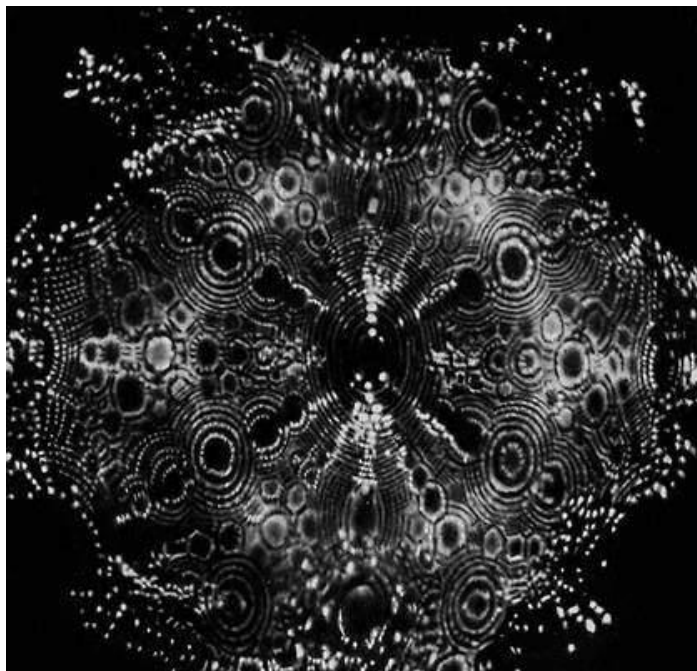
1. Закон кратных отношений: при образовании из двух элементов различных веществ массы одного из элементов в разных соединениях находятся в кратных отношениях —
 $N_2O : N_2O_2 : N_2O_3$ — 1:2:3.

ELEMENTS					
	Hydrogen	1		Strontian	46
	Azote	5		Barites	68
	Carbon	5		Iron	50
	Oxygen	7		Zinc	56
	Phosphorus	9		Copper	56
	Sulphur	13		Lead	90
	Magnesia	20		Silver	190
	Lime	24		Gold	190
	Soda	28		Platina	190
	Potash	42		Mercury	167

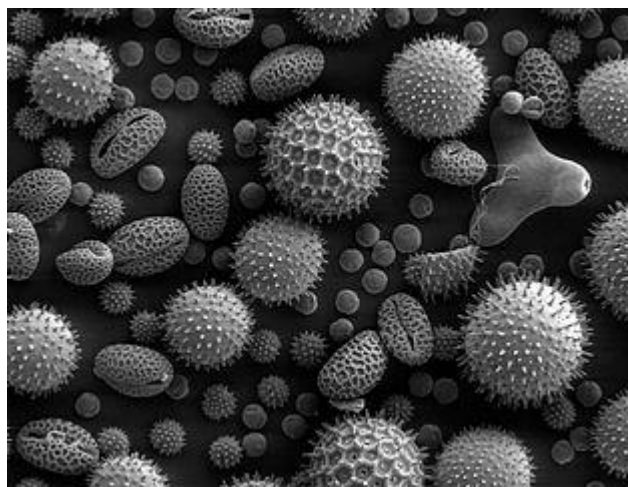
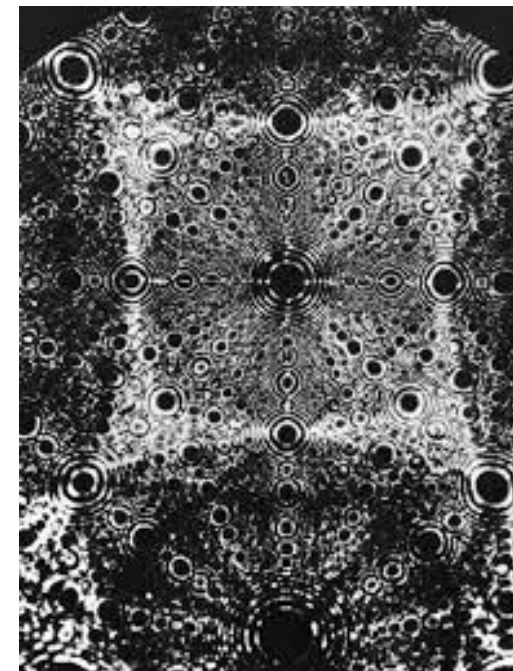


Опытные обоснования МКТ

Существование молекул



2. Наблюдение молекул с помощью ионного проектора, электронного микроскопа.

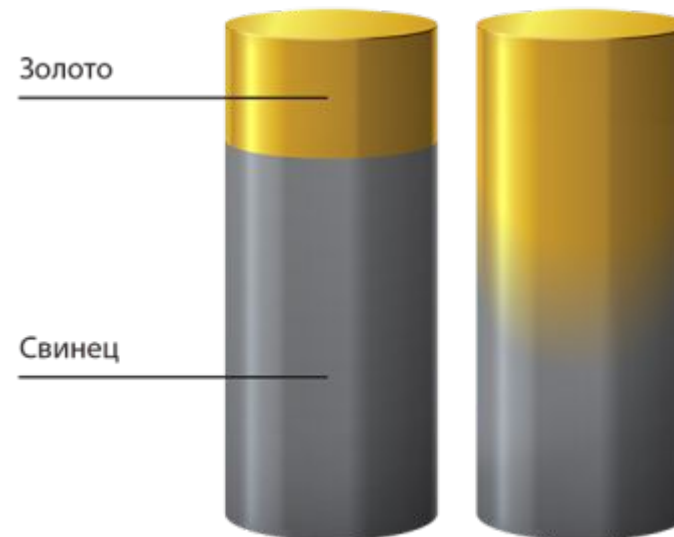




Опытные обоснования МКТ

Существование молекул

3. Явление диффузии.

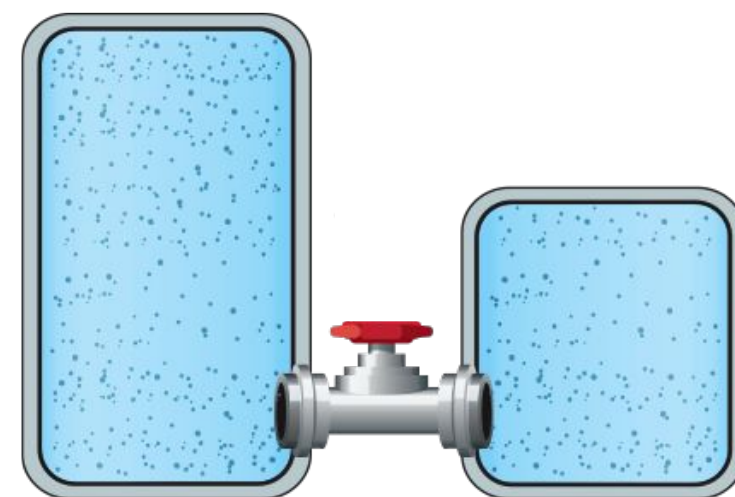
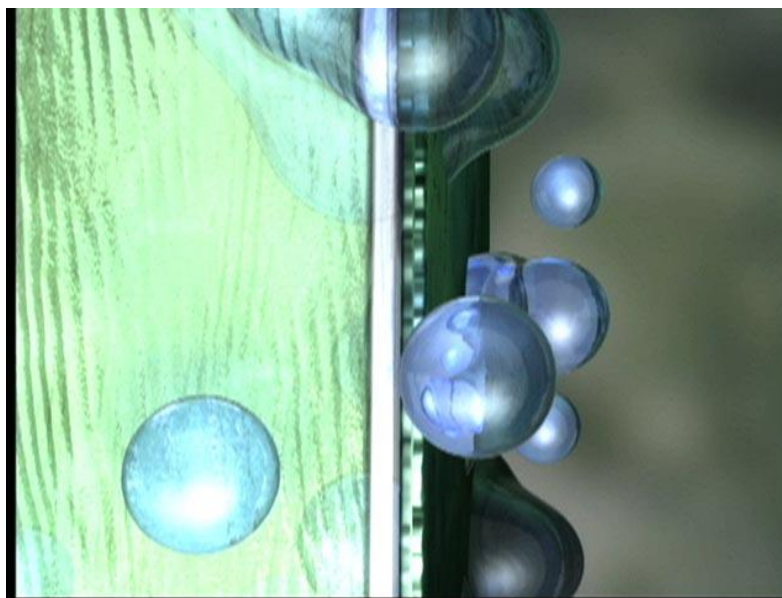
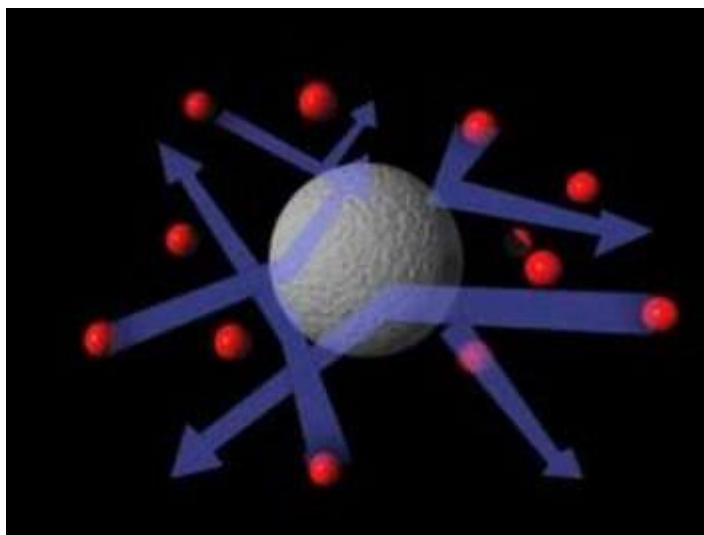


Опытные обоснования МКТ

Хаотическое движение

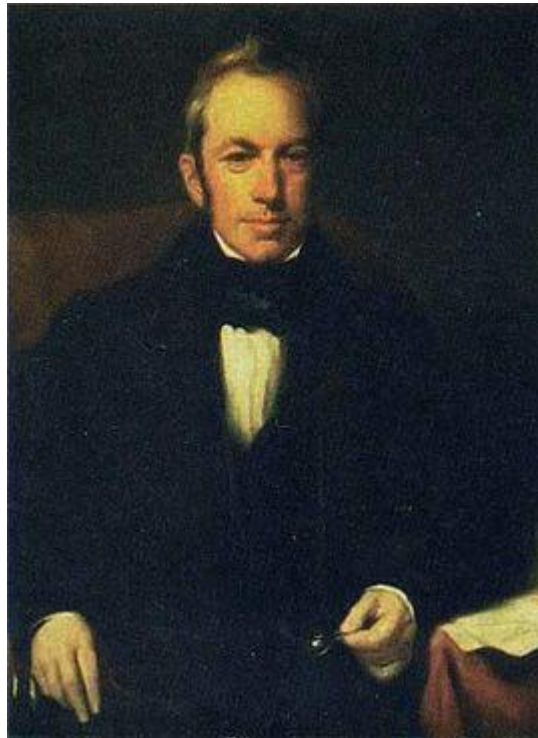
молекул

1. Броуновское движение.
2. Диффузия и осмос.
3. Давление газа на стенки сосуда.
4. Стремление газа занять любой объем.



Опытные обоснования МКТ

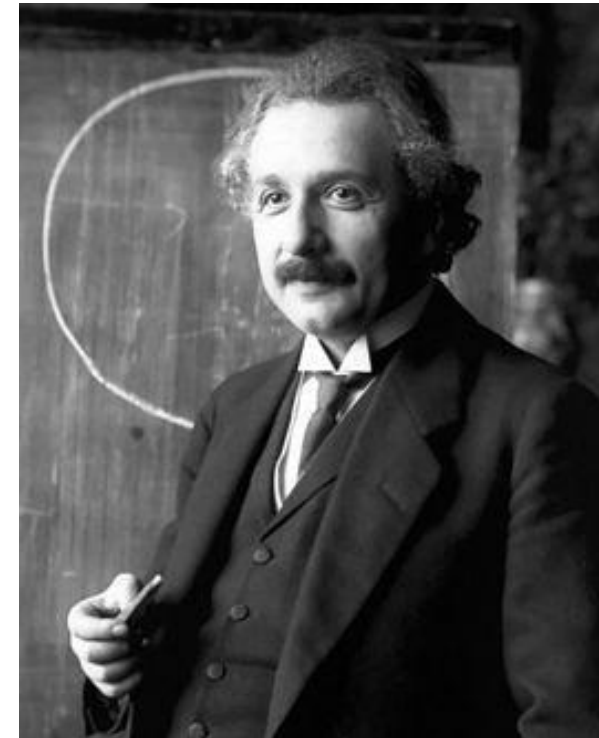
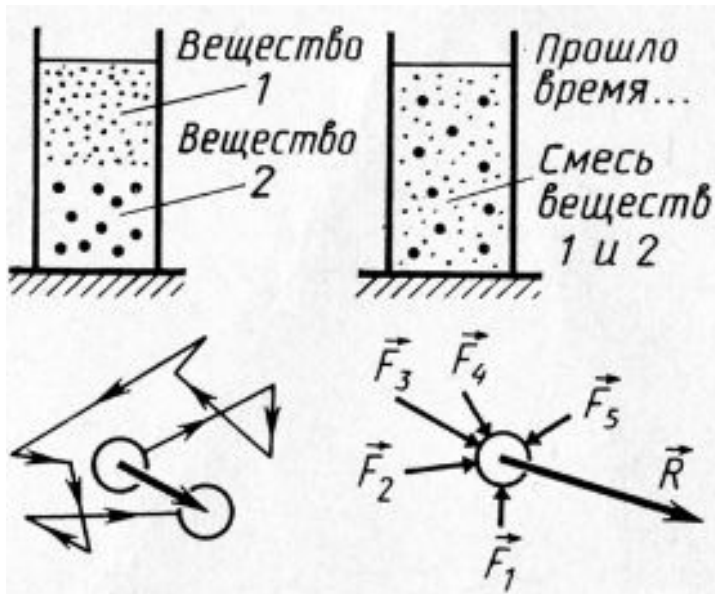
Хаотическое движение молекул



Роберт Броун
(1773—1858)

Р. Броун (1827) наблюдал
Создание теории
А.Эйнштейном (1905)
и исследования
М. Смолуховским...
Ж. Перрен (1908—1911) —

ОПЫТЫ:



Альберт Эйнштейн
(1879 - 1955)

Опытные обоснования МКТ

Силы

взаимодействия

1. Деформация тела.
2. Сохранение формы твердого тела.
3. Поверхностное натяжение жидкости.





Опытные обоснования МКТ

Наличие промежутков

1. При смешивании различных жидкостей $V_{\text{смеси}} < \sum V_{\text{отдельных жидкостей}}$

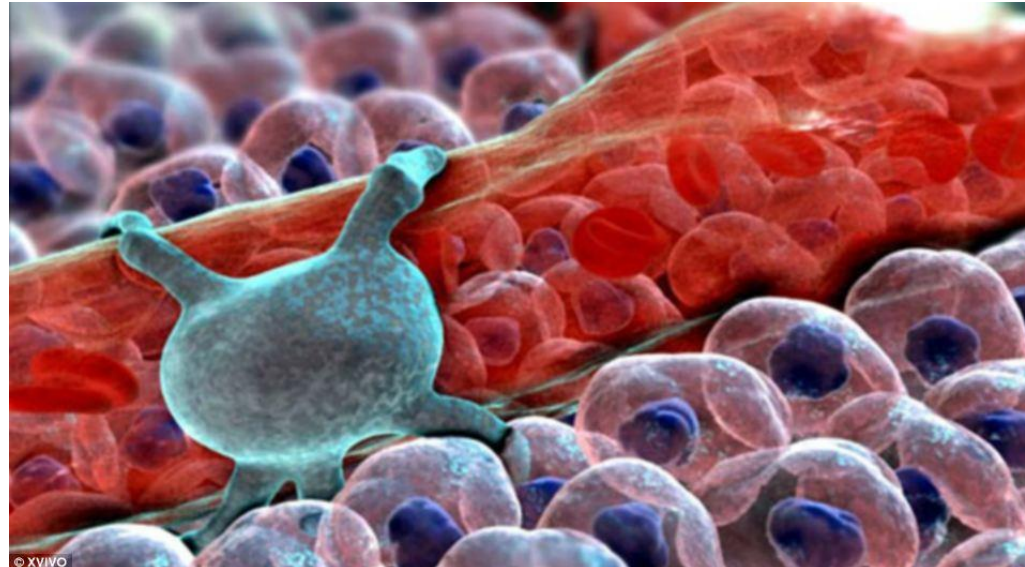


- 2. Деформация
- 3. Диффузия

Опытные обоснования МКТ

Роль в природе, технике

1. Питание растений из почвы.
2. В организмах человека и животных всасывание питательных веществ происходит через стенки органов пищеварения.
3. Цементация.

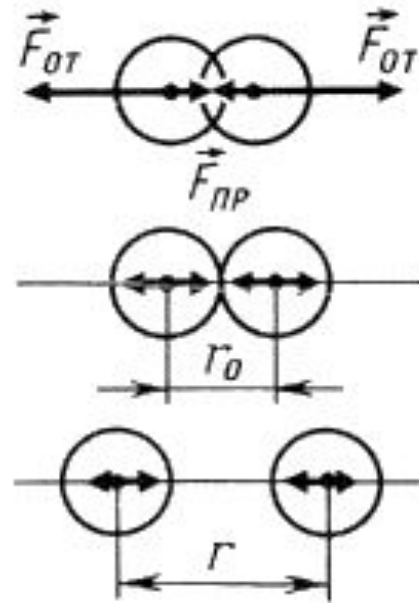
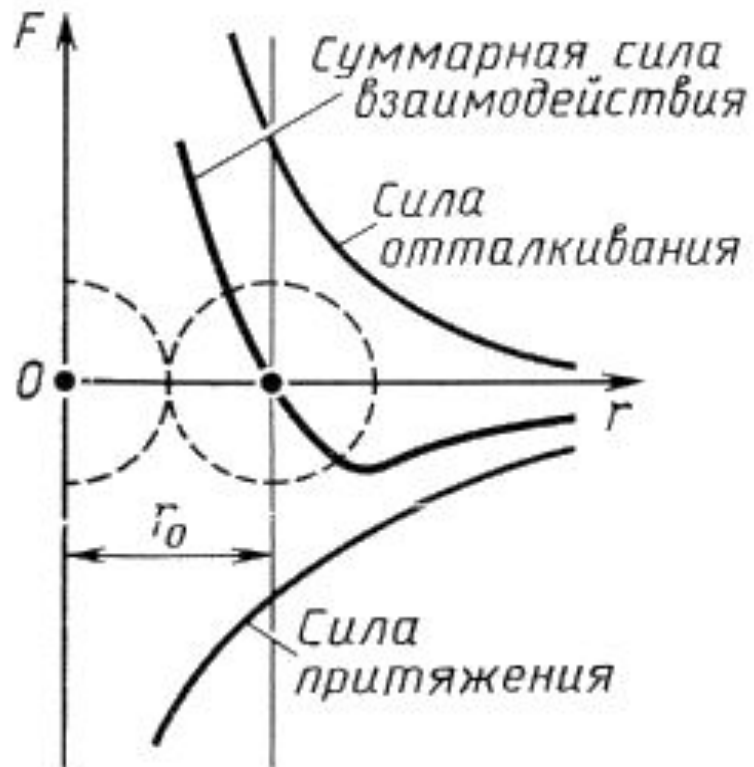


Опытные обоснования МКТ



Силы взаимодействия молекул

1. Силы притяжения и отталкивания действуют одновременно.
2. Силы электромагнитной природы.



$$r < r_0 \quad F_{пр} < F_{от}$$

$$r = r_0 \quad F_{пр} = F_{от}$$

$$r > r_0 \quad F_{пр} > F_{от}$$



Опытные обоснования МКТ

Количество вещества (ν)

Один моль содержит $N_{\text{молекул}} = N_{\text{молекул}}$ в углероде массой 0,012 кг.

Постоянная Авогадро (N_A)

В моле любого вещества $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹

Молярная масса (M)

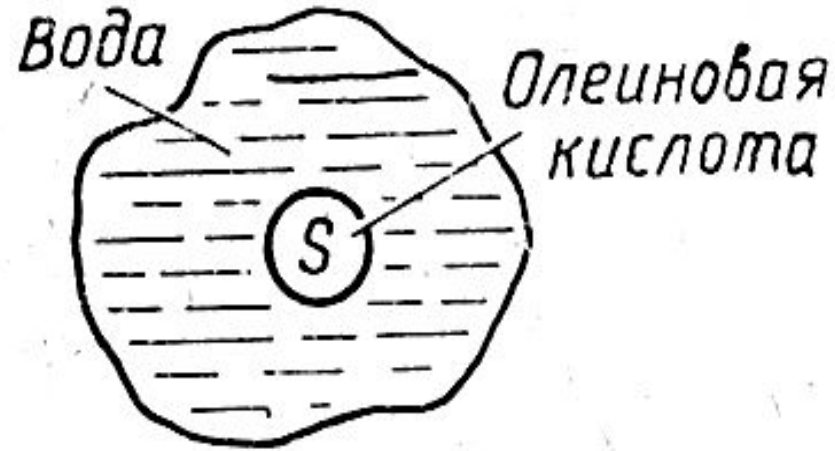
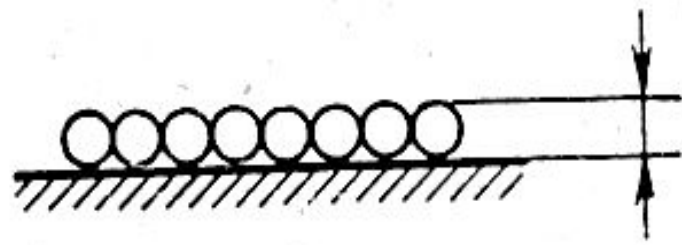
$M = \frac{m}{\nu}$, где m — масса вещества. Следовательно,

$$M = \frac{mN_A}{N}$$

Выражается молярная масса в кг/моль.



Размеры молекул



Приближенная модель молекулы — шар.

Олеиновая кислота

Объем 0,5%-ного раствора олеиновой кислоты равен 2 мм^3 , а объем чистой кислоты в растворе равен $0,005 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 = 10^{-11} \text{ м}^3$; $D = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$;

$$V = Sd_0,$$

$$d_0 = \frac{V}{S} = \frac{V \cdot 4}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2} = 3 \cdot 10^{-10} \text{ м},$$

$$d_0 = 3 \cdot 10^{-10} \text{ м}.$$

Масса молекулы (m_0)

$$m_0 = \frac{m}{N} = \frac{m'}{\nu N_A} = \frac{M}{N_A},$$

$$m_0 = \rho V_0 = \rho \frac{4}{3} \pi R^3,$$

если приближенная модель молекулы — шар;

$$m_0 = M_r \frac{1}{12} m_{0C},$$

где M_r — относительная молекулярная масса;

$$1 \text{ а. е. м.} = \frac{1}{12} m_{0C} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$



ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА



Д. И. МЕНДЕЛЕЕВ
1834-1907

		Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																	
ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		A	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	B			
1	1	H 1.00794 Hydrogenium Водород																He 4.002602 Helium Гелий	
2	2	Li 6.941 Lithium Литий	Be 9.0122 Beryllium Бериллий	B 10.811 Borum Бор	C 12.011 Carboneum Углерод	N 14.007 Nitrogenium Азот	O 15.999 Oxygenium Кислород	F 18.998 Fluorum Фтор										Ne 20.179 Neon Неон	
3	3	Na 22.99 Natrium Натрий	Mg 24.305 Magnesium Магний	Al 26.9815 Aluminium Алюминий	Si 28.086 Silicium Кремний	P 30.974 Phosphorus Фосфор	S 32.066 Sulfur Сера	Cl 35.453 Chlorium Хлор										Ar 39.948 Argon Аргон	
4	4	K 39.098 Kalium Калий	Ca 40.08 Calcium Кальций	Sc 44.956 Scandium Скандий	Ti 47.90 Titanium Титан	V 50.941 Vanadium Ванадий	Cr 51.996 Chromium Хром	Mn 54.938 Manganum Марганец	Fe 55.847 Ferrum Железо	Co 58.933 Cobaltum Кобальт	Ni 58.70 Niccolum Никель								
	5	Cu 63.546 Cuprum Медь	Zn 65.39 Zincum Цинк	Ga 69.72 Gallium Галлий	Ge 72.59 Germanium Германий	As 74.992 Arsenicum Мышьяк	Se 78.96 Selenium Селен	Br 79.904 Bromum Бром											Kr 83.80 Krypton Криптон
5	6	Rb 85.468 Rubidium Рубидий	Sr 87.62 Strontium Стронций	Y 88.906 Yttrium Иттрий	Zr 91.22 Zirconium Цирконий	Nb 92.906 Niobium Ниобий	Mo 95.94 Molybdaenum Молибден	Tc 97.91 Technetium Технеций	Ru 101.07 Ruthenium Рутений	Rh 102.906 Rhodium Родий	Pd 106.4 Palladium Палладий								
	7	Ag 107.868 Argentum Серебро	Cd 112.41 Cadmium Кадмий	In 114.82 Indium Индий	Sn 118.71 Stannum Олово	Sb 121.75 Stibium Сурьма	Te 127.60 Tellurium Теллур	I 126.9045 Iodum Иод											Xe 131.29 Xenon Ксенон
6	8	Cs 132.905 Cesium Цезий	Ba 137.33 Barium Барий	La* 138.9055 Lanthanum Лантан	Hf 178.49 Hafnium Гафний	Ta 180.9479 Tantalum Тантал	W 183.85 Wolframium Вольфрам	Re 186.207 Rhenium Рений	Os 190.2 Osmium Осмий	Ir 192.22 Iridium Иридий	Pt 195.08 Platinum Платина								
	9	Au 196.967 Aurum Золото	Hg 200.59 Hydrargyrum Ртуть	Tl 204.38 Thallium Таллий	Pb 207.19 Plumbum Свинец	Bi 208.980 Bismuthum Висмут	Po 209.98 Polonium Полоний	At 209.99 Astatium Астат											
7	10	Fr [223] Francium Франций	Ra [226] Radium Радий	Ac** [227] Actinium Актиний	Rf [261] Rutherfordium Фезерфордий	Db [262] Dubnium Дубний	Sg [263] Seaborgium Сиборгий	Bh [262] Bohrium Борий	Hs [265] Hassium Хассий	Mt [266] Meitnerium Мейтнерий									
ФОРМУЛЫ ВЫСШИХ ОКСИДОВ		R ₂ O		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄			
ФОРМУЛЫ ЛЕТУЧИХ ОДНОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ						RH ₄		RH ₃		RH ₂		RH							
ЛАНТАНОИДЫ																			
		58 140.12 Ce Cerium Церий	59 140.908 Pr Praseodymium Празеодим	60 144.24 Nd Neodymium Неодим	61 144.91 Pm Promethium Прометий	62 150.36 Sm Samarium Самарий	63 151.96 Eu Europium Европий	64 157.25 Gd Gadolinium Гадолиний	65 158.926 Tb Terbium Тербий	66 162.50 Dy Dysprosium Диспрозий	67 164.930 Ho Holmium Гольмий	68 167.26 Er Erbium Эрбий	69 168.934 Tm Thulium Тулий	70 173.04 Yb Ytterbium Иттербий	71 174.967 Lu Lutetium Лютеций				
АКТИНОИДЫ																			
		90 232.038 Th Thorium Торий	91 231.04 Pa Protactinium Протактиний	92 238.03 U Uranium Уран	93 237.05 Np Neptunium Нептуний	94 244.06 Pu Plutonium Плутоний	95 243.06 Am Americium Америций	96 247.07 Cm Curium Кюрий	97 247.07 Bk Berkelium Берклий	98 251.08 Cf Californium Калифорний	99 252.08 Es Einsteinium Эйнштейний	100 257.10 Fm Fermium Фермий	101 258.10 Md Mendelevium Менделевий	102 259.10 No Nobelium Нобелий	103 260.10 Lr Lawrencium Лауренций				

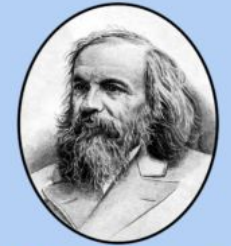


- s-ЭЛЕМЕНТЫ
- p-ЭЛЕМЕНТЫ
- d-ЭЛЕМЕНТЫ
- f-ЭЛЕМЕНТЫ



ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

		Г Р У П П Ы Э Л Е М Е Н Т О В																		
ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		A		
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	B	A			
1	1	H 1.00794 Hydrogenium Водород																He 4.002602 Helium Гелий		
2	2	Li 6.941 Lithium Литий	Be 9.0122 Beryllium Бериллий	B 10.811 Borum Бор	C 12.011 Carbonium Углерод	N 14.007 Nitrogenium Азот	O 15.999 Oxygenium Кислород	F 18.998 Fluorum Фтор										Ne 20.179 Neon Неон		
3	3	Na 22.99 Natrium Натрий	Mg 24.305 Magnesium Магний	Al 26.9815 Aluminium Алюминий	Si 28.086 Silicium Кремний	P 30.974 Phosphorus Фосфор	S 32.066 Sulfur Сера	Cl 35.453 Chlorium Хлор											Ar 39.948 Argon Аргон	
4	4	K 39.098 Kalium Калий	Ca 40.08 Calcium Кальций	Sc 44.956 Scandium Скандий	Ti 47.90 Titanium Титан	V 50.941 Vanadium Ванадий	Cr 51.996 Chromium Хром	Mn 54.938 Manganum Марганец	Fe 55.847 Ferrum Железо	Co 58.933 Cobaltum Кобальт	Ni 58.70 Niccolum Никель									
	5	Cu 63.546 Cuprum Медь	Zn 65.39 Zincum Цинк	Ga 69.72 Gallium Галлий	Ge 72.59 Germanium Германий	As 74.992 Arsenicum Мышьяк	Se 78.96 Selenium Селен	Br 79.904 Bromum Бром												Kr 83.80 Krypton Криптон
5	6	Rb 85.468 Rubidium Рубидий	Sr 87.62 Strontium Стронций	Y 88.906 Yttrium Иттрий	Zr 91.22 Zirconium Цирконий	Nb 92.906 Niobium Ниобий	Mo 95.94 Molybdaenum Молибден	Tc 97.91 Technetium Технеций	Ru 101.07 Ruthenium Рутений	Rh 102.906 Rhodium Родий	Pd 106.4 Palladium Палладий									
	7	Ag 107.868 Argentum Серебро	Cd 112.41 Cadmium Кадмий	In 114.82 Indium Индий	Sn 118.71 Stannum Олово	Sb 121.75 Stibium Сурьма	Te 127.60 Tellurium Теллур	I 126.9045 Iodum Иод												Xe 131.29 Xenon Ксенон
6	8	Cs 132.905 Cesium Цезий	Ba 137.33 Barium Барий	La* 138.9055 Lanthanum Лантан	Hf 178.49 Hafnium Гафний	Ta 180.9479 Tantalum Тантал	W 183.85 Wolframium Вольфрам	Re 186.207 Rhenium Рений	Os 190.2 Osmium Осмий	Ir 192.22 Iridium Иридий	Pt 195.08 Platinum Платина									
	9	Au 196.967 Aurum Золото	Hg 200.59 Hydrargyrum Ртуть	Tl 204.38 Thallium Таллий	Pb 207.19 Plumbum Свинец	Bi 208.980 Bismuthum Висмут	Po 209.98 Polonium Полоний	At 209.99 Astatium Астат												Rn [222] Radon Радон
7	10	Fr [223] Francium Франций	Ra [226] Radium Радий	Ac** [227] Actinium Актиний	Rf [261] Rutherfordium Фезерфордий	Db [262] Dubnium Дубний	Sg [263] Seaborgium Сиборгий	Bh [262] Bohrium Борий	Hs [265] Hassium Хассий	Mt [266] Meitnerium Мейтнерий										
		FORMULY VYSHIX OKSIDOV		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄				
		FORMULY LETUCHIX ODNOHODNYX SOEDINENIY		RO		R ₂ O ₃		RO ₂		R ₂ O ₅		RO ₃		R ₂ O ₇		RO ₄				
		ЛАНТАНОИДЫ																		
		Ce 140.12 Cesium Церий	Pr 140.908 Praseodymium Прозодим	Nd 144.24 Neodymium Неодим	Pm 144.91 Promethium Прометий	Sm 150.36 Samarium Самарий	Eu 151.96 Europium Европий	Gd 157.25 Gadolinium Гадолий	Tb 158.926 Terbium Тербий	Dy 162.50 Dysprosium Диспрозий	Ho 164.930 Holmium Гольмий	Er 167.26 Erbium Эрбий	Tm 168.934 Thulium Тулий	Yb 173.04 Ytterbium Иттербий	Lu 174.967 Lutetium Лютеций					
		АКТИНОИДЫ																		
		Th 232.038 Thorium Торий	Pa 231.04 Protactinium Протактиний	U 238.03 Uranium Уран	Np 237.05 Neptunium Нептуний	Pu 244.08 Plutonium Плутоний	Am 243.06 Americium Америций	Cm 247.07 Curium Кюриум	Bk 247.07 Berkelium Берклиум	Cf 251.08 Californium Калифорний	Es 252.09 Einsteinium Эйнштейний	Fm 257.10 Fermium Фермий	Md 261.10 Mendelevium Менделеевий	No 259.10 Nobelium Нобелиум	Lr 260.10 Lawrencium Лауренсий					



Д. И. МЕНДЕЛЕЕВ
1834-1907



- s-ЭЛЕМЕНТЫ
- p-ЭЛЕМЕНТЫ
- d-ЭЛЕМЕНТЫ
- f-ЭЛЕМЕНТЫ



$$M_r(\text{HCl}) = 36,5 \text{ а. е. м}$$

$$M_r(\text{HCl}) = M_r(\text{H}) + M_r(\text{Cl}) = 1 + 35,5 = 36,5 \text{ а. е. м}$$

Определите массу трёхмольей углекислого газа.

Дано:

$$\nu = 3 \text{ моль}$$



$$m = ?$$

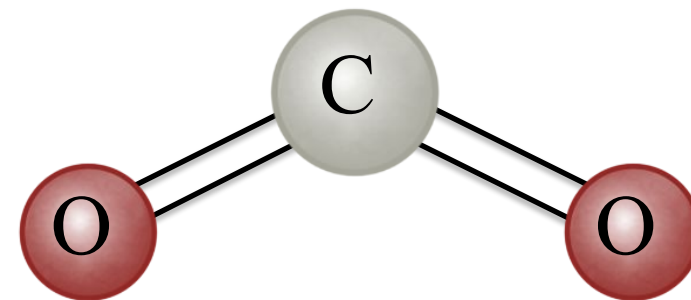
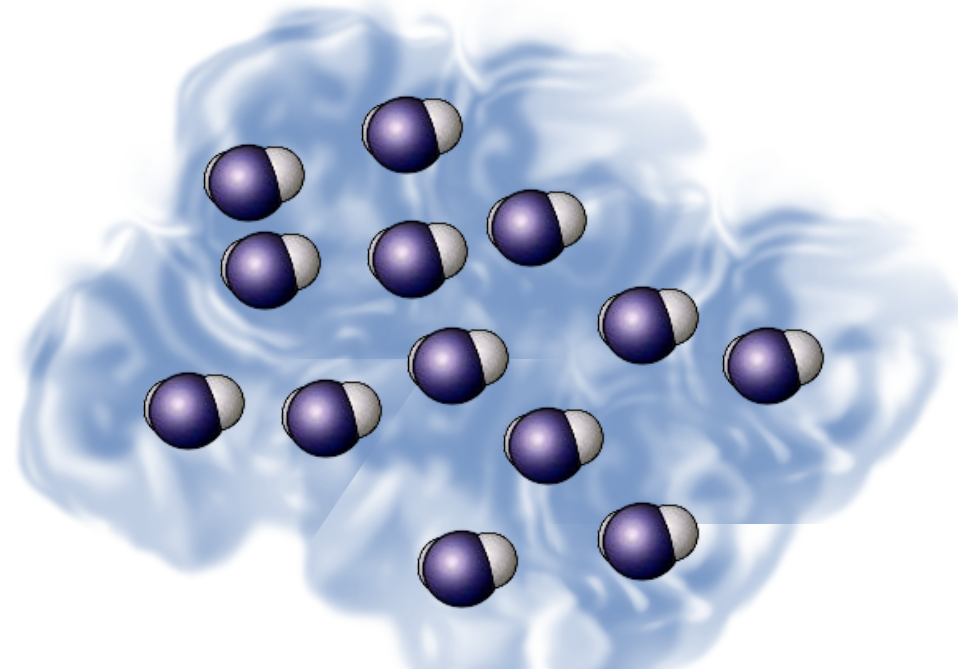


$$M(O) = 16 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}$$

$$M(C) = 12 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}$$

$$M(CO_2) = 2 \times 16 + 12 = 44 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}}$$

$$M(CO_2) = 0,044 \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$$



Определите массу трех молей углекислого газа.

Дано:

$$\nu = 3 \text{ моль}$$



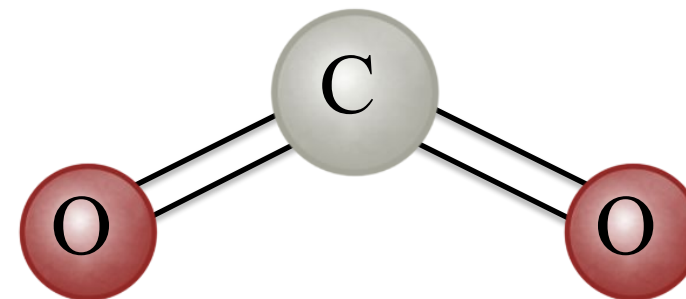
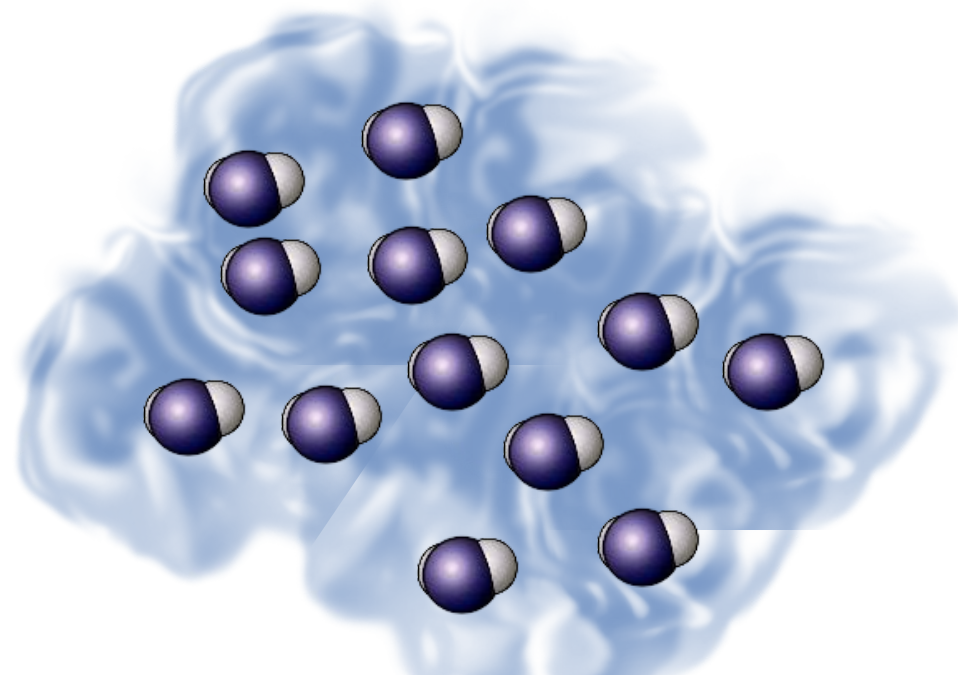
$$m = ?$$



$$M(CO_2) = 0,044 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

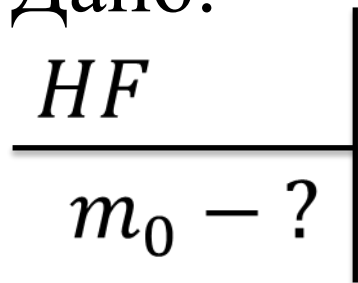
$$m = M\nu$$

$$m = 0,044 \times 3 = 0,132 \text{ кг}$$



Определите массу молекулы плавиковой кислоты.

Дано:



$$M = m_0 N_A$$

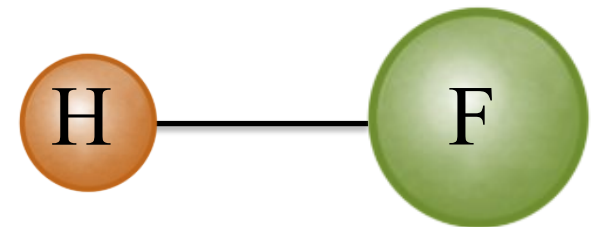
$$m_0 = \frac{M}{N_A}$$



$$M(HF) = M(H) + M(F)$$

$$M(HF) = 1 + 19 = 20 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}} = 0,02 \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$$

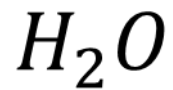
$$m_0 = \frac{0,02}{6,02 \times 10^{23}} = 3,32 \times 10^{-26} \text{ КГ}$$



Известно, что в некотором сосуде, до краёв наполненном водой содержится 7×10^{25} молекул воды. Найдите ёмкость данного сосуда.

Дано:

$$N = 7 \times 10^{25}$$



$$V - ?$$

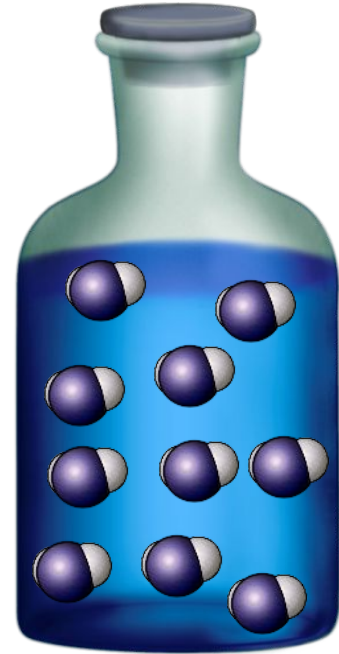
$$v = \frac{N}{N_A}$$

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

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

$$V = \frac{m}{\rho} \Rightarrow V = \frac{MN}{\rho N_A}$$

$$\rho(H_2O) = 1 \frac{\text{кг}}{\text{л}}$$



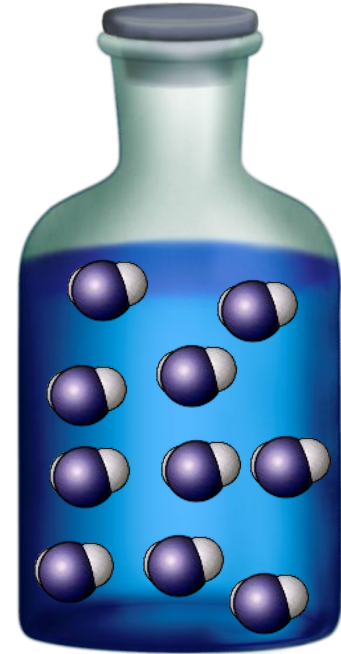
Известно, что в некотором сосуде, до краёв наполненном водой содержится 7×10^{25} молекул воды. Найдите ёмкость данного сосуда.

Дано:

$$\begin{array}{l} N = 7 \times 10^{25} \\ H_2O \\ \hline V - ? \end{array}$$

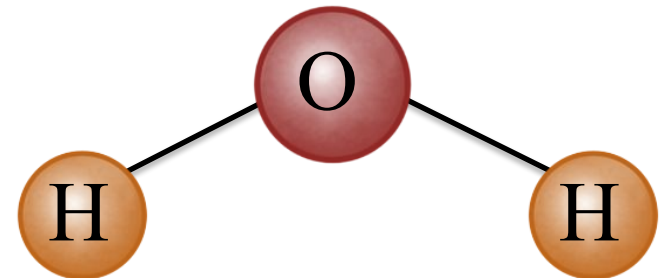
$$V = \frac{MN}{\rho N_A}$$

$$\rho(H_2O) = 1 \frac{\text{КГ}}{\text{Л}}$$



$$M(H_2O) = 2M(H) + M(O)$$

$$M(H_2O) = 2 \times 1 + 16 = 18 \frac{\text{Г}}{\text{МОЛЬ}} = 0,018 \frac{\text{КГ}}{\text{МОЛЬ}}$$



Известно, что в некотором сосуде, до краёв наполненном водой содержится 7×10^{25} молекул воды. Найдите ёмкость данного сосуда.

Дано:

$$\begin{array}{l} N = 7 \times 10^{25} \\ H_2O \\ \hline V - ? \end{array}$$

$$V = \frac{MN}{\rho N_A} \quad \rho(H_2O) = 1 \frac{\text{кг}}{\text{л}}$$

$$M(H_2O) = 0,018 \frac{\text{кг}}{\text{моль}}$$

$$V = \frac{0,018 \times 7 \times 10^{25}}{6,02 \times 10^{23}} = 2,1 \text{ л}$$

