



## ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ХИМИИ

### 1.2. ИЗМЕРЕНИЕ ВЕЩЕСТВ. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ ХИМИИ.



# **ИМЕЮТ ЛИ ВЕС АТОМЫ И КАК ЕГО ИЗМЕРИТЬ?**

**Джон Дальтон  
(1766-1844)**



*английский физик и химик, изучая газы в составе воздуха, сделал вывод:*

**«Я считаю, что атомы одного элемента одинаковы между собой, но отличаются от атомов других элементов. Если об их размерах нельзя сказать ничего определённого, то об основном их физическом свойстве говорить можно: атомы имеют вес».**

# ***МАССЫ АТОМОВ НИЧТОЖНО МАЛЫ***

**Масса самого лёгкого атома водорода**

**0,000 000 000 000 000 000 000 001 674 г**

**или  $1,674 \cdot 10^{-24}$  г**

**Масса самого тяжёлого атома урана**

**0,000 000 000 000 000 000 000 000 395 г**

**или  $3,95 \cdot 10^{-22}$  г**

**Пользоваться такими  
величинами неудобно!**

## АБСОЛЮТНАЯ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ МАССА



□ Иногда используются не **абсолютные**, а **относительные** величины; например, диетологи, чтобы определить имеется ли у человека избыток или недостаток веса используют показатель массы тела в килограммах относительно роста

ИЗБОРКИ В МЕТРАХ



# ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА -A<sub>r</sub>

$$A_r (\text{Э}) = \frac{m (\text{атома Э})}{\frac{1}{12} m (\text{атома С})}$$

**A<sub>r</sub>**

**англ. « relative» - ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ  
величина безразмерная**

***A<sub>r</sub> показывает во сколько раз масса атома элемента  
больше 1/12 части массы атома углерода или а.е.м.***

# КАК ОПРЕДЕЛИТЬ АР ПО ТАБЛИЦЕ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	РЯДЫ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII		
I	1	1 Водород 1,00797 <b>H</b>									2 Гелий 4,0026 <b>He</b>
II	2	3 Литий 6,941 <b>Li</b>	4 Бериллий 9,0122 <b>Be</b>	5 Бор 10,811 <b>B</b>	6 Углерод 12,01115 <b>C</b>	7 Азот 14,0067 <b>N</b>	8 Кислород 15,9994 <b>O</b>	9 Фтор 18,9984 <b>F</b>			10 Неон 20,180 <b>Ne</b>
III	3	11 Натрий 22,9898 <b>Na</b>	12 Магний 24,305 <b>Mg</b>	13 Алюминий 26,9815 <b>Al</b>	14 Кремний 28,086 <b>Si</b>	15 Фосфор 30,9738 <b>P</b>	16 Сера 32,064 <b>S</b>	17 Хлор 35,453 <b>Cl</b>			18 Аргон 39,948 <b>Ar</b>
IV	4	19 Калий 39,0983 <b>K</b>	20 Кальций 40,08 <b>Ca</b>	21 Скандий 44,956 <b>Sc</b>	22 Титан 47,87 <b>Ti</b>	23 Ванадий 50,942 <b>V</b>	24 Хром 51,996 <b>Cr</b>	25 Марганец 54,938 <b>Mn</b>	26 Железо 55,847 <b>Fe</b>	27 Кобальт 58,9332 <b>Co</b>	28 Никель 58,69 <b>Ni</b>
	5	29 Медь 63,546 <b>Cu</b>	30 Цинк 65,39 <b>Zn</b>	31 Галлий 69,72 <b>Ga</b>	32 Германий 72,59 <b>Ge</b>	33 Мышьяк 74,9216 <b>As</b>	34 Селен 78,96 <b>Se</b>	35 Бром 79,904 <b>Br</b>			36 Криптон 83,80 <b>Kr</b>
V	6	37 Рубидий 85,47 <b>Rb</b>	38 Стронций 87,62 <b>Sr</b>	39 Иттрий 88,905 <b>Y</b>	40 Цирконий 91,22 <b>Zr</b>	41 Niobий 92,906 <b>Nb</b>	42 Молибден 95,94 <b>Mo</b>	43 Технеций 98,906 <b>Tc</b>	44 Рутений 101,07 <b>Ru</b>	45 Родий 102,905 <b>Rh</b>	46 Палладий 106,36 <b>Pd</b>
	7	47 Серебро 107,868 <b>Ag</b>	48 Кадмий 112,40 <b>Cd</b>	49 Индий 114,82 <b>In</b>	50 Олово 118,69 <b>Sn</b>	51 Висмут 120,76 <b>Pb</b>	52 Полоonium 125,91 <b>Po</b>	53 Иод 126,905 <b>I</b>	54 Ксеноон 131,29 <b>Xe</b>	55 Барий 137,33 <b>Ba</b>	56 Лантан 138,905 <b>La*</b>
VI	8	55 Цезий 132,905 <b>Cs</b>	56 Барий 137,34 <b>Ba</b>	57 Лантан 138,91 <b>La*</b>	58 Церий 140,12 <b>Ce</b>	59 Прометий 144,91 <b>Pm</b>	60 Неодим 144,24 <b>Nd</b>	61 Прометий 144,91 <b>Pm</b>	62 Самарий 150,35 <b>Sm</b>	63 Европий 151,96 <b>Eu</b>	64 Гафний 178,49 <b>Hf</b>
	9	79 Золото 196,967 <b>Au</b>	80 Ртуть 200,59 <b>Hg</b>	81 Таллий 204,37 <b>Tl</b>	82 Свинец 207,19 <b>Pb</b>	83 Висмут 208,98 <b>Po</b>	84 Полоний 209 <b>Po</b>	85 Астат 210 <b>At</b>	86 Радон 222 <b>Rn</b>	87 Франций 223 <b>Fr</b>	88 Радий 226 <b>Ra</b>
VII	10	87 Франций [223] <b>Fr</b>	88 Радий [226] <b>Ra</b>	89 Актиний [227] <b>Ac**</b>	90 Торий [232] <b>Th</b>	91 Протактиний [231] <b>Pa</b>	92 Уран [238] <b>U</b>	93 Нептуний [237] <b>Np</b>	94 Плутоний [244] <b>Pu</b>	95 Америций [243] <b>Am</b>	96 Кюрий [247] <b>Cm</b>
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ		<b>R<sub>2</sub>O</b>	<b>RO</b>	<b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>2</sub></b>						
ЛЕТУЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ					<b>RH<sub>4</sub></b>						
ПАНТАНОИДЫ*		58 Церий 140,12 <b>Ce</b>	59 Прозетим 140,907 <b>Pr</b>	60 Неодим 144,24 <b>Nd</b>	61 Прометий 144,91 <b>Pm</b>	62 Самарий 150,35 <b>Sm</b>	63 Европий 151,96 <b>Eu</b>	64 Гафний 178,49 <b>Hf</b>	65 Гадолиний 157,25 <b>Gd</b>	66 Термий 158,904 <b>Tm</b>	67 Диспрозий 162,50 <b>Dy</b>
АКТИНОИДЫ**		90 Торий 232,038 <b>Th</b>	91 Протактиний 231,04 <b>Pa</b>	92 Уран 238,03 <b>U</b>	93 Нептуний [237] <b>Np</b>	94 Плутоний [244] <b>Pu</b>	95 Америций [243] <b>Am</b>	96 Кюрий [247] <b>Cm</b>	97 Берклий [247] <b>Bk</b>	98 Калифорний [251] <b>Cf</b>	99 Эйнштейний [252] <b>Es</b>
									100 Фермий [257] <b>Fm</b>	101 Менделеевский [258] <b>Md</b>	102 Нобелий [259] <b>No</b>
											103 Лоуренсий [262] <b>Lr</b>

порядковый номер

↓

17

**CL**

35,454

←

относи-  
тельная  
атомная  
масса

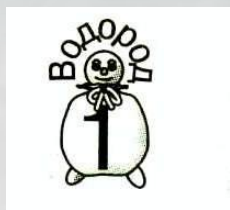
хлор

# ЗНАЧЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ АТОМНЫХ МАСС НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

1  
**Н** 1,00797  
водород

6  
**С** 12,01115  
углерод

8  
**О** 15,9994  
кислород



$Ar(H) = 1$



$Ar(C) = 12$



$Ar(O) = 16$



# ***ДРОБНОЕ ЗНАЧЕНИЕ Ar***



- В расчётах используют значения относительных атомных масс, округлённые до целых чисел, но в случае с хлором для более точных вычислений пользуются **дробной** величиной***

$$Ar(Cl) = 35,5$$

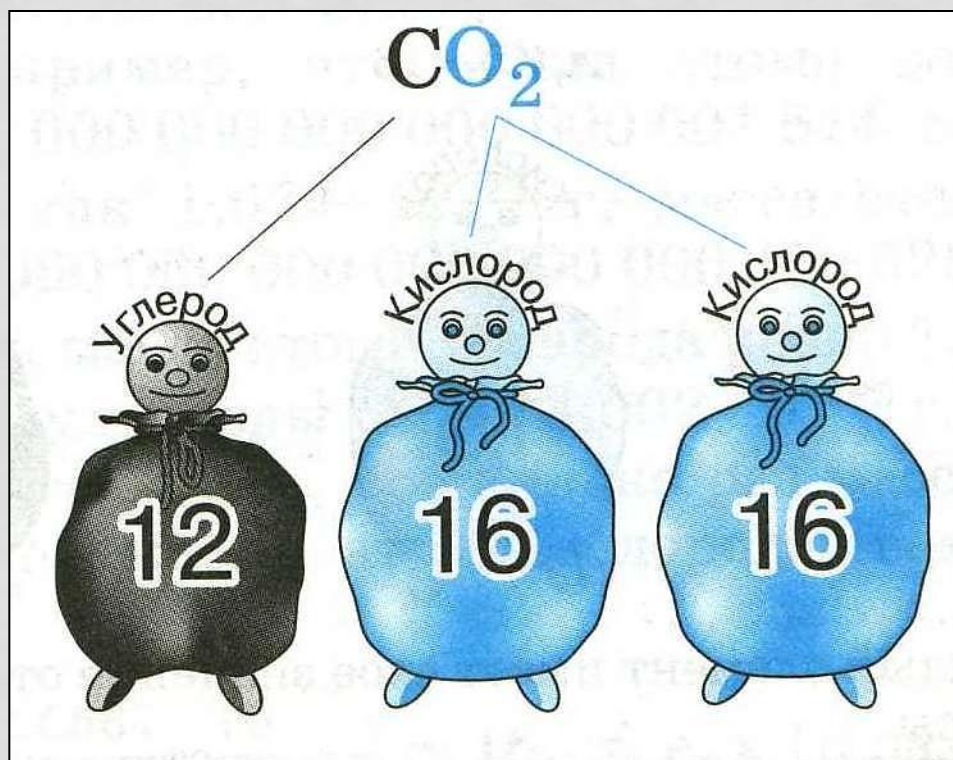
# **ОТНОСИТЕЛЬНАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА -M<sub>r</sub>**

- **показывает во сколько раз масса молекулы вещества больше 1/12 массы атома углерода**

$$M_r = \frac{m(\text{молекулы})}{\frac{1}{12}m(\text{атома C})}$$

- **равна сумме относительных атомных масс элементов, входящих в состав молекулы вещества, с учётом числа атомов**
- **для немолекулярных веществ это понятие употребляется условно**

# ОТНОСИТЕЛЬНАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА -MR

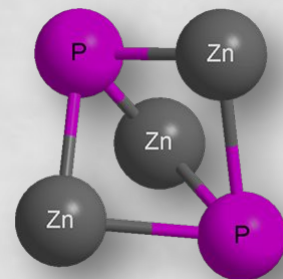


$$Mr(\text{CO}_2) = Ar(\text{C}) + Ar(\text{O}) \times 2 = 12 + 16 \times 2 = 12 + 32 = 44$$

# IV. МАССОВАЯ ДОЛЯ ЭЛЕМЕНТА В ВЕЩЕСТВЕ.

I. Массовая доля -  $W$

$$W(\text{Э}) = \frac{n \text{ Ar}(\text{Э})}{\text{Mr}(\text{в-ва})}$$



$n$  – число атомов в молекуле (индекс)

$\text{Ar}$  – относительная атомная масса

$\text{Mr}$  – относительная молекулярная масса

Пример:

Найти  $W(\text{C})$  в молекуле  $\text{CaCO}_3$

$$1. \text{Mr}(\text{CaCO}_3) = \text{Ar}(\text{Ca}) + \text{Ar}(\text{C}) + 3 \text{ Ar}(\text{O}) = 40 + 12 + 48 = 100$$

$$2. W(\text{C}) = \frac{\text{Ar}(\text{C})}{\text{Mr}(\text{CaCO}_3)} = \frac{12}{100} = 0,12 \text{ (12\%)}$$

# КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА. МОЛЬ

## Количество вещества

-физическая величина,  
которая

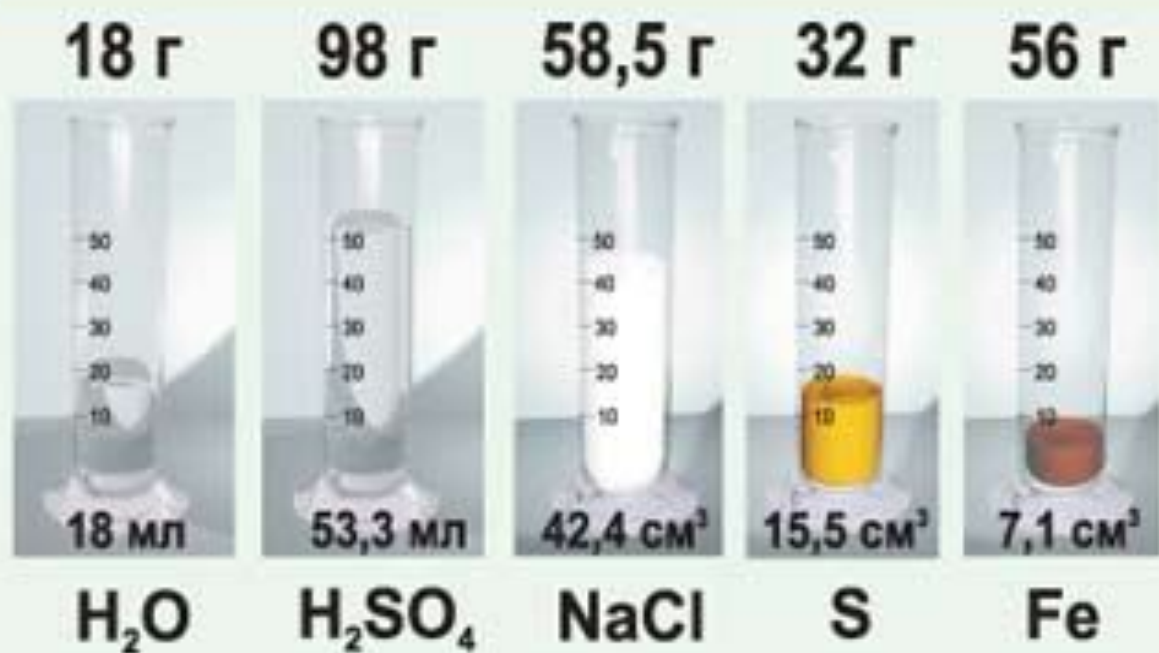
Обозначается -  $n$

Означает определенное  
число структурных  
элементов(молекул,  
атомов, ионов)

Измеряется в  
международной системе  
единиц (СИ) - *Моль*

# 9

## МОЛЬ – ЕДИНИЦА КОЛИЧЕСТВА ВЕЩЕСТВА



Массы и объемы веществ количеством 1 моль

Массы 1 моль газов

$6,02 \cdot 10^{23}$   
атомов, молекул

Число Авогадро  $N_A$

# **Моль – это**

- 1) единица, которой в химии измеряют количество вещества;**
- 2) число частиц, содержащихся в 1 г любого вещества;**
- 3) количество вещества, содержащее  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул, атомов, других частиц.**
- 4) 1/12 часть массы атома углерода;**
- 5) число молекул, содержащихся в 22,4 л газа при нормальных условиях;**

# ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ

*Количество  
вещества*

**МОЛЬ**

**ММОЛЬ**

**КМОЛЬ**

*Молярная  
масса*

**Г/МОЛЬ**

**МГ/ММОЛЬ**

**КГ/КМОЛЬ**

*Молярный  
объем газа*

**Л/МОЛЬ**

**МЛ/МОЛЬ**

**М<sup>3</sup>/КМОЛЬ**



$$n = m / M$$

$$n = N / N_a$$

$$n = V / V_m$$



# МОЛЯРНАЯ МАССА

## Молярная масса

— физическая  
величина, которая

$$M = m/n$$

обозначается -  
**M**

Измеряется  
**г/моль**

Показывает  
массу 1 моля  
вещества

Молярная масса вещества равна  
отношению массы вещества  
к соответствующему количеству

# МОЛЯРНАЯ МАССА - ЭТО

- 1) постоянная величина;
- 2) масса 1 моля вещества, молярные массы разных веществ различны;
- 3) масса  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул, выраженная в г.
- 4) величина, меняющаяся при изменении температуры и давления;

## Примеры:

Чтобы отмерить 1 моль вещества, нужно  
взять столько грамм, какова  $A_r$  или  $M_r$   
вещества

$$n = m : M$$

$$m = M \cdot n$$

$$M = m : n$$

# Основные законы стехиометрии

Закон сохранения массы и энергии

М.В. Ломоносов



Закон постоянства состава вещества

Ж. Пруст

Закон Авогадро

А. Авогадро



Закон объемных отношений для газов



## Закон сохранения массы веществ

«Масса веществ,  
вступивших в реакцию,  
равна массе  
образовавшихся веществ».

«Все перемены в натуре  
случающиеся, такого суть  
состояния, что, сколько чего у  
одного тела отнимется, столько  
присовокупится к другому».

1748 год.



ed

## Закон постоянства состава веществ



- **Жозеф Луи Пруст** (1754 – 1826) – французский химик – аналитик.
- Исследование состава различных веществ, выполненное им в 1799-1803 годах, послужило основой открытия закона постоянства состава для веществ молекулярного строения.

**Каждое химически чистое вещество независимо от местонахождения и способа получения имеет постоянный состав и свойства.**

- **В равных объёмах  
любых газов при  
одинаковых условиях  
содержится одно и то же  
число молекул**

## **Закон Авогадро**

*(А. Авогадро, 1811)*

---



# ПОСТОЯННАЯ АВОГАДРО

Это число частиц, которое  
содержится в

одном моль любого вещества.

Обозначение числа Авогадро

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$



# ПОСТОЯННАЯ АВОГАДРО - ЭТО

- переменная величина;
- число частиц,  
содержащихся в одном  
моль вещества;
- $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул, атомов,  
других частиц;

# ПОСТОЯННАЯ АВОГАДРО



# МОЛЯРНЫЙ ОБЪЕМ

- **объем 1 моля газа при н.у.;**
- **всегда равен 22,4 л/моль.**
- **объем, который занимает  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул любого газа при н.у.;**
- **величина, не меняющаяся при изменении температуры и давления;**

$$V_m = 22,4 \text{ л/моль}$$

# МОЛЯРНЫЙ ОБЪЕМ

$$V = V_m \cdot n$$

$$V = m : \rho$$

$$n = V / V_m$$

$$m = M \cdot V / V_m$$



# ФОРМУЛЫ

Масса вещества

$m$  (г)

$$m = n * M$$

Объем вещества

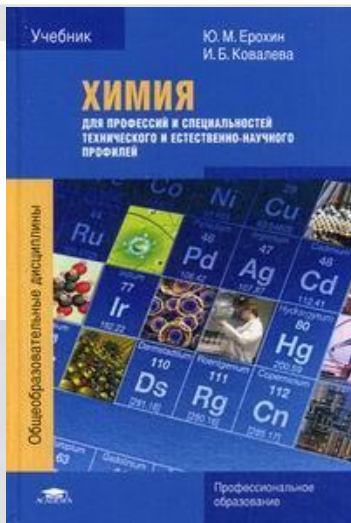
$V$  (л)

$$V = n * V_m$$

$n$  – количество вещества  
(моль)

$M$  – молярная  
масса (г/моль)

$V$  – молярный  
объем (л/моль)



# ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

- Ерохин, Ю. М. Химия для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: учебник для СПО / Ю. М. Ерохин, И. Б. Ковалева. - 5-е изд., стер. - Москва: Академия, 2018, 2019 - 496 с. - (Профессиональное образование. Гр. ФИРО).
- § 1.2 «Измерение вещества», стр.17-21, вопросы и задания 1-13 стр. 21, письменно 7б, 8б, 9б, 10б

# САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

• 1 вариант

• стр. 21, письменно  
7а, 8а, 9а, 10а

• 2 вариант

• стр. 21, письменно  
7в, 8в, 9в, 10в

7. Определите массу: а) 0,1 моля  $\text{NaOH}$ ; б) 2 молей  $\text{HCl}$ ; в) 1 моля  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
8. Определите объем: а) 40 г углекислого газа  $\text{CO}_2$ ; б) 5 г аммиака  $\text{NH}_3$ ; в) 120 г сероводорода  $\text{H}_2\text{S}$ .
9. Какое количество вещества составляют: а) 3,7 г  $\text{Ca(OH)}_2$ ; б) 0,2 кг  $\text{Cu(OH)}_2$ ; в) 0,056 т  $\text{KOH}$ ?
10. Сколько молекул содержится: а) в 4 кг  $\text{NaOH}$ ; б) 5,6 т  $\text{CaO}$ ; в) 10,6 г  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ?