

**Л.Н. ЛИСАЧУК, Л.С. ФЕДОРОВА, И.А. РАЛИТНАЯ**

# **ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ХИМИИ. РАСТВОРЫ**

***УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ***

***ДЛЯ СТУДЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ***

**РЕКОМЕНДОВАНО МИНИСТЕРСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**

**ХАРЬКОВ НТУ «ХПИ» 2008**

**ББК 24 я 729**  
**Л 64**  
**УДК 54 (07)**

**Рецензенты:** **И. Н. Вьюнник**, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой неорганической химии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина;  
**Н. Л. Семянникова**, канд. биологических наук, доцент ЦПИГ НТУ «ХПИ»;  
**В. И. Груцяк**, канд. физ.-мат. наук, доцент, зам. директора Центра международного образования Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина;  
**О. А. Мещерякова**, ст. преподаватель Центра международного образования Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина.

Гриф присвоен Министерством образования и науки Украины,  
письмо № 1.4/18-Г–1553 от 27.09.07.

У посібнику подано необхідний обсяг навчального матеріалу з розділів: «Основні поняття і закони хімії», «Розчини».

Кожна тема містить теоретичний матеріал, наведено приклади розв'язання типових задач, а також контрольні питання та завдання.

Призначено для іноземних студентів підготовчих факультетів.

**Л 64 Лисачук Л. Н., Федорова Л. С., Ралитная И. А.** Основные понятия и законы химии. Растворы: Учебное пособие для иностранных студентов. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008 – 220 с. – На русск. яз.

ISBN

В посібниці представлений необхідний обсяг навчального матеріалу по розділах: «Основні поняття і закони хімії», «Растворы».

По кожній темі изложены теоретические основы, даны примеры решения типовых задач, а также контрольные вопросы и задания.

Предназначено для иностранных студентов подготовительных факультетов.

Ил. 6. Табл. 14. Библиогр. названий 8.

**ББК 24 я 729**

© Л.Н. Лисачук, Л.С. Федорова,  
И.А. Ралитная, 2008 г.  
© НТУ «ХПИ», 2008 г.  
© Т.С. Космачева  
макет и оформление, 2008 г.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное учебное пособие предназначено для иностранных студентов подготовительных факультетов инженерно-технического и медико-биологического профилей.

Пособие написано в соответствии с действующей программой по химии для подготовительных факультетов и содержит необходимый объем учебной информации по двум разделам: «Основные понятия и законы химии» и «Растворы».

Учебный материал пособия, структурированный в виде 17 тем, излагается в форме текстов.

Тексты пособия адаптированы с точки зрения языка в соответствии с программой обучения на подготовительных факультетах. Послетекстовые задания предполагают обращение к текстам, поиск заданной информации и репродукцию текстов с вербальной опорой.

Наличие большого количества речевых образцов, многократно повторяющегося лексико-грамматического материала способствует эффективному усвоению студентами общенаучной и терминологической лексики. Таким образом, одновременно с вводом научной информации решается задача обучения языку предмета.

В пособии значительное внимание обращено на методику решения задач. В связи с этим приведены многочисленные образцы решения типовых задач различного уровня сложности, сопровождаемые необходимыми текстовыми пояснениями.

## *Предисловие*

---

В структуре каждой темы в большом объеме имеются контрольные вопросы и задания, что позволяет осуществлять как аудиторную, так и самостоятельную подготовку студентов к контрольным работам, а также к зачетам и экзаменам.

Каждая тема пособия содержит англо-французский словарь, в который включены слова и словосочетания, необходимые для объяснения базовых научных понятий.

Авторы стремились учесть специфику обучения иностранных студентов, проявляющуюся и в том, что студенты должны запомнить большое количество лексического материала. Поэтому в пособии новые слова, определения базовых понятий и законов выделены особым шрифтом, что привлекает и удерживает внимание студентов.

Данное пособие может быть использовано как на занятиях в аудитории, так и для самостоятельной работы студентов во внеаудиторное время.

Авторы приносят искреннюю благодарность всем, кто принимал участие в издании пособия.

# 1. ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

4 Бор 10,812	13 Кремний 28,086			
12 Алюминий 26,98154	22 Титан 47,90	As Мышьяк 74,9216		
20 Кальций 40,08	21 Скандий 44,9559	31 Германий 72,59	41 Цирконий 91,22	
30 Цинк 65,38	38 Галлий 69,72	40 Иттрий 88,9059	50 Олово 118,69	
37 Стронций 87,62	48 Кадмий 112,41	49 Индий 114,82	72 Лантан 138,9	
47 Серебро 107,868	55 Барий 137,33	56 Ртуть 200,59	81 Таллий 204,37	82 Свинец 207,2
55 Цезий 132,9054	80 Золото 196,9665	88 Радий 226	89 Франций 223	Ac Актиний 227

Zn Fe Ni Al IV Zn Sn Pb Cs

## Химические элементы

Сейчас известно 118 химических элементов.

Каждый химический элемент имеет **символ** (знак). Например: S (эс) – это символ элемента серы; Fe (фerrум) – это символ элемента железа; H (аш) – это символ элемента водорода. S (эс), Fe (фerrум), H (аш) – это символы элементов.

Каждый химический элемент имеет **название**. Например, сера – это русское название элемента. Железо – это русское название элемента. Водород – это тоже русское название элемента. Сера, железо, водород – это русские названия элементов.

**Химический символ элемента** – это одна или две буквы латинского названия элемента.

Каждый элемент имеет название и химический символ. Сера – это русское название элемента. S (эс) – это символ серы. Железо – это русское название элемента. Fe (фerrум) – это символ железа. Водород – это русское название элемента. H (аш) – это символ водорода.

**Химический символ обозначает:**

- какой это элемент;
- один атом элемента.

Например: символ H (аш) обозначает один атом водорода; C (цэ) обозначает один атом углерода; Hg (гидраргирум) обозначает один атом ртути.

Химические символы и названия некоторых элементов смотрите в таблице 1.

Таблица 1

**ХИМИЧЕСКИЕ СИМВОЛЫ И НАЗВАНИЯ  
НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Химический символ	Как читать символ химического элемента	Русское название элемента
1	2	3
Ag	аргэнтум	серебрó
Al	алюминий	алюминий
Ba	бáрий	бáрий
Br	бром	бром
C	цэ	углерóд
Ca	ка́льций	ка́льций
Cl	хлор	хлор
Cu	кúпрум	медь
Cr	хром	хром
F	фтор	фтор
Fe	фэ́ррум	желéзо
H	аш	водорóд
Hg	гидрáргирум	ртуть
K	ка́лий	ка́лий
Mg	ма́гний	ма́гний
Mn	ма́рганец	ма́рганец
N	эн	азóт
Na	на́трий	на́трий
O	о	кислорóд
P	пэ	фóсфор

1	2	2
Pb	плюмбум	свинéц
S	эс	сéра
Si	силициум	крéмний
Sn	ста́ннум	óлово
Zn	цинк	цинк
I	иод	иод



**ЛЕКСИКА ТЕМЫ**

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Атом	atom	atome
Знак	sign	signe
Известно	it is known	on sait
Иметь	to have	avoir
Название	name	nom
Обозначать	to designate, to mark	désigner
Символ	symbol	symbole
Химический	chemical	chimique
Элемент	element	élément



**ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИИ**

1. **Что (И.п.)** имеет **что (В.п.)**

Каждый элемент имеет символ.

2.  Это

Сера – это название элемента.

3.  обозначает

Символ Cu (купрум) обозначает один атом меди.

4.  +  +

Символ элемента серы.



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. Что имеет каждый элемент?
2. Что такое:
  - а) калий; б) ртуть; в) кислород?
3. Что такое символ элемента?
4. Что такое:
  - а) Sn; б) Na; в) N; г) Cl?
5. Что обозначает химический символ?

**ЗАДАНИЕ 2.** Напишите, как надо читать символы:

- а) Cu; б) Mn; в) Cr; г) Hg; д) Cl; е) K.

Образец: Pb – п्लомбум.

**ЗАДАНИЕ 4.** Напишите русские названия элементов:

- а) S; б) Ba; в) Na; г) Fe; д) N; е) Br.

Образец: Sn – олово.

**ЗАДАНИЕ 4.** Напишите химические символы:

- а) натрий; б) свинец; в) цинк;  
г) азот; д) калий; е) кальций.

Образец: кремний – Si.

**ЗАДАНИЕ 5.** Скажите, что обозначает символ:

- а) Sn; б) S; в) P; г) Si; д) Cu.

Образец: символ N (эн) обозначает один атом азота.

**ЗАДАНИЕ 6.** Напишите, что это:

- а) Ag б) серебро; в) C; г) углерод;  
г) Ca; д) кальций; е) P; з) фосфор.

Образец: Hg (гидраргирум) – это символ элемента;  
ртуть – это название элемента.

## 2. ХИМИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА



### Химическая формула

Каждое вещество имеет химическую формулу.

Например:  $\text{O}_2$  (о–два) – это формула кислорода;  $\text{H}_2\text{O}$  (аш–два–о) – это формула воды;  $\text{CaCO}_3$  (кальций–цэ–о–три) – это формула мела.

Если формула содержит несколько одинаковых групп атомов, то формулу читают так:

$\text{Fe}(\text{OH})_2$  – феррум–о–аш–дважды;

$\text{Fe}(\text{OH})_3$  – феррум–о–аш–трижды;

$\text{Pb}(\text{OH})_4$  – плюмбум–о–аш–четырежды;

$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  – алюминий–два–эс–о–четыре–трижды.

*Химическая формула показывает:*

- 1) из каких элементов состоит вещество (*качественный состав вещества*);
- 2) сколько атомов каждого элемента содержится в молекуле вещества (*количественный состав вещества*).

Например, формула воды  $\text{H}_2\text{O}$  показывает, что:

- молекула воды состоит из двух элементов – водорода и кислорода;
- в молекуле воды содержатся два атома водорода и один атом кислорода.

Формула  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  показывает, что:

- молекула этого вещества состоит из алюминия, серы и кислорода;
- молекула вещества содержит два атома алюминия, три атома серы и двенадцать атомов кислорода.

В формуле  $\text{CaCO}_3$  цифра 3 – это **индекс**.

**Индекс показывает** число атомов данного элемента в формуле вещества.

Индекс пишут после символа внизу. Индекс 1 (один) не пишут и не читают.

$5\text{H}_2\text{O}$  (пять-аш-два-о) – это пять молекул воды,  $7\text{N}_2$  (семь-эн-два) – это семь молекул азота,  $7\text{N}$  (семь-эн) – это семь отдельных атомов азота. Большие цифры 5 и 7 – это **коэффициенты**.

**Коэффициент показывает** число молекул или число отдельных атомов.

Коэффициенты пишут перед формулой вещества. Коэффициент 1 (один) не пишут и не читают.

### ПРОСТЫЕ И СЛОЖНЫЕ ВЕЩЕСТВА

$\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  – это формулы веществ. Эти вещества можно разделить на простые и сложные.

Кислород  $\text{O}_2$  – это простое вещество. Алюминий  $\text{Al}$  – это простое вещество. Железо  $\text{Fe}$  и азот  $\text{N}_2$  – это тоже простые вещества.

**Простые вещества** – это вещества, которые состоят из атомов одного элемента.

Вода  $\text{H}_2\text{O}$  – это сложное вещество. Мел  $\text{CaCO}_3$  – это сложное вещество. Соль  $\text{NaCl}$  и сахар  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  – это тоже сложные вещества.

**Сложные вещества (химические соединения)** – это вещества, которые состоят из атомов разных элементов.



### ЛЕКСИКА ТЕМЫ

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Индекс	index	indice
Качественный	qualitative	qualitatif
Качество	quality	qualité
Количественный	quantitative	quantitatif
Количество	quantity	quantité
Коэффициент	coefficient	coefficient
Молекула	molecule	molécule
Несколько	several, a few	quelques
Одинаковый	identical	identique
Отдельный	separate	particulier
Показывать	to show	montrer
Простой	simple	simple
Разный	different	différent
Сложный	complex	complexe
Содержать	to contain	contenir

1	2	3
Соединение	compound	composé
Состав	composition	composition
Состоять из	to consist of	se composer de
Формула	formula	formule
Химическое соединение	chemical compound	combinaison



### ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

1. Что (И.п.) состоит из чего (Р.п.)

Вода состоит из атомов водорода и кислорода.

2. Что (И.п.) содержится в чём (П.п.) =

= что (И.п.) содержит что (В.п.)

В молекуле воды содержатся два атома водорода и один атом кислорода. = Молекула воды содержит два атома водорода и один атом кислорода.

3. Несколько + (Р.п.) (мн.ч.)

Несколько одинаковых групп атомов.

4. Что (И.п.) делится на что (В.п.)

Вещества делятся на простые и сложные вещества.



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. Что показывает химическая формула?
2. Что показывает индекс?
3. Что показывает:
  - а) качественный состав вещества;
  - б) количественный состав вещества?
4. Что показывает коэффициент?
5. Что такое простые вещества?
6. Что такое сложные вещества?

**ЗАДАНИЕ 2.** Напишите формулы веществ, которые содержат:

- а) один атом бария и один атом кислорода;
- б) два атома натрия, один атом кремния и три атома кислорода;
- в) два атома калия, один атом марганца и четыре атома кислорода;
- г) три атома водорода, один атом фосфора и четыре атома кислорода.

**ЗАДАНИЕ 3.** Вещество имеет формулу: а)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; б)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ; в)  $\text{Zn}_3\text{N}_2$ ; г)  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ; д)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Скажите, каков качественный состав вещества.

Образец: Формула вещества  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Качественный состав вещества – азот, водород и кислород.



**ЗАДАНИЕ 4.** Вещество имеет формулу: а)  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ; б)  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ ; в)  $\text{Zn}_3\text{N}_2$ ; г)  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ; д)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ . Скажите, каков количественный состав вещества.

Образец: Формула вещества  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ . Количественный состав вещества – два атома азота, четыре атома водорода и три атома кислорода.

**ЗАДАНИЕ 5.** Прочитайте формулы:  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{MgBr}_2$ ,  $\text{Mn}(\text{OH})_4$ ,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{CaF}_2$ .

Образец:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  – кальций–три–пэ–о–четыре–дважды.

**ЗАДАНИЕ 6.** Напишите формулы, которые читают так:

- а) эс–о–два;
- б) феррум–хлор–три;
- в) алюминий–два–силициум–о–три–трижды;
- г) эн–аш–четыре–дважды–цэ–о–три;
- д) калий–два–хром–два–о–семь.

Образец: алюминий–два–цэ–о–три–трижды –  $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$ .

**ЗАДАНИЕ 7.** Разделите вещества на две группы (простые и сложные):

$\text{Cl}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_7$ ,  $\text{Si}$ .

### 3. ВЕЩЕСТВА. СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ



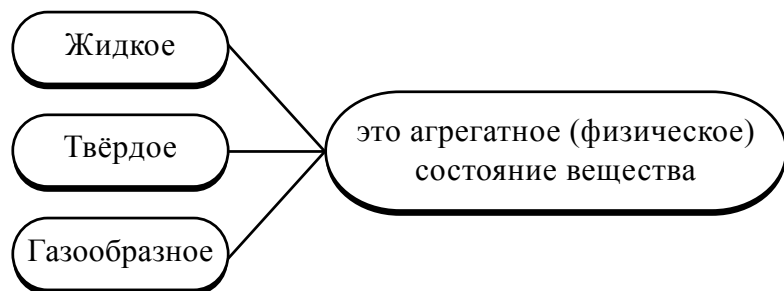
Мел – это вещество. Вода – это вещество. Кислород – это вещество. Сахар – это тоже вещество. Мел, вода, кислород, железо, соль, сахар, сера – это вещества. В природе есть много веществ.

В природе есть твёрдые, жидкие и газообразные вещества.

Вода – это жидкое вещество. Этиловый спирт  $C_2H_5OH$  – это тоже жидкое вещество. Вода и этиловый спирт – это жидкие вещества.

Мел – это твёрдое вещество. Сера – это тоже твёрдое вещество. Мел, сера, сахар, алюминий – это твёрдые вещества.

Кислород – это газообразное вещество (газ). Водород – это тоже газообразное вещество. Кислород и водород – это газообразные вещества.



Агрегатное состояние вещества может изменяться. Агрегатное состояние при данных условиях – это свойство вещества.

**Цвет** – это свойство вещества. Сера имеет жёлтый цвет. Соль имеет белый цвет. Сахар тоже имеет белый цвет. Вода не имеет цвета. Вода – это вещество без цвета. Кислород – это тоже вещество без цвета.

**Вкус** – это свойство вещества. Сахар имеет сладкий вкус. Соль имеет солёный вкус. Вода не имеет вкуса. Вода – это вещество без вкуса.

**Запах** – это тоже свойство вещества. Этиловый спирт имеет запах. Вода не имеет запаха. Вода – это вещество без запаха. Кислород – это тоже вещество без запаха.

Вода кипит при температуре  $100^{\circ}C$  (сто градусов Цельсия). Температура кипения воды  $100^{\circ}C$ . Этиловый спирт кипит при температуре  $78^{\circ}C$ . Температура кипения этилового спирта  $78^{\circ}C$ .

**Температура кипения** – это свойство вещества.

Сера плавится при температуре  $113^{\circ}C$ . Температура плавления серы  $113^{\circ}C$ .

Парафин плавится при температуре  $40^{\circ}C$ . Температура плавления парафина  $40^{\circ}C$ .

**Температура плавления** – это свойство вещества.

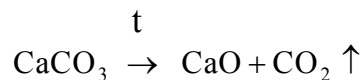
**Растворимость и плотность** – это тоже свойства вещества.

Агрегатное состояние (при данных условиях), цвет, вкус, запах, температура кипения, температура плавления, плотность, растворимость – это **физические свойства вещества**.

Каждое вещество имеет свои физические свойства. Например, вода – это жидкое вещество, без цвета, без вкуса, без запаха. Температура кипения воды  $100^{\circ}C$ . Плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$  (килограммов на кубический метр).

*Вещества. Свойства веществ*

Одни вещества могут превращаться в другие вещества. Например, при нагревании мел превращается в другие вещества.



Способность вещества превращаться в другие вещества – это **химическое свойство вещества**.



**ЛЕКСИКА ТЕМЫ**

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Агрегатное состояние	state of aggregation	état d'agrégation
Вещество	substance	substance
Вкус	taste	goût
Газ	gas	gaz
Газообразный	gaseous	gazeux
Градус	degree	degré
Данный	given	donné
Другой	another	autre
Жидкий	liquid	liquide
Запах	smell	odeur
Изменять	to change	changer
Кипение	boiling	ébullition
Кипеть	to boil	bouillir
Кубический	cubic	cubique

*Вещества. Свойства веществ*

1	2	3
Метр	meter	mètre
Нагревание	heating	chauffage
Нагревать	to heat	chauffer
Обычный	usual	ordinaire
Парафин	paraffin	paraffine
Плавить, -ся	to melt	fondre
Плавление	melting	fusion
Плотность (ж.р.)	density	densité
Превращать, -ся	to transform, to turn in to	transformer
Растворимость (ж.р.)	solubility	solubilité
Свойство	property	propriété
Сладкий	sweet	sucré
Солёный	salty	salé
Состояние	state	état
Способность (ж.р.)	capacity	capacité
Твердый	solid	ferme
Температура	temperature	température
Температура кипения	boiling point	température de l'ébullition
Температура плавления	melting point	température de la fusion
Условие	condition	condition
Цвет, окраска	colour	couleur
Этиловый спирт	ethanol	alcool



### ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

1. Что (И.п.) может  $\left\{ \begin{array}{l} \text{изменяться} \\ \text{превращаться} \end{array} \right.$  во что (В.п.)

Агрегатное состояние вещества может изменяться.  
Одни вещества могут превращаться в другие вещества.

2. Что (И.п.) не имеет (чего (Р.п.)) = что (И.п.)  
без чего (Р.п.)

Вода не имеет цвета. = Вода без цвета.

3. Много + (Р.п. (мн.ч.))

В природе есть много веществ.

4. При + (П.п.) = когда температура = если температура

Вода кипит при температуре 100°C. = Вода кипит, когда температура 100°C. = Вода кипит, если температура 100°C.



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

- Какие агрегатные состояния вещества вы знаете?
- Какие вы знаете:
  - жидкие вещества;

- твёрдые вещества;
  - газообразные вещества (газы)?
- Что такое физические свойства вещества?
  - Что такое химическое свойство вещества?

**ЗАДАНИЕ 2.** Скажите, какие физические свойства имеют вещества при обычных условиях:

- кислород;
- сахар;
- этиловый спирт;
- сера;
- соль (NaCl).

**Образец:** Мел – твёрдое вещество. Мел имеет белый цвет.  
Мел не имеет вкуса и запаха.

# 4. АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНАЯ ТЕОРИЯ



## Атомно-молекулярная теория

**Атомно-молекулярная теория** – это теория о строении вещества.

### ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ (ПРАВИЛА) АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНОЙ ТЕОРИИ

1. Вещества состоят из молекул.

**Молекула** – это наименьшая частица вещества, которая имеет его химические свойства.

2. Между молекулами есть промежутки (расстояния). Промежутки между молекулами зависят от агрегатного состояния вещества.
3. Молекулы состоят из атомов.

**Химический элемент** – это один вид атомов.

**Атом** – это наименьшая частица химического элемента, которая имеет его свойства.

4. Атомы и молекулы имеют массу и размер
5. Молекулы одного вещества одинаковые. Молекулы разных веществ разные. Молекулы разных веществ имеют разные химические свойства.
6. Молекулы и атомы находятся в непрерывном движении.



### ЛЕКСИКА ТЕМЫ

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Вид	kind, type	type

1	2	3
Зависеть ( <i>от чего</i> )	to depend on what	dépendre de
Масса	mass	masse
Наименьший	the least	plus petit
Непрерывный	continuous	continu
Положение = правило	rule	rule
Постоянно	constantly	constamment
Промежуток	interval	intervalle
Размер	size, dimension	dimension
Расстояние	distance	distance
Состояние	state	état
Строение	structure	structure
Теория	theory	théorie
Частица	particle	particule



### ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

1. Теория **о чём (П.п.)**

Теория о строении вещества.

2. Между **чем (Т.п.)**

Между молекулами есть промежутки.

3. **Что (И.п.)** зависит **от чего (Р.п.)**

Промежутки между молекулами зависят от агрегатного состояния вещества.



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. Что такое атомно-молекулярная теория?
2. Из чего состоят вещества?
3. Что такое молекула?
4. Между молекулами есть промежутки?
5. Из чего состоят молекулы?
6. Что такое химический элемент?
7. Что такое атом?
8. Молекулы и атомы имеют массу?
9. Молекулы и атомы движутся или находятся в состоянии покоя?

# 5. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА

Атомная единица массы (а.е.м.)  
МАССА АТОМА  
Измерять  
Безразмерная величина  
RELATIVUS  
Величина  
Отношение

## Относительная атомная масса

Каждый атом имеет определённую массу.

Масса атома в граммах или килограммах – очень маленькая величина.

Например:  $m_a(\text{H}) = 1,67 \cdot 10^{-24}$  г, или  $1,67 \cdot 10^{-27}$  кг;

$m_a(\text{C}) = 19,9 \cdot 10^{-24}$  г, или  $19,9 \cdot 10^{-27}$  кг;

$m_a(\text{O}) = 2,67 \cdot 10^{-23}$  г, или  $2,67 \cdot 10^{-26}$  кг.

Это *абсолютные массы атомов*.

**Абсолютная масса атома** – это масса атома в граммах или килограммах.

В химии абсолютную массу атома не используют. В химии массу атома выражают в *атомных единицах массы (а.е.м.)*.

**Атомная единица массы (а.е.м.)** – это  $\frac{1}{12}$  (одна двенадцатая) часть массы атома углерода.

$$a.e.m. = \frac{1}{12} \cdot m_a(\text{C}) = \frac{19,9 \cdot 10^{-24} \text{ г}}{12} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г, или } 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

В химии используют не абсолютную массу атома, а *относительную массу атома (относительную атомную массу)*. Относительную атомную массу обозначают символом  $A_r$ , где  $r$  – первая буква латинского слова «relativus» (относительный).

Относительная атомная масса

$$A_r(\text{элемента}) = \frac{m_a(\text{элемента})}{\frac{1}{12} \cdot m_a(\text{C})} = \frac{m_a(\text{элемента})}{a.e.m.}$$

**Относительная атомная масса** – это отношение массы атома к атомной единице массы.

Например:

$$A_r(\text{H}) = \frac{m_a(\text{H})}{a.e.m.} = \frac{1,67 \cdot 10^{-24} \text{ г}}{1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г}} = 1,0078 \approx 1;$$

$$A_r(\text{O}) = \frac{m_a(\text{O})}{a.e.m.} = \frac{2,67 \cdot 10^{-23} \text{ г}}{1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г}} = 15,999 \approx 16.$$

Значит, *относительная атомная масса – это число, которое показывает, во сколько раз абсолютная масса атома больше, чем атомная единица массы.*

Относительная атомная масса – *безразмерная величина.*



**ЛЕКСИКА ТЕМЫ**

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Абсолютный	absolute	absolu
Атомная единица массы (a.e.m.)	atomic mass unit	unité atomique de masse
Атомная масса	atomic mass	masse atomique
Безразмерный	dimensionless	extensible
Величина	value	grandeur

Относительная атомная масса

1	2	3
Выражать	to express	exprimer
Грамм	gramme	gramme
Единица массы	unit of mass	unité de masse
Измерять	to measure	mesurer
Использовать	to use	utiliser
Килограмм	kilogram	kilogramme
Определённый	definite	défini
Относительный	relative	relatif
Отношение	relation	relation
Применять	to apply	appliquer
Тонна	ton	une tonne
Часть (ж.р.)	part	partie
Больше	more	plus



**ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИИ**

1. **Что (И.п.)** обозначает **что (В.п.)** =

= **что (И.п.)** обозначается **чем (Т.п.)**

Символ *m* обозначает массу. = Масса обозначается символом *m*.

2. **Что (И.п.)** выражают в каких единицах **(П.п.)**

Массу выражают в килограммах.



3. Отношение

чего (Р.п.)

к

чему (Д.п.)

Относительная атомная масса – это отношение массы атома к атомной единице массы.

4.

Что (И.п.)

больше, чем

что (И.п.)

Относительная атомная масса – это число, которое показывает, во сколько раз масса атома больше, чем атомная единица массы.



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

2. Что такое абсолютная масса атома?
3. Каким символом обозначают абсолютную массу?
4. В каких единицах выражают массу атома в химии?
5. Что такое атомная единица массы?
6. Абсолютную или относительную массу атома используют в химии?
7. Что такое относительная атомная масса?
8. Что показывает относительная атомная масса?

## 6. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА

МОЛЕКУЛЯРНАЯ  
МАССА  
Вычисление  
 $M_r$   
Значение молекулы  
 $A_r$   
молекула вещества

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ  
МАССА

**Абсолютная масса молекулы** (масса молекулы в граммах или килограммах) – очень маленькая величина.

Например,  $m_m(\text{H}_2\text{O}) = 30 \cdot 10^{-24}$  г, или  $30 \cdot 10^{-27}$  кг.

В химии абсолютную массу молекулы не используют. В химии используют **относительную массу молекулы (относительную молекулярную массу)**. Относительную молекулярную массу обозначают символом  $M_r$ .

$$M_r(\text{вещества}) = \frac{m_m(\text{вещества})}{\frac{1}{12} \cdot m_a(\text{C})} = \frac{m_m(\text{вещества})}{a.е.м.},$$

где  $m_m$  – абсолютная масса молекулы.

Отсюда:

**Относительная молекулярная масса** – это отношение массы молекулы вещества к атомной единице массы.

Следовательно, **относительная молекулярная масса показывает, во сколько раз масса молекулы вещества больше, чем атомная единица массы.**

В химии относительную молекулярную массу определяют как сумму относительных атомных масс всех атомов, из которых состоит молекула.

$$M_r(\text{вещества}) = \sum n_i \cdot A_{r_i},$$

где  $n_i$  – число атомов элемента;

$A_{r_i}$  – относительная атомная масса этого элемента.

**Относительная молекулярная масса равна** сумме относительных атомных масс всех атомов, из которых состоит молекула.

Например:

$$M_r(\text{H}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot A_r(\text{H}) + A_r(\text{S}) + 4 \cdot A_r(\text{O}) = 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98.$$

Относительная молекулярная масса – **безразмерная величина.**

### ВЫЧИСЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ ВЕЩЕСТВ

**ПРИМЕР.** Формула вещества  $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ . Вычислите относительную молекулярную массу вещества.

Порядок действий смотрите в таблице 2.

Таблица 2

№	Порядок действий
1	2
1.	Написать при помощи символов правило: относительная молекулярная масса равна сумме относительных атомных масс всех атомов, из которых состоит молекула. $M_r(\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2) = 3 \cdot A_r(\text{Ba}) + 2 \cdot A_r(\text{P}) + 8 \cdot A_r(\text{O}). \quad (1)$
2.	Найти относительные атомные массы элементов по таблице Д.И. Менделеева. $A_r(\text{Ba}) = 137; \quad A_r(\text{P}) = 31; \quad A_r(\text{O}) = 16.$

Относительная молекулярная масса

1	2
3.	Подставить значения относительных атомных масс в выражение (1). Вычислить относительную молекулярную массу вещества. $M_r(\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2) = 3 \cdot 137 + 2 \cdot 31 + 8 \cdot 16 = 601.$
4.	Проговорить ответ. <i>ОТВЕТ:</i> относительная молекулярная масса $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$ равна 601.



**ЛЕКСИКА ТЕМЫ**

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Действие	action	opération
Вычисление	calculation	calcul
Вычислять	to calculate	calculer
Значение	meaning	signification
Молекулярная масса	molecular mass	masse moléculaire
Определять	to determine	définir
Понятие	notion, concept	notion
Порядок	order	ordre



**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. Абсолютную или относительную массу молекулы используют в химии?

Относительная молекулярная масса

2. Каким символом обозначают относительную молекулярную массу?
3. Что такое относительная молекулярная масса?
4. Как определяют относительную молекулярную массу в химии?
5. Что показывает относительная молекулярная масса?

**ЗАДАНИЕ 2.** Вычислите относительные молекулярные массы веществ:

- 1)  $\text{N}_2$ ; 2)  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ; 3)  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ; 4)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; 5)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ;
- 6)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; 7)  $\text{Na}_2\text{S}$ ; 8)  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ; 9)  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

*ОТВЕТЫ:* 1) 28; 2) 98; 3) 342; 4) 132; 5) 107; 6) 310; 7) 78; 8) 252; 9) 162.

**ЗАДАНИЕ 3.** Дайте определения понятий по формулам:

$$a.e.m. = \frac{1}{12} \cdot m_a(\text{C});$$

$$A_r(\text{элемента}) = \frac{m_a(\text{элемента})}{\frac{1}{12} \cdot m_a(\text{C})};$$

$$M_r(\text{вещества}) = \frac{m_a(\text{вещества})}{a.e.m.}.$$

Образец:  $A_r(\text{элемента}) = \frac{m_a(\text{элемента})}{a.e.m.}$ . Относительная

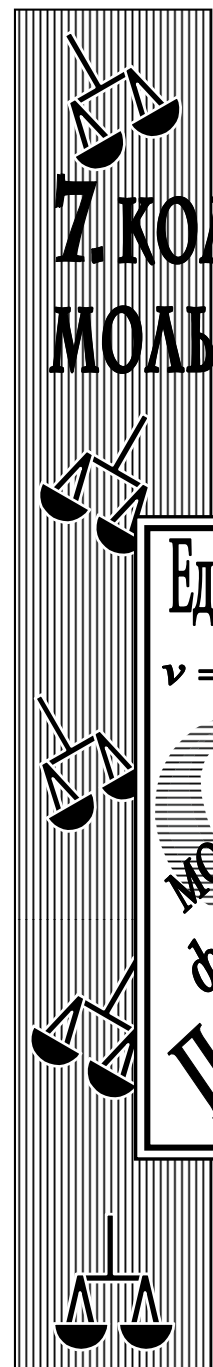
атомная масса – это отношение массы атома элемента к атомной единице массы.

**ЗАДАНИЕ 4.** Напишите, что обозначают эти символы:

1.  $A_r$  – ...
2.  $m_m$  – ...
3.  $M_r$  – ...

Образец:  $m_a$  – абсолютная масса атома.

**ЗАДАНИЕ 5.** Молекула глюкозы содержит шесть атомов углерода, двенадцать атомов водорода и шесть атомов кислорода. Напишите химическую формулу глюкозы и вычислите её относительную молекулярную массу.



# 7. КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА. МОЛЬ. МОЛЯРНАЯ МАССА

Единица количества вещества

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

МОЛЯРНАЯ МАССА  
физическая величина  
Постоянная Авогадро

ИОН  
АТОМ  
МОЛЕКУЛА  
ПОРЦИЯ  
ЭЛЕКТРОН

## 7.1. КОЛИЧЕСТВО ВЕЩЕСТВА. МОЛЬ

В химии используют физическую величину – **количество вещества**.

Количество вещества обозначают символом  $n$  или  $\nu$  («ню»).

**Количество вещества** – это физическая величина, которая определяет число структурных частиц вещества (молекул, атомов, ионов или других частиц).

Единица количества вещества – **моль**.

**Моль** – это количество вещества (порция вещества), которое содержит столько структурных частиц, сколько содержится атомов в 12 г (в двенадцати граммах) углерода.

В 12 г углерода содержится  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомов. Следовательно, моль любого вещества также содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  структурных частиц.

Например:

моль воды содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул воды;

моль водорода содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул водорода;

моль атомов водорода содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  атомов водорода.

Число структурных частиц, которое содержит 1 моль любого вещества, называют **постоянной Авогадро** ( $N_A$ ).

$$N_A = \frac{N}{\nu}, \quad (1)$$

где  $N$  – число структурных частиц;

$\nu$  – количество вещества, моль.

Если 1 моль вещества содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  частиц, то

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

Количество вещества можно вычислить из формулы (1):

$$\nu = \frac{N}{N_A}.$$

## 7.2. МОЛЯРНАЯ МАССА

В химии и физике применяется физическая величина – **молярная масса**. Молярную массу обозначают символом  $M$ .

$$M = \frac{m}{\nu},$$

где  $m$  – масса вещества, кг;

$\nu$  – количество вещества, моль.

Следовательно,

**Молярная масса** – это физическая величина, которая равна отношению массы вещества к количеству вещества.

Единицы молярной массы – килограмм на моль

(кг/моль) или грамм на моль (г/моль).

**Молярная масса характеризует массу одного моля вещества.**

**Числовое значение молярной массы равно числовому значению относительной молекулярной массы.**

Значит, чтобы определить молярную массу вещества, нужно:

- определить по формуле вещества значение относительной молекулярной массы;
- к результату написать единицы молярной массы.

Например, молярную массу  $\text{BaSO}_4$  вычисляют так:

$$M_r(\text{BaSO}_4) = A_r(\text{Ba}) + A_r(\text{S}) + 4 \cdot A_r(\text{O}) = 137 + 32 + 4 \cdot 16 = 233.$$

Тогда  $M(\text{BaSO}_4) = 233$  г/моль. Это значит, что масса  $\text{BaSO}_4$  количеством вещества один моль равна 233 г.

Молярная масса – это важная и постоянная характеристика каждого вещества. Она выражает зависимость между массой и количеством вещества. Поэтому по формуле

$M = \frac{m}{\nu}$  можно определить любую из величин, если известны две остальные.

### ВЫЧИСЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОНЯТИЯ «МОЛЬ»

**ПРИМЕР 1.** Сколько молекул содержит кислород количеством вещества 0,6 моль?

Дано:

$$\nu(\text{O}_2) = 0,6 \text{ моль}$$

$$N(\text{O}_2) = ?$$

#### РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

При решении задачи используем формулу

$$\nu = \frac{N(\text{O}_2)}{N_A}$$

$$\begin{aligned} \text{Отсюда } N(\text{O}_2) &= \nu \cdot N_A = 0,6 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = \\ &= 3,6 \cdot 10^{23} \text{ молекул.} \end{aligned}$$

**ОТВЕТ:** кислород количеством вещества 0,6 моль содержит  $3,6 \cdot 10^{23}$  молекул.

*Второй метод*

Составляем пропорцию и решаем её:

1 моль  $\text{O}_2$  содержит  $6,02 \cdot 10^{23}$  молекул,

0,6 моль  $\text{O}_2$  содержит  $x$  молекул.

$$\text{Значит, } \frac{1}{0,6} = \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{x}. \quad \text{Отсюда}$$

$$x = 0,6 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 3,6 \cdot 10^{23} \text{ молекул.}$$

**ОТВЕТ:** кислород количеством вещества 0,6 моль содержит  $3,6 \cdot 10^{23}$  молекул.

**ПРИМЕР 2.** Какое количество вещества составляют  $18 \cdot 10^{23}$  атомов меди?

Количество вещества. Моль. Молярная масса

Дано: $N(\text{Cu}) = 18 \cdot 10^{23}$ атомов $\nu(\text{Cu}) = ?$	<u>РЕШЕНИЕ</u> <i>Первый метод</i> Количество вещества атомов меди вычисляем по формуле
---	---

$$\nu = \frac{N}{N_A}, \quad \nu = \frac{N(\text{Cu})}{N_A} = \frac{18 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}} \approx 3 \text{ моль}.$$

ОТВЕТ:  $18 \cdot 10^{23}$  атомов меди составляют 3 моль.

*Второй метод*

Составляем пропорцию и решаем её:

$6,02 \cdot 10^{23}$  атомов составляют 1 моль атомов меди,

$18 \cdot 10^{23}$  атомов составляют  $x$  моль атомов меди.

$$\text{Значит, } \frac{6,02 \cdot 10^{23}}{18 \cdot 10^{23}} = \frac{1}{x}. \text{ Отсюда } x = \frac{18 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 3 \text{ моль}.$$

ОТВЕТ:  $18 \cdot 10^{23}$  атомов меди составляют 3 моль.

**ПРИМЕР 3.** Вычислить массу сульфата магния  $\text{MgSO}_4$

количеством вещества 0,25 моль.

Дано: $\nu(\text{MgSO}_4) = 0,25$ моль $m(\text{MgSO}_4) = ?$	<u>РЕШЕНИЕ</u> <i>Первый метод</i> Поскольку $M = \frac{m}{\nu}$ , то $m = M \cdot \nu$ .
---	---

$$M_r(\text{MgSO}_4) = A_r(\text{Mg}) + A_r(\text{S}) + 4 \cdot A_r(\text{O}) = 24 + 32 + 4 \cdot 16 = 120;$$

Количество вещества. Моль. Молярная масса

$$M(\text{MgSO}_4) = 120 \text{ г/моль}.$$

Подставляем значения в формулу для массы:

$$m(\text{MgSO}_4) = 120 \text{ г/моль} \cdot 0,25 \text{ моль} = 30 \text{ г}.$$

ОТВЕТ: масса  $\text{MgSO}_4$  равна 30 г.

*Второй метод*

$$M_r(\text{MgSO}_4) = A_r(\text{Mg}) + A_r(\text{S}) + 4 \cdot A_r(\text{O}) = 24 + 32 + 4 \cdot 16 = 120;$$

$$M(\text{MgSO}_4) = 120 \text{ г/моль}.$$

Составляем пропорцию и решаем её:

$$1 \text{ моль } \text{MgSO}_4 - 120 \text{ г } \text{MgSO}_4,$$

$$0,25 \text{ моль } \text{MgSO}_4 - x \text{ г } \text{MgSO}_4.$$

$$\text{Значит, } \frac{1}{0,25} = \frac{120}{x}. \text{ Отсюда } x = \frac{0,25 \text{ моль} \cdot 120 \text{ г}}{1 \text{ моль}} = 30 \text{ г}.$$

ОТВЕТ: масса  $\text{MgSO}_4$  равна 30 г.

**ПРИМЕР 4.** Сколько молей составляет сульфат магния  $\text{MgSO}_4$  массой 48 г?

Дано: $m(\text{MgSO}_4) = 48$ г $\nu(\text{MgSO}_4) = ?$	<u>РЕШЕНИЕ</u> <i>Первый метод</i> $M = \frac{m}{\nu}$ , отсюда $\nu = \frac{m}{M}$ . $M_r(\text{MgSO}_4) = 24 + 32 + 4 \cdot 16 = 120$ . $M(\text{MgSO}_4) = 120 \text{ г/моль}$ .
--	---

Подставляем значения в формулу для количества вещества:

$$\nu = \frac{m}{M} = \frac{48 \text{ г}}{120 \text{ г/моль}} = 0,4 \text{ моль.}$$

ОТВЕТ: 48 г  $\text{MgSO}_4$  составляют 0,4 моль.

Второй метод

$$M_r(\text{MgSO}_4) = 24 + 32 + 4 \cdot 16 = 120;$$

$$M(\text{MgSO}_4) = 120 \text{ г/моль.}$$

Составляем пропорцию и решаем ее:

120 г  $\text{MgSO}_4$  составляют 1 моль  $\text{MgSO}_4$ ,

48 г  $\text{MgSO}_4$  составляют  $x$  моль  $\text{MgSO}_4$ .

Следовательно,  $\frac{120}{48} = \frac{1}{x}$ . Тогда  $x = \frac{1 \cdot 48}{120} = 0,4$  моль.

ОТВЕТ: 48 г  $\text{MgSO}_4$  составляют 0,4 моль.



### ЛЕКСИКА ТЕМЫ

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Важный	important	important
Выражать	to express	exprimer
Зависимость	dependence	dépendance
Ион	ion	ion
Использование	using	utilisation
Моль ( <i>m.p.</i> )	mole, mol	mole

1	2	3
Молярный	molar	molar
Порция	portion	portion
Постоянный	constant	constant
Следовательно	therefore	donc
Следовать	to follow	suivre
Составлять	to compose, compile	faire
Структурная частица	structural particle	particule structurale
Структурный	structural	structural
Физическая величина	physical value	grandeur physique
Характеризовать	to characterize	caractériser
Характеристика	characteristic	caractéristique



### ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

1. Значит = из этого следует = следовательно

2. Чтобы + **Инфинитив** ... , нужно + **Инфинитив**

Чтобы определить молярную массу вещества, нужно определить относительную молекулярную массу и к результату написать единицы молярной массы.



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. Что такое количество вещества?



2. Какие структурные частицы вещества вы знаете?
3. В каких единицах выражают количество вещества?
4. Что такое моль?
5. Моль различных веществ содержит одинаковое или разное число молекул?
6. Что такое молярная масса?
7. В каких единицах выражают молярную массу?
8. Чему равно числовое значение молярной массы вещества?
9. Как определить молярную массу вещества?

**ЗАДАНИЕ 2.** Определите молярные массы веществ:

- 1)  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ; 2)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ; 3)  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ; 4)  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ; 5)  $\text{AlPO}_4$ ;
- 6)  $\text{MgBr}_2$ ; 7)  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ; 8)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ; 9)  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .

*ОТВЕТ:* 1) 162; 2) 107; 3) 78; 4) 99; 5) 122; 6) 184; 7) 331; 8) 400; 9) 132.

**ЗАДАНИЕ 3.** Вычислите массу:

- а) сульфата калия  $\text{K}_2\text{SO}_4$  количеством вещества 0,7 моль;
- б) гидроксида алюминия  $\text{Al}(\text{OH})_3$  количеством вещества 0,7 моль;
- в) нитрата бария  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$  количеством вещества 0,3 моль.

*ОТВЕТ:* а) 121,8 г; б) 54,6 г; в) 78,3 г.

**ЗАДАНИЕ 4.** Определите, сколько молей составляет:

- а) серная кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$  массой 88,2 г;
- б) вода  $\text{H}_2\text{O}$  массой 0,9 кг;

- в) карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$  массой 47 г.

*ОТВЕТ:* а) 0,9 моль; б) 50 моль; в) 0,47 моль.

**ЗАДАНИЕ 5.** Напишите, что обозначают эти символы:

1.  $n$  или  $\nu$  – ...
2.  $N$  – ...
3.  $N_A$  – ...
4.  $M$  – ...

*Образец:*  $M_r$  – относительная молекулярная масса.

# 8. ВАЛЕНТНОСТЬ

*Переменная валентность*  
**ПРАВИЛО**  
*присоединять*  
**ДВУХВАЛЕНТНЫЙ**  
*III*  $Al_2O_3$  *II*  $S_3$  *III*  $Al_2O_3$  *II*  $CaO$  *V*  $P_2O_5$   
*способность*  
**Постоянная валентность**

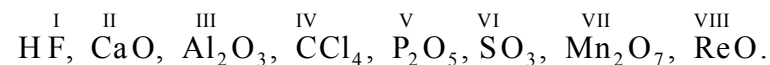
## Валентность

Атомы могут соединяться друг с другом. Атом элемента может присоединять только определённое число атомов других элементов. Например,  $NaCl$ ,  $CaCl_2$ ,  $AlCl_3$ ,  $CCl_4$  или  $HCl$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $CH_4$ .

**Валентность** – это способность атомов данного элемента присоединять определённое число атомов других элементов.

Максимальное значение валентности – 8, а минимальное – 1.

Валентность обозначают римской цифрой над символом элемента. Например:



Некоторые элементы имеют *постоянную валентность*. Это значит, что элемент имеет только одно значение валентности. Например:  $Na$ ,  $K$ ,  $H$ ,  $F$  – всегда одновалентны;  $O$ ,  $Ca$ ,  $Ba$ ,  $Mg$ ,  $Zn$  – всегда двухвалентны;  $Al$  – всегда трёхвалентен.

Многие элементы имеют *переменную валентность*. Это значит, что элемент имеет несколько значений валентности.

Например, железо имеет валентность два ( ${}^{II} FeO$ ) и три ( ${}^{III} Fe_2O_3$ ). Сера имеет валентность два ( ${}^{II} H_2S$ ), четыре ( ${}^{IV} SO_2$ ), шесть ( ${}^{VI} SO_3$ ).

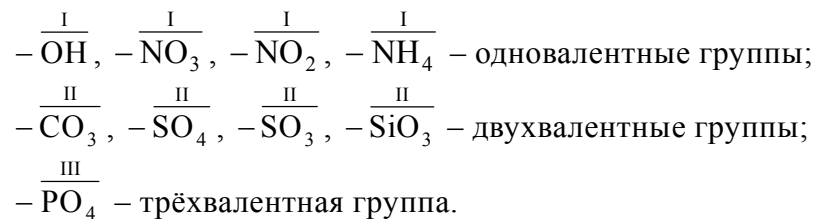
Значения валентностей некоторых элементов смотрите в таблице 3.

Таблица 3

**ВАЛЕНТНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Валентность	Химический элемент	Формула соединения (примеры)
1	2	3
<i>Валентность постоянная</i>		
I	H, Li, Na, K, F	H <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O
II	O, Ca, Mg, Ba, Zn	CaO, MgO
III	Al	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<i>Валентность переменная</i>		
I и II	Cu	Cu <sub>2</sub> O, CuO
II и III	Fe, Co, Ni	FeO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
II и IV	C, Sn, Pb	CO, CO <sub>2</sub> , SnO, SnO <sub>2</sub>
III и V	P	PH <sub>3</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
II, III, VI	Cr	CrO, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CrO <sub>3</sub>
II, IV, VI	S	H <sub>2</sub> S, SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>

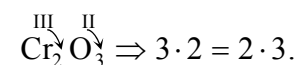
Группу атомов тоже можно характеризовать валентностью. Например:



Чтобы определить валентность элемента по формуле вещества или проверить формулу, нужно знать правило:

В бинарном соединении произведение валентности на число атомов одного элемента равно произведению валентности на число атомов другого элемента.

Например:



**СОСТАВЛЕНИЕ ФОРМУЛ ВЕЩЕСТВ**

Если мы знаем валентность элементов и групп атомов, то можем составить формулу вещества.

**ПРИМЕР.** Вещество состоит из атомов алюминия и кислорода. Как составить формулу вещества? Порядок действий смотрите в таблице 4.

Таблица 4

№	Порядок действий
1	2
<i>Первый метод</i>	
1.	Написать символы элементов, из которых состоит вещество (действия 2–4 выполнять у символов, которые написали в пункте 1).
	AlO

1	2
2.	Написать над символами элементов их валентность. $\begin{array}{c} \text{III} \quad \text{II} \\ \text{AlO} \end{array}$
3.	Написать индексы у символов элементов: значение валентности первого элемента будет индексом второго элемента, а значение валентности второго элемента будет индексом первого элемента. $\begin{array}{c} \text{III} \quad \text{II} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 \end{array} \Rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$
4.	Проверить формулу: в правильной формуле произведение валентности на число атомов одного элемента равно произведению валентности на число атомов другого элемента. $\begin{array}{c} \text{III} \quad \text{II} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 \end{array} \Rightarrow 3 \cdot 2 = 2 \cdot 3$
<i>Второй метод</i>	
1.	Написать символы элементов, из которых состоит вещество (действия 2–7 выполнять у символов, которые написали в пункте 1). $\text{AlO}$
2.	Написать над символами элементов их валентность. $\begin{array}{c} \text{III} \quad \text{II} \\ \text{AlO} \end{array}$
3.	Определить наименьшее общее кратное значений валентностей элементов. Для этого перемножить значения валентностей элементов. $3 \cdot 2 = 6$

1	2
4.	Написать значение наименьшего общего кратного вверху между символами элементов. $\begin{array}{c} \text{III} \quad \text{II} \\ \text{Al}^6\text{O} \end{array}$
5.	Найти индексы элементов: разделить значение наименьшего общего кратного на валентность каждого элемента. Частное будет индексом элемента. $6:3=2 \text{ (индекс алюминия)}$ $6:2=3 \text{ (индекс кислорода)}$
6.	Написать индексы у символов элементов. $\begin{array}{c} \text{III} \quad \text{II} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 \end{array} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$
7.	Проверить формулу: в правильной формуле произведение валентности на число атомов одного элемента равно произведению валентности на число атомов другого элемента. $\begin{array}{c} \text{III} \quad \text{II} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 \end{array} \Rightarrow 3 \cdot 2 = 2 \cdot 3$

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАЛЕНТНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ПО ФОРМУЛЕ ВЕЩЕСТВА

Если мы знаем валентность одного элемента, то по формуле вещества можем определить валентность другого элемента.

**ПРИМЕР.** Формула вещества  $Al_2S_3$ . Валентность алюминия три. Как определить валентность серы? Порядок действий смотрите в таблице 5.

Таблица 5

№	Порядок действий
1	2
	<i>Первый метод</i>
1.	Написать формулу вещества (действия 2, 4 и 5 выполнять у символов, которые написали в пункте 1). $Al_2S_3$
2.	Написать над символом элемента известную валентность. Незвестную валентность обозначить через $x$ . $Al_2^{\text{III}}S_3^x$
3.	Найти сумму валентностей атомов элемента с известной валентностью. Для этого умножить значение валентности элемента на индекс этого элемента. $Al_2^{\text{III}}S_3^x \Rightarrow 3 \cdot 2 = 6$
4.	Написать результат сверху между символами элементов. $Al_2^6S_3^x$
5.	Определить неизвестную валентность. Для этого надо разделить сумму валентностей на число атомов (на индекс) элемента, валентность которого нужно определить. $6 : 3 = 2$

1	2
6.	Частное (валентность) написать римской цифрой над символом элемента. $Al_2^{\text{III}}S_3^{\text{II}}$
7.	Проверить результат: если валентность определили правильно, то произведение валентности на число атомов одного элемента равно произведению валентности на число атомов другого элемента. $Al_2^{\text{III}}S_3^{\text{II}} \Rightarrow 3 \cdot 2 = 2 \cdot 3$
	<i>Второй метод</i>
1.	Обозначить неизвестную валентность через $x$ , а известную – римской цифрой над символом элемента. $Al_2^{\text{III}}S_3^x$
2.	Написать в математической форме правило: произведение валентности на число атомов одного элемента равно произведению валентности на число атомов другого элемента. $3 \cdot 2 = x \cdot 3$
3.	Определить неизвестную валентность. Для этого надо решить уравнение. $x = \frac{3 \cdot 2}{3} = 2$
4.	Написать валентность, которую определили, над символом элемента. $Al_2^{\text{III}}S_3^{\text{II}}$

1	2
5.	Проверить результат: если валентность определили правильно, то произведение валентности на число атомов одного элемента равно произведению валентности на число атомов другого элемента. $\overset{\text{III}}{\text{Al}}_2 \overset{\text{II}}{\text{S}}_3 \Rightarrow 3 \cdot 2 = 2 \cdot 3$

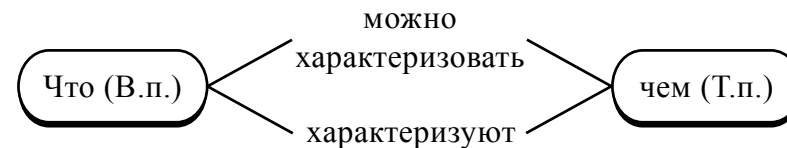


**ЛЕКСИКА ТЕМЫ**

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Бинарный	binary	binaire
Валентность ( <i>ж.р.</i> )	valency	valence
Двухвалентный	divalent	bivalent
Максимальный	maximal	maximum
Минимальный	minimal	minimum
Наименьшее общее кратное	the least general	plus petit commun multiple
Одновалентный	monovalent	monovalent
Переменный	variable	variable
Присоединять	to join	additionner
Римский	roman	romain
Соединять	to connect	combiner
Составить формулу	to compile the formula	établir la formule
Составление	composition	rédaction
Составлять	to compose	composer
Трёхвалентный	trivalent	trivalent



**ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИЮ**



Группу атомов тоже можно характеризовать валентностью. = Группу атомов тоже характеризуют валентностью.

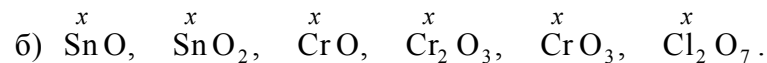
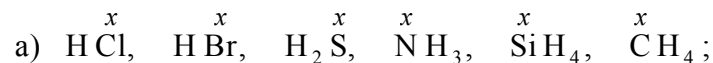


**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

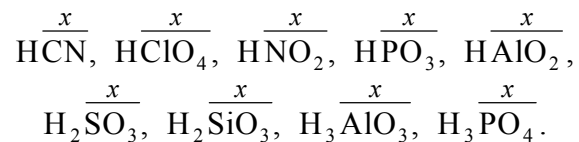
**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. Что такое валентность?
2. Какое минимальное значение валентности?
3. Какое максимальное значение валентности?
4. Какие элементы имеют постоянную валентность? Дайте примеры.
5. Какие элементы имеют переменную валентность? Дайте примеры.
6. Какое правило нужно знать, чтобы проверить формулу бинарного соединения?

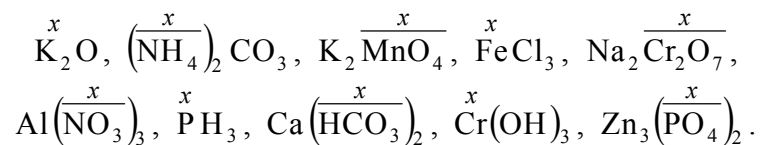
**ЗАДАНИЕ 2.** Определите валентность элементов в следующих соединениях:



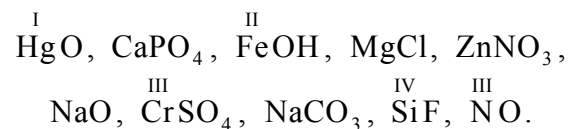
**ЗАДАНИЕ 3.** Определите валентность групп атомов в соединениях:



**ЗАДАНИЕ 4.** Определите валентность элементов или групп атомов в соединениях:



**ЗАДАНИЕ 5.** Составьте формулы веществ:



**9. ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО ХИМИЧЕСКИМ ФОРМУЛАМ**

**ПРОЦЕНТ**

составить пропорцию

**МОЛЯРНАЯ МАССА ВЕЩЕСТВА**

**ЧАСТЬ**

Процентный состав вещества

**Метод**

Массовая доля элемента

**определить**

61

По химической формуле можно вычислить:

- относительную молекулярную массу вещества ( $M_r$ );
- молярную массу вещества ( $M$ );
- массовую долю элементов ( $W$ ) (процентный состав вещества, процентное содержание элементов в веществе);
- массу элемента по массе вещества.

### ВЫЧИСЛЕНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ЭЛЕМЕНТА ПО ФОРМУЛЕ ВЕЩЕСТВА

Массовая доля ( $W$ ) – это физическая величина, которая равна отношению массы компонента к массе всей системы.

Следовательно:

Массовая доля элемента равна отношению массы элемента в молекуле вещества к массе молекулы.

$$W(\text{элемента}) = \frac{n \cdot A_r(\text{элемента})}{M_r},$$

где  $n$  – число атомов элемента в молекуле;

$A_r$  – относительная атомная масса элемента;

$M_r$  – относительная молекулярная масса.

Массовая доля выражается в долях единицы

$$\left(W = \frac{n \cdot A_r}{M_r}\right) \text{ или в процентах } (W = \frac{n \cdot A_r}{M_r} \cdot 100 \%).$$

**ПРИМЕР.** Вычислить массовые доли элементов в сульфате алюминия  $Al_2(SO_4)_3$ .

Порядок действий смотрите в таблице 6.

Таблица 6

№	Порядок действий
1	2
1.	<p>Вычислить относительную молекулярную массу вещества.</p> $M_r(Al_2(SO_4)_3) = 2 \cdot A_r(Al) + 3 \cdot A_r(S) + 12 \cdot A_r(O) = 2 \cdot 27 + 3 \cdot 32 + 12 \cdot 16 = 342.$
2.	<p>Найти массовую долю алюминия (<math>W(Al)</math>), серы (<math>W(S)</math>), кислорода (<math>W(O)</math>) по формуле</p> $W(\text{элемента}) = \frac{n \cdot A_r(\text{элемента})}{M_r(Al_2(SO_4)_3)}.$ $W(Al) = \frac{n \cdot A_r(Al)}{M_r(Al_2(SO_4)_3)} = \frac{2 \cdot 27}{342} = \frac{54}{342} = 0,1579, \text{ или } 15,79\%;$ $W(S) = \frac{n \cdot A_r(S)}{M_r(Al_2(SO_4)_3)} = \frac{3 \cdot 32}{342} = \frac{96}{342} = 0,2807, \text{ или } 28,07\%;$ $W(O) = \frac{n \cdot A_r(O)}{M_r(Al_2(SO_4)_3)} = \frac{12 \cdot 16}{342} = \frac{192}{342} = 0,5614, \text{ или } 56,14\%.$ <p>Массовую долю кислорода можно определить другим методом:</p>



1	2
2.	$W(O) = 1 - (W(Al) + W(S)) = 1 - (0,1579 + 0,2807) = 0,5614$ , или 56,14%.
3.	Написать и проговорить ответ. ОТВЕТ: массовая доля алюминия – 0,1579, или 15,79%; массовая доля серы – 0,2807, или 28,07%; массовая доля кислорода – 0,5614, или 56,14%.

### ВЫЧИСЛЕНИЕ МАССЫ ЭЛЕМЕНТА ПО МАССЕ ВЕЩЕСТВА

**ПРИМЕР.** Сколько граммов серы содержится в сульфате железа (III)  $Fe_2(SO_4)_3$  массой 80 г?

#### РЕШЕНИЕ

$$M_r(Fe_2(SO_4)_3) = 2 \cdot 56 + 3 \cdot 32 + 12 \cdot 16 = 400.$$

$$M(Fe_2(SO_4)_3) = 400 \text{ г/моль.}$$

Это значит, что масса одного моля  $Fe_2(SO_4)_3$  равна 400 г.

Составим пропорцию и решим её:

400 г  $Fe_2(SO_4)_3$  содержат 96 г S,

80 г  $Fe_2(SO_4)_3$  содержат  $x$  г S.

Значит,  $\frac{400}{80} = \frac{96}{x}$ . Отсюда  $x = \frac{80 \cdot 96}{400} = 19,2$  г.

ОТВЕТ: 19,2 г серы содержится в 80 г  $Fe_2(SO_4)_3$ .

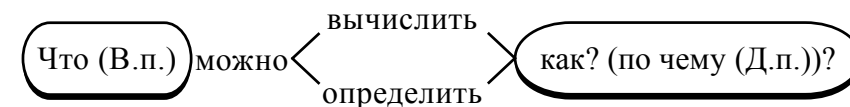


### ЛЕКСИКА ТЕМЫ

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Вычисление	calculation	calcul
Вычислять	to calculate	calculer
Доля = часть	share = part	part = partie



### ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИЮ



Относительную молекулярную массу можно вычислить по формуле вещества. = Относительную молекулярную массу можно определить по формуле вещества.



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. Что такое массовая доля?
2. Что такое массовая доля элемента?
3. Как выражают массовую долю элемента?

**ЗАДАНИЕ 2.** Определите массовую долю хрома в веществах:

- 1)  $Cr_2O_3$ ; 2)  $CrO_3$ ; 3)  $K_2Cr_2O_7$ ; 4)  $Na_2CrO_4$ ; 5)  $Cr_2(SO_4)_3$ .

ОТВЕТЫ: 1) 0,684; 2) 0,52; 3) 0,354; 4) 0,321; 5) 0,265.

**ЗАДАНИЕ 3.** Определите массовую долю элементов в веществах:

- 1)  $\text{CuSO}_4$ ; 2)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; 3)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ; 4)  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ;  
5)  $\text{Cu}(\text{HCO}_3)_2$ ; 6)  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ .

**ОТВЕТЫ:** 1) 0,4; 0,2; 0,4; 2) 0,434; 0,113; 0,453; 3) 0,28; 0,24; 0,48; 4) 0,212; 0,068; 0,235; 0,485; 5) 0,344; 0,011; 0,129; 0,516; 6) 0,421; 0,064; 0,515.

**ЗАДАНИЕ 4.** Решите задачи:

- 1) Вычислите, сколько граммов азота содержится в сульфате аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  массой 660 г.

**ОТВЕТ:** 140 г.

- 2) Сколько граммов кальция содержится в хлориде кальция  $\text{CaCl}_2$  массой 7 г?

**ОТВЕТ:** 2,5 г.

- 3) Сколько граммов магния содержится в сульфате магния  $\text{MgSO}_4$  массой 15 г?

**ОТВЕТ:** 3 г.

# 10. ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Признаки химических реакций:

изменение цвета вещества  
выделение или поглощение тепла  
образование осадка  
образование газа  
появление или исчезновение запаха

Объём

Строение

плавление

КИПЕНИЕ

НАУКА ХИМИЯ

**Явление** – это любое изменение в природе.

Явления можно разделить на физические и химические.

**Физическое явление** – это явление, при котором вещество не изменяется.

При физических явлениях новые вещества не образуются. При физических явлениях могут изменяться агрегатное состояние вещества, форма, объем, положение тела. Например: кипение, плавление, измельчение вещества – это физические явления. Движение тела – это тоже физическое явление.

**Химическое явление (химическая реакция)**  
– это явление, при котором одни вещества превращаются в другие вещества.

При химических явлениях всегда образуются новые вещества с новыми свойствами.

**Некоторые признаки химических реакций:**

- изменение цвета вещества;
- появление или исчезновение запаха;
- образование газа;
- образование нерастворимого вещества (осадка);
- выделение или поглощение теплоты.

**Химия** – это наука, которая изучает вещества, их свойства, состав, строение и превращения.



**ЛЕКСИКА ТЕМЫ**

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Выделение	separation	dégagement
Выделять, -ся	to evolve	mettre en relief, degager
Измельчать	to pulverize	pulvériser
Измельчение	pulverization	bocardage
Изменение	changing	changement
Исчезновение	disappearance	disparition
Нерастворимый	insoluble	insoluble
Образование	formation	formation
Образовать	to form	former
Объём	volume	volume
Осадок	precipitate	dépôt
Поглощение	absorption	absorption
Положение	position, location	position
Появление	appearance	apparition
Признак	attribute	signe
Реакция	reaction	réaction
Теплота	heat	chaleur



**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. Что такое явление?
2. На какие группы можно разделить явления?

3. Что такое физическое явление?
4. Образуются ли новые вещества при физических явлениях?
5. При физических явлениях молекулы вещества изменяются?
6. Что такое химическое явление?
7. Что изменяется при химических реакциях:
  - а) вещества; б) молекулы; в) атомы?
8. Чем отличаются физические явления от химических?
9. Что изучает химия?

**ЗАДАНИЕ 2.** Приведите примеры физических и химических явлений.

**ЗАДАНИЕ 3.** Назовите признаки химических реакций.

**ЗАДАНИЕ 4.** Укажите, какие изменения характеризуют химическую реакцию:

- 1) изменение цвета;
- 2) изменение формы тела;
- 3) образование осадка;
- 4) изменение агрегатного состояния вещества;
- 5) образование газа;
- 6) изменение объема тела;
- 7) поглощение теплоты;
- 8) появление запаха;
- 9) выделение теплоты;
- 10) изменение положения тела.



# 11. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ ВЕЩЕСТВ





**Закон сохранения массы веществ** открыл русский учёный М.В. Ломоносов. Он изучал реакцию металлов с кислородом при нагревании в герметически закрытой реторте. М.В. Ломоносов определял массу реторты с металлом до и после нагревания (до и после реакции). Эксперименты показали, что масса веществ в результате реакции не изменяется.

Эксперимент М.В. Ломоносова можно изобразить так:

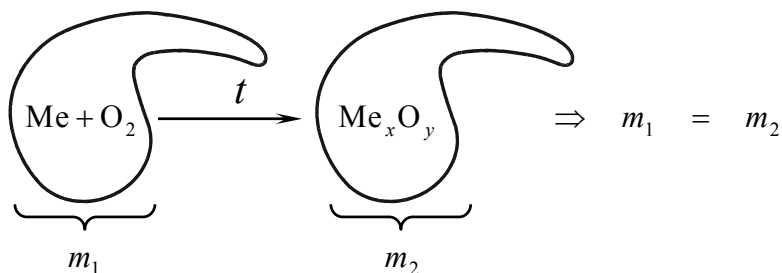


Рисунок 1 – Схема эксперимента М.В. Ломоносова

В 1748 г. М.В. Ломоносов сформулировал закон сохранения массы веществ. **Закон сохранения массы веществ формулируется так:**

Масса веществ, которые вступают в реакцию, равна массе веществ, которые образуются в результате реакции.

Закон сохранения массы веществ объясняют так:

- при химических реакциях атомы не исчезают и новые атомы не образуются;

- при химических реакциях число атомов каждого элемента не изменяется;
- атомы при химических реакциях не изменяются. Значит, не изменяется и масса каждого элемента;
- следовательно, общая масса веществ не изменяется.

Закон сохранения массы веществ – важный закон природы.



**ЛЕКСИКА ТЕМЫ**

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Взаимодействовать	to interact	être en interaction avec
Вступать в реакцию	to interaction	entrer dans la réaction
Герметически	hermetically	hermétiquement
Герметический	hermetic	hermétique
Изображать	to represent	représenter
Исчезать	to disappear	disparaître
Металл	metal	métal
Закон	law	loi
Образовать	to form	former
Образоваться в результате реакции	to be formed as a result of reaction	se former à la suite de la réaction
Общий	general	total
Открыть закон	to discover	ouvrir la loi
Реагировать	to react	réagir
Реторта	retort	cornue
Сохранение	conservation, preservation	conservation

1	2	3
Формулировать	to formulate	formuler
Формулировка	formulation	formulation
Эксперимент	experiment	expérience



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. Кто открыл закон сохранения массы веществ?
2. Что показали эксперименты М.В. Ломоносова?
3. Изменяется ли масса атома при химических реакциях?
4. Изменяется ли число атомов элемента при химических реакциях?

**ЗАДАНИЕ 2.** Сформулируйте закон сохранения массы веществ.

**ЗАДАНИЕ 3.** Объясните закон сохранения массы веществ.

## 12. ХИМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ

Исходные вещества  
 $\text{NaBr}$   $\text{HCl}$  натрий-хлор  
 натрий-бром  
 коэффициент  
 индекс  
 ПРОДУКТЫ РЕАКЦИИ  
 формулы веществ  
 схема реакции

Химическую реакцию можно выразить с помощью химического уравнения.

**Химическое уравнение** – это выражение химической реакции при помощи химических формул.

Например:  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$  – это химическое уравнение. Это уравнение нужно читать так: кальций–цэ–о–три плюс два–аш–хлор равно кальций–хлор–два плюс аш–два–о плюс цэ–о–два.

Каждое химическое уравнение состоит из двух частей: левой и правой.

В левой части уравнения пишут *формулы веществ, которые вступают в реакцию (формулы исходных веществ, формулы реагентов)*.

В правой части уравнения пишут *формулы веществ, которые образуются в результате реакции (формулы продуктов реакции, формулы конечных веществ)*.

Левую и правую части уравнения соединяют знаком равенства.

**Число атомов каждого элемента в левой и правой частях уравнения должно быть одинаковым.**

Если число атомов элемента в левой и правой частях уравнения неодинаковое, то перед формулами веществ нужно поставить коэффициенты.

Например:  $\text{P} + \text{O}_2 \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5$  – это *схема реакции*. Здесь

левая часть не равна правой. Чтобы левая часть была равна правой, нужно поставить коэффициент 5 перед формулой кислорода, коэффициент 2 перед формулой  $\text{P}_2\text{O}_5$  и коэффициент 4 перед формулой фосфора.

Тогда получим:  $4\text{P} + 5\text{O}_2 = 2\text{P}_2\text{O}_5$ . Это уже химическое уравнение.

Химические уравнения составляют на основе закона сохранения массы веществ.

Нужно помнить:

**Когда мы пишем химические уравнения, индексы в формулах веществ изменять нельзя.**



### ЛЕКСИКА ТЕМЫ

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Исходный (начальный)	initial	initial
Конечный	final	final
Левый	left	gauche
Правый	right	droit
Продукт реакции	reaction product	produit de la réaction
Реагент	reagent	réactif
Соединять	to connect	combiner
Схема	scheme	schéma
Уравнение	equation	équation

**ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИИ**

1. При помощи (чего (Р.п.)) = с помощью (чего (Р.п.))

Химическую реакцию можно выразить при помощи химического уравнения. = Химическую реакцию можно выразить с помощью химического уравнения.

2. (Что (И.п.)) соединяется (чем (Т.п.))

Левая и правая части уравнения соединяются знаком равенства.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. Что такое химическое уравнение?
2. Как называются вещества, которые вступают в реакцию?
3. Как называются вещества, которые образуются в результате реакции?
4. Как соединяются левая и правая части уравнения?
5. На основе какого закона составляют химические уравнения?

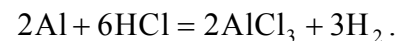
**ЗАДАНИЕ 2.** Объясните, что показывает химическое уравнение.

**ЗАДАНИЕ 3.** Поставьте коэффициенты и замените стрелку знаком равенства. Прочитайте уравнения реакций:

1.  $\text{MnO}_2 \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3 + \text{O}_2$ ;

2.  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{Fe}(\text{OH})_3$ ;
3.  $\text{Zn} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{Zn}_3\text{N}_2 + \text{H}_2$ ;
4.  $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$ ;
5.  $\text{Fe} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{FeCl}_3$ ;
6.  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4$ ;
7.  $\text{NaI} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{I}_2 + \text{NaBr}$ ;
8.  $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{KOH} \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;
9.  $\text{Mg} + \text{N}_2 \rightarrow \text{Mg}_3\text{N}_2$ .

Образец:  $\text{Al} + \text{HCl} \rightarrow \text{AlCl}_3 + \text{H}_2$ ;



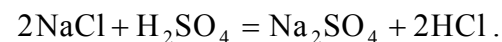
Уравнение реакции читают так:

два–алюминий плюс шесть–аш–хлор равно два–алюминий–хлор–три плюс три–аш–два.

**ЗАДАНИЕ 4.** Поставьте коэффициенты и укажите формулы исходных веществ и продуктов реакции:

1.  $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;
2.  $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ ;
3.  $\text{NaNO}_3 \rightarrow \text{NaNO}_2 + \text{O}_2$ .

Образец:  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{HCl}$ ;



$\text{NaCl}$  (натрий–хлор) и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (аш–два–эс–о–четыре) – это формулы исходных веществ;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (натрий–два–эс–о–четыре) и  $\text{HCl}$  (аш–хлор) – это формулы продуктов реакции.



# 13. ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ



## Типы химических реакций

В настоящее время известно огромное число химических реакций. В зависимости от общих признаков химические реакции можно разделить на несколько типов.

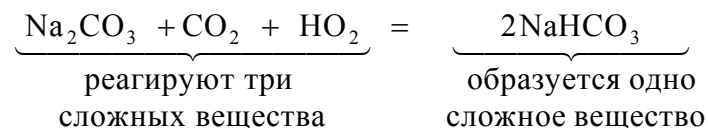
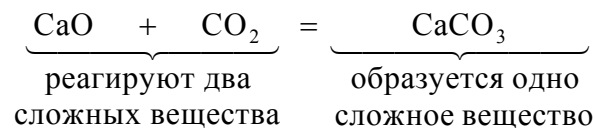
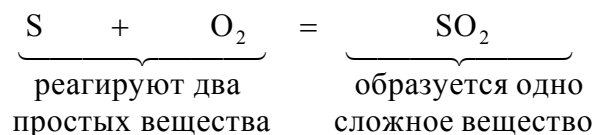
I. В зависимости от состава и числа исходных и конечных веществ реакции можно разделить на четыре типа:

1. Реакции соединения.
2. Реакции разложения.
3. Реакции замещения.
4. Реакции обмена.

### 1. Реакции соединения

Реакция соединения – это реакция, при которой из нескольких веществ образуется одно сложное вещество.

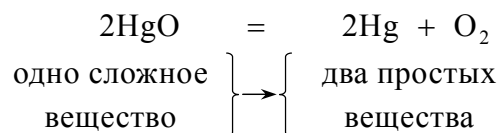
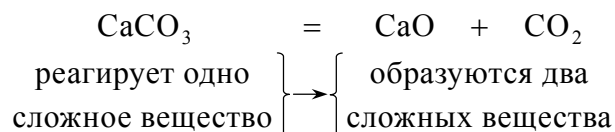
Например:



## 2. Реакции разложения

**Реакция разложения** – это реакция, при которой из одного сложного вещества образуется несколько веществ.

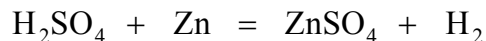
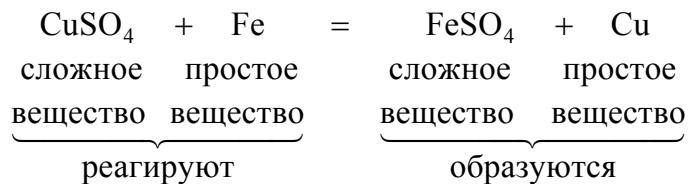
Например:



## 3. Реакции замещения

**Реакция замещения** – это реакция, при которой атомы простого вещества замещают атомы элемента в молекуле сложного вещества.

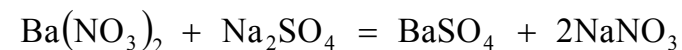
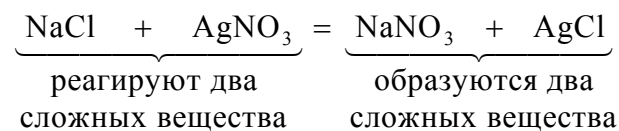
Например:



## 4. Реакции обмена

**Реакция обмена** – это реакция, при которой сложные вещества обмениваются своими составными частями.

Например:



II. При химических реакциях *энергия выделяется* или *поглощается*. Обычно эта энергия выделяется в виде *теплоты*.

Количество теплоты, которая выделяется или поглощается при химической реакции, называется **тепловым эффектом реакции**.

Тепловой эффект реакции обозначают символом  $\Delta H$  (читают дельта – аш). Тепловой эффект реакции выражают в килоджоулях (кДж). Тепловой эффект реакции может иметь положительное значение ( $\Delta H > 0$ ) и отрицательное значение ( $\Delta H < 0$ ). Значение теплового эффекта обычно указывают отдельно после уравнения реакции.

Например:  $\text{O}_2 + \text{N}_2 = 2\text{NO}$ ,  $\Delta H = 180,8$  кДж .

В зависимости от знака теплового эффекта реакции делят на два типа: *экзотермические* и *эндотермические*.

**Экзотермическая реакция** – это реакция, при которой теплота выделяется.

Например:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\Delta H = -64,4$  кДж – это экзотермическая реакция.

**Эндотермическая реакция** – это реакция, при которой теплота поглощается.

Например:  $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ ,  $\Delta H = 184$  кДж – это эндотермическая реакция.

Следовательно, знаки тепловых эффектов отрицательные ( $\Delta H < 0$ ) у экзотермических реакций и положительные ( $\Delta H > 0$ ) у эндотермических реакций.

Тепловой эффект можно включить в химическое уравнение реакции.

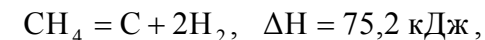
Химическое уравнение, в котором указывают тепловой эффект реакции, называется **термохимическим уравнением**.

В термохимическом уравнении значение теплового эффекта обычно указывают в правой части уравнения с обратным знаком. Тогда теплота, которая выделяется в результате реакции, входит в правую часть уравнения со знаком плюс, а теплота, которая поглощается – со знаком минус.

Например:



$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl} + 184,6$  кДж – это термохимическое уравнение.



$\text{CH}_4 = \text{C} + 2\text{H}_2 - 75,2$  кДж – это тоже термохимическое уравнение.

В термохимических уравнениях коэффициенты перед формулами веществ могут быть как целыми, так и дробными числами. Например:



или  $\text{H}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{H}_2\text{O} + 241,8 \text{ кДж}$ .

III. Химические реакции **в зависимости от направления** делят на два типа: *необратимые* и *обратимые*.

1.  $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} = \text{AgCl} \downarrow + \text{HNO}_3$  – это необратимая реакция.

Продукты реакции  $\text{AgCl}$  и  $\text{HNO}_3$  не реагируют друг с другом. Следовательно, реакция идет только в одном направлении, **в сторону образования продуктов реакции**.

**Необратимая реакция** – это реакция, которая идёт только в одном направлении.

2.  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$  – это обратимая реакция.

прямая  
реакция  
 $\Leftrightarrow$   
обратная  
реакция

**Обратимая реакция** – это реакция, которая одновременно идёт в двух противоположных направлениях.

В обратимой реакции *продукты реакции частично превращаются в исходные вещества*.

В уравнении обратимой реакции левая и правая части уравнения соединяются *знаком обратимости* ( $\leftrightarrow$  или  $\rightleftharpoons$ ).



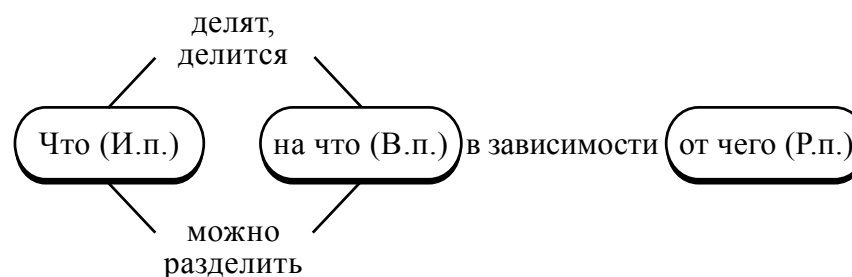
**ЛЕКСИКА ТЕМЫ**

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Выделение энергии	evolve of energy	mise en relief de l'énergie
Выделять	evolve	mettre en relief
Зависимость (ж.р.)	dependence	dépendance
Замещать	replace, substitute	remplacer
Замещение	replacement, substitution	remplacement
Направление	direction	direction
Необратимый	irreversible	irréversible
Обмен	exchange	échange
Обменивать	to exchange	échanger
Обратимый	reversible, convertible	convertible
Обратный	reverse	inverse
Поглощать	to absorb	absorber
Поглощение энергии	absorption of energy	absorption de énergie

1	2	3
Теплота	heat	chaleur
Противоположный	opposite	opposé
Разлагать	to decompose	décomposer
Разложение	decomposition	décomposition
Соединение	composition, compound	composé
Термохимическое уравнение	the thermochemical equation	équation thermochimique
Указывать	to point out, to indicate	indiquer
Экзотермический	exothermic	exothermique
Энергия	energy	énergie
Эндотермический	endothermic	endothermique
Эффект реакции	effect of reaction	effet de la réaction



**ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИЮ**



Реакции можно разделить на два типа в зависимости от знака теплового эффекта. = Реакции делят на два типа в зависимости от знака теплового эффекта.



## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. На какие типы можно разделить химические реакции в зависимости от состава и числа исходных и конечных веществ?
2. Что такое:
  - а) реакция соединения;
  - б) реакция обмена;
  - в) реакция замещения;
  - г) реакция разложения?
3. Что такое тепловой эффект реакции?
4. На какие типы делят химические реакции в зависимости от знака теплового эффекта?
5. Что такое:
  - а) эндотермическая реакция;
  - б) экзотермическая реакция;
  - в) термохимическое уравнение?
6. Какой знак имеет тепловой эффект в термохимическом уравнении:
  - а) для экзотермических реакций;
  - б) для эндотермических реакций?
7. На какие типы делят химические реакции в зависимости от направления?
8. Что такое:
  - а) необратимая реакция;
  - б) обратимая реакция?

9. Какой знак пишут между левой и правой частями в уравнении обратимой реакции?

**ЗАДАНИЕ 2.** Поставьте коэффициенты и в скобках укажите тип реакции:

1.  $\text{AlCl}_3 + \text{NaOH} = \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaCl}$  ;
2.  $\text{SiO}_2 + \text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Si}$  ;
3.  $\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_3$  ;
4.  $\text{Ca} + \text{P} = \text{Ca}_3\text{P}_2$  ;
5.  $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{H}_2$  ;
6.  $\text{H}_2\text{O} = \text{H}_2 + \text{O}_2$  ;
7.  $\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2$  ;
8.  $\text{AgNO}_3 = \text{Ag} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$  ;
9.  $\text{NO} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{NO}_2$  ;
10.  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons \text{HI}$  ;
11.  $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{O}$  ;
12.  $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$  ;
13.  $\text{HCl} + \text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{FeCl}_3 + \text{H}_2\text{O}$  ;
14.  $\text{KMnO}_4 = \text{K}_2\text{MnO}_4 + \text{MnO}_2 + \text{O}_2$  ;
15.  $\text{Ca} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{H}_2$  ;
16.  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 = \text{CuO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$  .

Образец:  $\text{Al} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$

$4\text{Al} + 3\text{O}_2 = 2\text{Al}_2\text{O}_3$  (реакция соединения).

**ЗАДАНИЕ 3.** Поставьте коэффициенты. Укажите, какие из

данных реакций экзотермические, а какие – эндотермические.

1.  $\text{Al} + \text{S} \rightarrow \text{Al}_2\text{S}_3 + 509 \text{ кДж}$  ;
2.  $\text{KNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_2 + \text{O}_2 - 255 \text{ кДж}$  ;
3.  $\text{Fe} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 1117 \text{ кДж}$  ;
4.  $\text{HgO} \rightarrow \text{Hg} + \text{O}_2 - 182 \text{ кДж}$  .

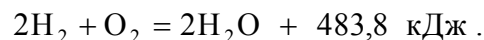
**ЗАДАНИЕ 4.** Укажите, какие из данных реакций – экзотермические, а какие – эндотермические.

1.  $\text{MgCO}_3 = \text{MgO} + \text{CO}_2, \Delta H > 0$  ;
2.  $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3, \Delta H < 0$  ;
3.  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}, \Delta H < 0$  ;
4.  $2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2, \Delta H > 0$  .

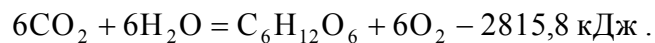
**ЗАДАНИЕ 5.** Преобразуйте химические уравнения в термохимические.

1.  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}, \Delta H = -854 \text{ кДж}$  ;
2.  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}, \Delta H = -892 \text{ кДж}$  ;
3.  $3\text{O}_2 = 2\text{O}_3, \Delta H = 289 \text{ кДж}$  ;
4.  $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}, \Delta H = -131,4 \text{ кДж}$  ;
5.  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2, \Delta H = 43 \text{ кДж}$

Образец:  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}, \Delta H = -483,8 \text{ кДж}$  ;



**ЗАДАНИЕ 6.** Реакцию фотосинтеза выражают уравнением:



Объясните, к какому типу реакций относится данная реакция в зависимости от знака теплового эффекта. Под действием какого источника энергии происходит эта реакция?

**ЗАДАНИЕ 7.** Вставьте вместо точек необходимые по смыслу слова.

Реакция соединения – это реакция, при которой из ... веществ ... одно ... вещество.

Реакция разложения – это реакция, при которой из ... сложного вещества образуется ... веществ.

Реакция замещения – это реакция, при которой атомы ... вещества ... атомы элемента в молекуле ... вещества.

Реакция обмена – это реакция, при которой ... вещества ... своими составными частями.

Экзотермическая реакция – это реакция, при которой теплота ... .

Эндотермическая реакция – это реакция, при которой теплота ... .

Химическое уравнение, в котором указывают ... .. реакции, называется термохимическим уравнением.

... реакция – это реакция, которая идет только в одном направлении.

... реакция – это реакция, которая одновременно идет в двух противоположных направлениях.

# 14. ЗАКОН АВОГАДРО

Нормальные условия (н.у.)  
давление  
ПЛОТНОСТЬ  
ТЕМПЕРАТУРА  
Молярный объём  
ГАЗА  
Физическая величина  
 $V_m \approx 22,4 \text{ л/моль}$

## Закон Авогадро



Объём газа зависит главным образом от условий (температуры и давления). Эксперименты показали, что одинаковые объёмы разных газов при одинаковых условиях занимают одинаковый объём. На основании этих экспериментальных фактов был сформулирован закон, который назвали *законом Авогадро*.

### Формулировка закона Авогадро:

В одинаковых объёмах разных газов при одинаковых условиях (температуре и давлении) содержится одинаковое число молекул.

### Следствия из закона Авогадро:

1. Одинаковое число молекул разных газов при одинаковых условиях занимают одинаковый объём.
2. Моль любого газа при одинаковых условиях занимает одинаковый объём.

В химии применяется понятие *молярный объём* ( $V_m$ ).

**Молярный объём газа** ( $V_m$ ) – это объём, который занимает один моль любого вещества в газообразном состоянии.

Часто пользуются объёмами газов при нормальных условиях. *Нормальные условия* (н.у.) – это температура 273 К (0 С) и давление 101325 Па (1 атм.).

### Закон Авогадро

Объём, который занимает один моль газа при нормальных условиях ( $V_m$ ) можно определить по формуле:

$$V_m = \frac{M}{\rho_{н.у.}}, \quad (1)$$

где  $M$  – молярная масса газа;

$\rho_{н.у.}$  – плотность газа при нормальных условиях.

Например:

$$\left. \begin{aligned} V_m(\text{H}_2) &= \frac{2,0159 \text{ г/моль}}{0,09 \text{ г/л}} = 22,398 \text{ л/моль} \\ V_m(\text{O}_2) &= \frac{31,998 \text{ г/моль}}{1,43 \text{ г/л}} = 22,376 \text{ л/моль} \\ V_m(\text{SO}_2) &= \frac{64,063 \text{ г/моль}}{2,86 \text{ г/л}} = 22,388 \text{ л/моль} \end{aligned} \right\} \Rightarrow V_m(\text{любого газа}) \approx 22,4 \text{ л/моль}$$

Следовательно:

**Объём, который занимает один моль любого газа при нормальных условиях, приблизительно равен 22,4 л ( $22,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ).**

Если в формулу (1) подставить выражения молярной массы ( $M = \frac{m}{\nu}$ ) и плотности ( $\rho = \frac{m}{V}$ ), то получим:

$$V_m = \frac{V}{\nu}. \quad (2)$$

### Закон Авогадро

Значит:

**Молярный объём газа ( $V_m$ )** – это физическая величина, которая равна отношению объёма газа к количеству вещества.

Из формулы (2) следует, что молярный объём измеряется в кубических метрах на моль ( $\text{м}^3/\text{моль}$ ) или в литрах на моль ( $\text{л/моль}$ ).

Газы подчиняются закону Авогадро при определённых условиях. При низких температурах и высоких давлениях газы не подчиняются закону Авогадро. Твёрдые и жидкие вещества тоже не подчиняются закону Авогадро.

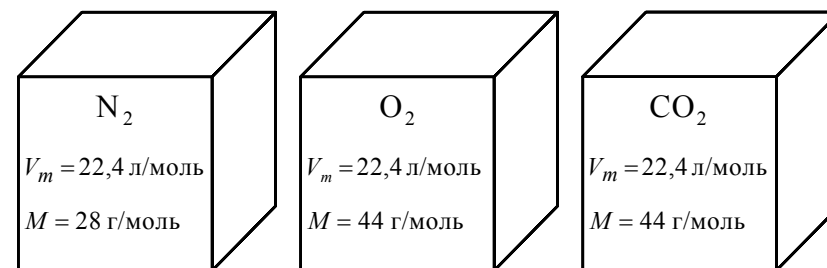


Рисунок 2 – Молярные объёмы и молярные массы некоторых газов



### ЛЕКСИКА ТЕМЫ

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Главным образом	mainly	particulièrement

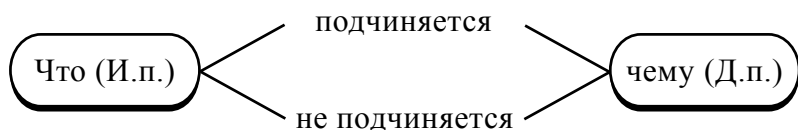


Закон Авогадро

1	2	3
Давление	pressure	pression
Занимать что (объём)	to occupy the (volume)	occuper le volume
Нормальный	normal	normal
Объём	volume	volume
Подчинять, -ся (чему)	to submit (to)	soumettre
Следовать чему	to follow	suivre quoi



**ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИЮ**



Газы подчиняются закону Авогадро.

Твердые и жидкие вещества не подчиняются закону Авогадро.

**ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ**

**ПРИМЕР 1.** Определите объём, который занимает водород количеством вещества 5 моль при нормальных условиях.

Дано:  
 $\nu(\text{H}_2) = 5$  моль  
 $V_{\text{н.у.}}(\text{H}_2) = ?$

**РЕШЕНИЕ**  
 Первый метод  
 При решении задачи используем формулу

$$V_m = \frac{V}{\nu}$$

Закон Авогадро

Отсюда  $V = V_m \cdot \nu$ . Тогда  $V(\text{H}_2) = 22,4 \cdot 5 = 112$  л.

**ОТВЕТ:** водород количеством вещества 5 моль при н.у. занимает объём 112 л.

*Второй метод*

Составляем пропорцию и решаем её. Согласно закону Авогадро:

1 моль  $\text{H}_2$  занимает объём 22,4 л,

5 моль  $\text{H}_2$  занимают объём  $x$  л.

Значит,  $\frac{1}{5} = \frac{22,4}{x}$ . Отсюда  $x = \frac{5 \cdot 22,4}{1} = 112$  л.

**ОТВЕТ:** водород количеством вещества 5 моль при н.у. занимает объём 112 л.

**ПРИМЕР 2.** Какой объём при нормальных условиях занимает оксид углерода (IV)  $\text{CO}_2$  массой 110 г?

Дано:  
 $m(\text{CO}_2) = 110$  г  
 $V_{\text{н.у.}}(\text{CO}_2) = ?$

**РЕШЕНИЕ**  
 Первый метод

1) Для решения задачи используем формулу  $V_m = \frac{V}{\nu}$ .

Отсюда  $V = V_m \cdot \nu$ .

2) Количество вещества  $\text{CO}_2$  найдем из формулы

Закон Авогадро

$$M(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{\nu(\text{CO}_2)}, \text{ откуда } \nu(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)}.$$

3) Определим молярную массу  $\text{CO}_2$  :

$$M_r(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44; \quad M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль.}$$

4) Вычислим количество вещества  $\text{CO}_2$  массой 110 г:

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{110}{44} = 2,5 \text{ моль.}$$

5) Подставим числовые значения в формулу:

$$V = V_m \cdot \nu;$$

$$V(\text{CO}_2) = 22,4 \cdot 2,5 = 56 \text{ л.}$$

*ОТВЕТ:* 110 г  $\text{CO}_2$  занимают при н.у. объем 56 л.

*Второй метод*

$$M_r(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44; \quad M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль.}$$

Следовательно, 1 моль  $\text{CO}_2$  имеет массу 44 г.

Тогда по закону Авогадро:

44 г  $\text{CO}_2$  занимают объем 22,4 л,

110 г  $\text{CO}_2$  занимают объем  $x$  л.

$$\text{Значит, } \frac{44}{110} = \frac{22,4}{x}. \text{ Отсюда } x = \frac{110 \cdot 22,4}{44} = 56 \text{ л.}$$

*ОТВЕТ:* 110 г  $\text{CO}_2$  занимают при н.у. объем 56 л.

Закон Авогадро

**ПРИМЕР 3.** Какую массу при нормальных условиях имеет азот  $\text{N}_2$  объемом 89,6 л?

Дано:

$$V_{\text{н.у.}}(\text{N}_2) = 89,6 \text{ л}$$

$$m(\text{N}_2) = ?$$

РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

1) Массу азота  $\text{N}_2$  определим из формулы  $M = \frac{m}{\nu}$ .  
Откуда  $m = M \cdot \nu$ .

2) Количество вещества азота  $\text{N}_2$  найдем из формулы:

$$V_m = \frac{V}{\nu}$$

$$\nu = \frac{V}{V_m} = \frac{89,6}{22,4} = 4 \text{ моль.}$$

3) Определим молярную массу азота  $\text{N}_2$  :

$$M_r(\text{N}_2) = 2 \cdot 14 = 28; \quad M(\text{N}_2) = 28 \text{ г/моль.}$$

4) Вычислим массу азота  $\text{N}_2$  :

$$m(\text{N}_2) = M \cdot \nu = 28 \cdot 4 = 112 \text{ г.}$$

*ОТВЕТ:* 89,6 л азота при н.у. имеют массу 112 г.

*Второй метод*

$$M_r(\text{N}_2) = 2 \cdot 14 = 28; \quad M(\text{N}_2) = 28 \text{ г/моль.}$$

Следовательно, 1 моль  $\text{N}_2$  имеет массу 28 г.

Тогда по закону Авогадро:

22,4 л  $N_2$  имеют массу 28 г,

89,6 л  $N_2$  имеют массу  $x$  г.

Значит,  $\frac{22,4}{89,6} = \frac{28}{x}$ . Отсюда  $x = \frac{89,6 \cdot 28}{22,4} = 112$  г.

ОТВЕТ: 89,6 л азота при н.у. имеют массу 112 г.



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. Какие физические условия называют нормальными?
2. Что такое молярный объём газа?
3. Чему равен молярный объём любого газа при нормальных условиях?
4. В каких единицах измеряется молярный объём газа?
5. Какие вещества подчиняются закону Авогадро?
6. При каких условиях газы не подчиняются закону Авогадро? Почему?

**ЗАДАНИЕ 2.**

1. Сформулируйте закон Авогадро.
2. Сформулируйте следствия из закона Авогадро.

**ЗАДАНИЕ 3.** Решите задачи.

1. Какой объём занимают при н.у.: а) гелий He массой 2 г; б) кислород  $O_2$  массой 800 г; в) оксид серы (IV)  $SO_2$

массой 0,64 г; г) аммиак  $NH_3$  массой 8,5 г?

ОТВЕТ: а) 11,2 л; б) 560 л; в) 224 л; г) 11,2 л.

2. Какую массу имеют при н.у.: а) азот  $N_2$  объёмом 10 л; б) аммиак  $NH_3$  объёмом 5,6 л; в) оксид углерода (IV)  $CO_2$  объёмом 112 л; г) хлор  $Cl_2$  объёмом 112 л; д) кислород  $O_2$  объёмом 1,4 л?

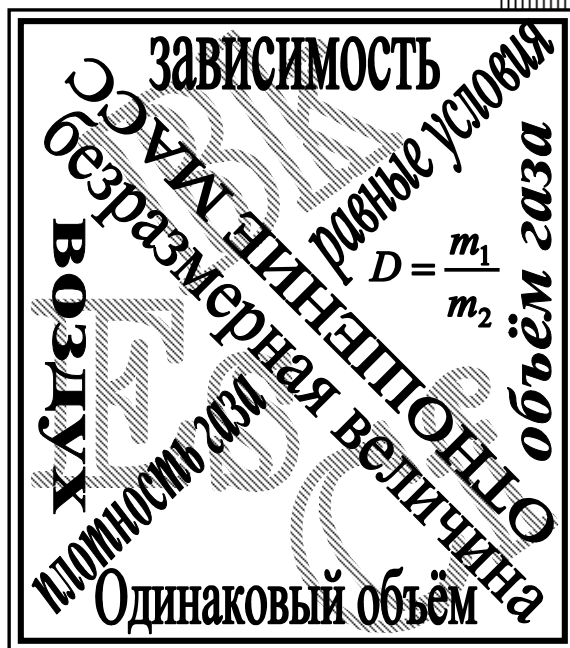
ОТВЕТ: а) 12,5 г; б) 4,25 г; в) 220 г; г) 355 г; д) 2 г.

**ПРИМЕР 4.** Напишите, какие физические величины обозначают следующие символы:

1.  $m$  –
2.  $v$  –
3.  $M_r$  –
4.  $M$  –
5.  $V_m$  –
6.  $V_{н.у.}$  –
7.  $\rho$  –

Образец:  $\rho_{н.у.}$  – плотность газа при нормальных условиях.

# 15. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ГАЗА



## Относительная плотность газов

Согласно закону Авогадро *в одинаковых объёмах разных газов* при одинаковых условиях содержится *одинаковое число молекул*. Но *массы одинаковых объёмов разных газов* при одинаковых условиях *неодинаковы*. Это объясняется разной массой молекул этих газов. Отношение масс одинаковых объёмов двух газов  $\left(\frac{m_1}{m_2}\right)$  равно:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{N_1 M_{r_1}}{N_2 M_{r_2}}, \quad (1)$$

где  $m_1$  и  $m_2$  – массы первого и второго газов;

$N_1$  и  $N_2$  – число молекул первого и второго газов;

$M_{r_1}$  и  $M_{r_2}$  – относительные молекулярные массы первого и второго газов.

По закону Авогадро  $N_1 = N_2$ . Числовое значение относительной молекулярной массы ( $M_r$ ) равно числовому значению молярной массы ( $M$ ). Тогда уравнение (1) будет иметь следующий вид:

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_{r_1}}{M_{r_2}}, \quad (2)$$

или

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2}, \quad (3)$$

где  $M_1$  и  $M_2$  – молярные массы первого и второго газов.

Полученные уравнения выражают одно из следствий закона Авогадро:

**Отношение масс одинаковых объёмов разных газов равно отношению их молекулярных или молярных масс.**

Отношение массы одного газа к массе такого же объема другого газа при одинаковых условиях называется **относительной плотностью газов ( $D$ )**.

Значит, 
$$D = \frac{m_1}{m_2}.$$

**Относительная плотность газов показывает, во сколько раз один газ тяжелее или легче другого.**

Относительная плотность газа – это безразмерная величина.

Если  $D = \frac{m_1}{m_2}$ , то из уравнений (2) и (3) следует:

$$D = \frac{M_{r_1}}{M_{r_2}} \quad (4)$$

и 
$$D = \frac{M_1}{M_2}. \quad (5)$$

Отсюда 
$$M_{r_1} = D \cdot M_{r_2} \quad (6)$$

и 
$$M_1 = D \cdot M_2. \quad (7)$$

Формулы (6) и (7) используют для определения отно-

сительных молекулярных и молярных масс газов или веществ, которые находятся в газообразном состоянии.

Относительную плотность можно выразить также через плотности газов:  $D = \frac{m_1}{m_2}$ , но  $m_1 = V_1 \cdot \rho_1$ ,  $m_2 = V_2 \cdot \rho_2$ ,

где  $V_1$  и  $V_2$  – объёмы газов;

$\rho_1$  и  $\rho_2$  – плотности газов.

Значит,  $D = \frac{V_1 \cdot \rho_1}{V_2 \cdot \rho_2}$ , но при равных условиях  $V_1 = V_2$ ,

тогда 
$$D = \frac{\rho_1}{\rho_2}. \quad (8)$$

Следовательно, для определения относительной плотности газов можно использовать формулы:

$$D = \frac{m_1}{m_2}; \quad D = \frac{M_{r_1}}{M_{r_2}}; \quad D = \frac{M_1}{M_2}; \quad D = \frac{\rho_1}{\rho_2}.$$

Часто плотность газов определяют по отношению к водороду ( $D_{H_2}$ ) или воздуху ( $D_{\text{возд.}}$ ).

$$D_{H_2} = \frac{M(\text{газа})}{M(H_2)},$$

$$M(H_2) = 2 \text{ г/моль},$$

тогда 
$$M(\text{газа}) = 2 \cdot D_{H_2}. \quad (9)$$

**Относительная плотность газа по водороду ( $D_{H_2}$ )** показывает, во сколько раз данный газ тяжелее, чем водород.

$D_{\text{возд.}} = \frac{M(\text{газа})}{M(\text{возд.})}$ . Средняя молярная масса воздуха 29 г/моль. Тогда

$$M(\text{газа}) = 29 \cdot D_{\text{возд.}} \quad (10)$$

**Относительная плотность газа по воздуху ( $D_{\text{возд.}}$ )** показывает, во сколько раз данный газ тяжелее или легче, чем воздух.

Формулу для определения молекулярной массы любого газа по его относительной плотности по водороду и воздуху предложил русский учёный Д.И. Менделеев.

Относительную плотность газа можно определять по любому газообразному веществу.

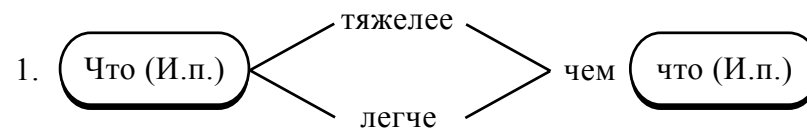


### ЛЕКСИКА ТЕМЫ

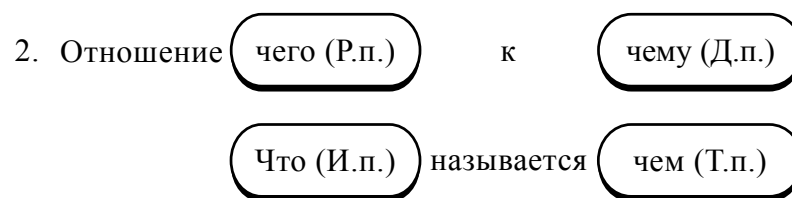
Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Лёгкий	light	facile, léger
Плотность (ж.р.)	density	densité
Предлагать	to propose	proposer
Согласно	according to	conformément
Тяжёлый	heavy	lourd



### ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИИ



Относительная плотность газа по водороду ( $D_{H_2}$ ) показывает, во сколько раз данный газ тяжелее, чем водород.



Отношение массы одного газа к массе такого же объема другого газа при одинаковых условиях называется относительной плотностью газов ( $D$ ).

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

**ПРИМЕР 1.** Определите относительную плотность оксида углерода (IV)  $CO_2$ : 1) по водороду; 2) по воздуху.

#### РЕШЕНИЕ

1) Относительную плотность газа по водороду определим по формуле  $D_{H_2} = \frac{M(\text{газа})}{M(H_2)}$ . Тогда  $D_{H_2} = \frac{M(CO_2)}{M(H_2)}$ .

$$M_r(CO_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44; \quad M(CO_2) = 44 \text{ г/моль.}$$

$$M_r(\text{H}_2) = 2 \cdot 1 = 2; \quad M(\text{H}_2) = 2 \text{ г/моль.}$$

Подставим значения молярных масс в формулу:

$$D_{\text{H}_2} = \frac{44}{2} = 22.$$

*ОТВЕТ:* относительная плотность  $\text{CO}_2$  по водороду 22.

2) Относительную плотность газа по воздуху определим по формуле:

$$D_{\text{возд.}} = \frac{M(\text{газа})}{M(\text{воздуха})}.$$

$$\text{Тогда } D_{\text{возд.}} = \frac{M(\text{CO}_2)}{M(\text{воздуха})}. \quad M(\text{воздуха}) = 29 \text{ г/моль.}$$

$$M_r(\text{CO}_2) = 12 + 2 \cdot 16 = 44; \quad M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль.}$$

Подставим значения молярных масс в формулу и получим:

$$D_{\text{возд.}} = \frac{44}{29} = 1,52.$$

*ОТВЕТ:* относительная плотность  $\text{CO}_2$  по воздуху 1,52.

**ПРИМЕР 2.** Относительная плотность газа по воздуху равна 0,07. Определите относительную молекулярную массу газа.

РЕШЕНИЕ

Для решения задачи используем формулу

$$D_{\text{возд.}} = \frac{M_r(\text{газа})}{M_r(\text{воздуха})}.$$

Отсюда

$$M_r(\text{газа}) = D_{\text{возд.}} \cdot M_r(\text{воздуха}),$$

$$M_r(\text{воздуха}) = 29.$$

$$\text{Тогда } M_r(\text{газа}) = 29 \cdot D_{\text{возд.}} = 29 \cdot 0,07 = 2,03.$$

*ОТВЕТ:* относительная молекулярная масса газа 2,03.

**ПРИМЕР 3.** Определите относительную молекулярную массу газа, если 6,25 г газа занимают объём 5 л (при н.у.).

РЕШЕНИЕ

Определим массу одного моля газа, то есть массу 22,4 л газа.

Для этого составим пропорцию и решим её:

$$\begin{aligned} 6,25 \text{ г газа} & \text{ занимают объём } 5 \text{ л,} \\ x \text{ г газа} & \text{ занимают объём } 22,4 \text{ л.} \end{aligned}$$

$$\text{Значит, } \frac{6,25}{x} = \frac{5}{22,4}. \quad \text{Тогда } x = \frac{6,25 \cdot 22,4}{5} = 28 \text{ г.}$$

Отсюда  $M(\text{газа}) = 28 \text{ г/моль}$ . Числовые значения молярной массы вещества и его относительной молекулярной массы равны. Из этого следует, что  $M_r(\text{газа}) = 28$ .

*ОТВЕТ:* относительная молекулярная масса газа равна 28.

Второй метод

Задачу решаем по формуле  $M = \frac{m}{\nu}$ .

Так как  $V_m = \frac{V}{\nu}$ , то  $\nu = \frac{V}{V_m}$ .

Тогда  $M = \frac{m}{\frac{V}{V_m}} = \frac{m \cdot V_m}{V}$ .

Подставим числовые значения в формулу:

$$M = \frac{6,25 \text{ г} \cdot 22,4 \text{ л/моль}}{5 \text{ л}} = 28 \text{ г/моль}.$$

Числовое значение молярной массы равно числовому значению относительной молекулярной массы. Следовательно, относительная молекулярная масса газа равна 28.

*ОТВЕТ:* относительная молекулярная масса газа равна 28.



**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ**

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы.

1. Что такое относительная плотность газов?
2. Что показывает:
  - а) относительная плотность газов;
  - б) относительная плотность газа по водороду;
  - в) относительная плотность газа по воздуху?

**ЗАДАНИЕ 2.** Напишите формулы, которые выражают

следующие зависимости:

- а) зависимость относительной плотности газов от их масс;
- б) зависимость относительной плотности газов от их относительных молекулярных масс;
- в) зависимость относительной плотности газов от их молярных масс;
- г) зависимость относительной плотности газов от их плотностей.

**ЗАДАНИЕ 3.** Решите задачи.

1. Определите относительную плотность по водороду:
  - а) оксида углерода (II) CO ; б) кислорода O<sub>2</sub> ; в) хлора Cl<sub>2</sub> ;
  - г) аммиака NH<sub>3</sub> ; д) метана CH<sub>4</sub> ; е) гелия He ; ж) хлороводорода HCl .

*ОТВЕТЫ:* а) 14; б) 16; в) 35,5; г) 8,5; д) 8; е) 2; ж) 18,25.

2. Определите относительную плотность по воздуху:
  - а) сероводорода H<sub>2</sub>S ; б) кислорода O<sub>2</sub> ; в) аммиака NH<sub>3</sub> ;
  - г) оксида серы (IV) SO<sub>2</sub> ; д) азота N<sub>2</sub> ; е) неона Ne .

*ОТВЕТЫ:* а) 1,17; б) 1,10; в) 0,58; г) 2,21; д) 0,96; е) 0,69.

3. Относительная плотность газа по водороду:
  - а)  $D_{\text{H}_2} = 17$ ; б)  $D_{\text{H}_2} = 14$ ; в)  $D_{\text{H}_2} = 35,5$ ; г)  $D_{\text{H}_2} = 20$ .

Определите молярную массу газа.

*ОТВЕТЫ:* а) 34 г/моль; б) 28 г/моль; в) 71 г/моль; г) 40 г/моль.

4. Относительная плотность газа по воздуху:
  - а)  $D_{\text{возд.}} = 0,59$ ; б)  $D_{\text{возд.}} = 0,97$ ; в)  $D_{\text{возд.}} = 1,1$ ;



г)  $D_{\text{возд.}} = 0,695$ . Определите молярную массу газа.

ОТВЕТЫ: а) 17 г/моль; б) 28 г/моль; в) 32 г/моль; г) 20,16 г/моль.

**ЗАДАНИЕ 4.** Относительная плотность по водороду:

- а) кислорода – 16;
- б) воздуха – 14,5;
- в) метана  $\text{CH}_4$  – 8.

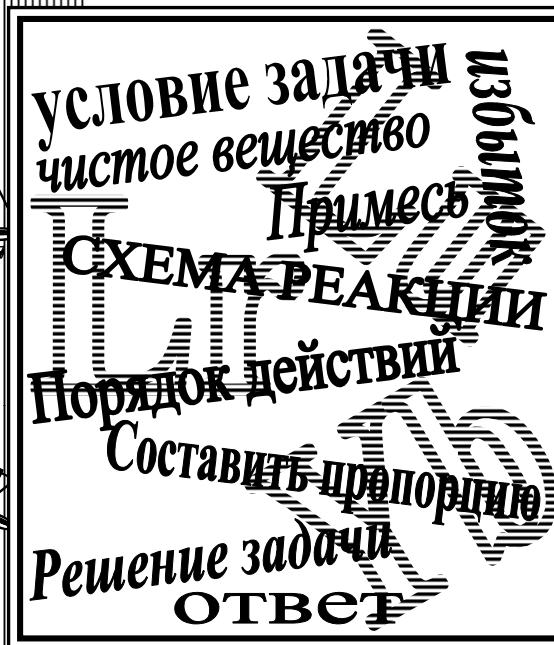
Скажите, что показывают эти числа.

**ЗАДАНИЕ 5.** Относительная плотность по воздуху:

- а) аммиака  $\text{NH}_3$  – 0,6;
- б) хлора  $\text{Cl}_2$  – 2,4;
- в) оксида углерода (IV)  $\text{CO}_2$  – 1,5.

Скажите, что показывают эти числа.

## 16. ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО ХИМИЧЕСКИМ УРАВНЕНИЯМ



При вычислениях по химическим уравнениям нужно помнить следующее:

- коэффициенты в уравнении показывают число молей (количество вещества) исходных веществ и продуктов реакции;
- коэффициенты перед формулами газообразных веществ равны объемам газов;
- пропорциональность масс веществ, которые вступают в реакцию и которые образуются в результате реакции, не зависит от выбора единицы массы.

**ВЫЧИСЛЕНИЕ МАССЫ ПРОДУКТА РЕАКЦИИ ПО ИЗВЕСТНОЙ МАССЕ ОДНОГО ИЗ ИСХОДНЫХ ВЕЩЕСТВ. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ**

**ПРИМЕР.** Сколько граммов бромида серебра AgBr образуется в результате реакции 25 г бромида цинка ZnBr<sub>2</sub> с нитратом серебра AgNO<sub>3</sub>?

Схема реакции:  $ZnBr_2 + AgNO_3 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + AgBr$ .

Порядок действий при решении задачи смотрите в таблице 7.

Таблица 7

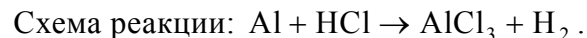
№	Порядок действий
1	2
1.	Написать уравнение химической реакции. $ZnBr_2 + 2AgNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2AgBr$ (1)

1	2
2.	Подчеркнуть формулы веществ, для которых есть данные в условии задачи и о которых спрашивают в задаче (действия 2-4 выполнять с уравнением (1)). $\underline{ZnBr_2} + 2AgNO_3 = Zn(NO_3)_2 + \underline{2AgBr}$
3.	Написать над формулами веществ данные задачи. $\begin{matrix} 25 \text{ г} & & & & x \text{ г} \\ \underline{ZnBr_2} + 2AgNO_3 = & Zn(NO_3)_2 + & \underline{2AgBr} \end{matrix}$
4.	Написать под формулами веществ данные уравнения реакции: а) количество вещества $\nu$ ; б) относительную молекулярную массу $M_r$ ; в) молярную массу $M$ ; г) массу $m = \nu \cdot M$ . $\begin{matrix} 25 \text{ г} & & & & x \text{ г} \\ \underline{ZnBr_2} + 2AgNO_3 = & Zn(NO_3)_2 + & \underline{2AgBr} \end{matrix}$ $\begin{matrix} \nu & = & 1 \text{ моль} & & & & & & 2 \text{ моль} \\ M_r & = & 225 & & & & & & 188 \\ M & = & 225 \text{ г/моль} & & & & & & 188 \text{ г/моль} \\ m & = & 225 \text{ г} & & & & & & 376 \text{ г} \end{matrix}$
5.	Найти, сколько граммов AgBr образуется в результате реакции. Для этого составить пропорцию и решить ее. Из 225 г ZnBr <sub>2</sub> образуется 376 г AgBr ; из 25 г ZnBr <sub>2</sub> образуется x г AgBr .

1	2
5.	Значит, $\frac{225}{25} = \frac{376}{x}$ . Тогда $x = \frac{25 \cdot 376}{225} = 41,8$ г.
6.	Написать и проговорить ответ. <i>ОТВЕТ:</i> 41,8 г бромида серебра образуется в результате реакции.

**ВЫЧИСЛЕНИЕ МАССЫ ИСХОДНОГО ВЕЩЕСТВА  
ПО ИЗВЕСТНОЙ МАССЕ ОДНОГО  
ИЗ ПРОДУКТОВ РЕАКЦИИ**

**ПРИМЕР.** Сколько граммов алюминия Al нужно взять для реакции с соляной кислоты HCl, чтобы получить 10 г водорода H<sub>2</sub>?



Порядок действий при решении задачи смотрите в таблице 8.

Таблица 8

№	Порядок действий
1	2
1.	Написать уравнение химической реакции. $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$ . (1)
2.	Подчеркнуть формулы веществ, для которых есть данные в условии задачи и о которых спрашивают в задаче

1	2
2.	(действия 2-4 выполнять с уравнением (1)). $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$ .
3.	Написать над формулами веществ данные задачи. $\begin{matrix} x \text{ г} & & 10 \text{ г} \\ 2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \end{matrix}$ .
4.	Написать под формулами веществ данные уравнения реакции: а) количество вещества $\nu$ ; б) относительную молекулярную массу $M_r$ ; в) молярную массу $M$ ; г) массу $m = \nu \cdot M$ . $\begin{matrix} x \text{ г} & & 10 \text{ г} \\ 2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2 \\ \nu = 2 \text{ моль} & & 3 \text{ моль} \\ M_r = 27 & & 2 \\ M = 27 \text{ г/моль} & & 2 \text{ г/моль} \\ m = 54 \text{ г} & & 6 \text{ г} \end{matrix}$
5.	Найти, сколько граммов алюминия нужно для реакции. Для этого составить пропорцию по уравнению реакции и решить ее. Для получения 6 г H <sub>2</sub> нужно 54 г Al. Для получения 10 г H <sub>2</sub> нужно x г Al. Следовательно, $\frac{6}{10} = \frac{54}{x}$ . Тогда $x = \frac{10 \cdot 54}{6} = 90$ г.

1	2
6.	Написать и проговорить ответ. <i>ОТВЕТ:</i> 90 г алюминия нужно взять для реакции.

**ВЫЧИСЛЕНИЕ МАССЫ ПРОДУКТА РЕАКЦИИ,  
ЕСЛИ ОДНО ИЗ ИСХОДНЫХ ВЕЩЕСТВ  
ДАНО В ИЗБЫТКЕ**

**ПРИМЕР.** Сколько граммов гидроксида меди (II)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  образуется в результате реакции 270 г хлорида меди (II)  $\text{CuCl}_2$  и 200 г гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ ? Какое вещество взяли в избытке?

Схема реакции:  $\text{CuCl}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{NaCl}$ .

Порядок действий при решении задачи смотрите в таблице 9.

Таблица 9

№	Порядок действий
1	2
1.	Написать уравнение химической реакции. $\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{NaCl} \quad (1)$
2.	Подчеркнуть формулы веществ, для которых есть данные в условии задачи и о которых спрашивают в задаче (действия 2-4 выполнять с уравнением (1)). $\underline{\text{CuCl}_2} + \underline{2\text{NaOH}} = \underline{\text{Cu}(\text{OH})_2} + 2\text{NaCl}$

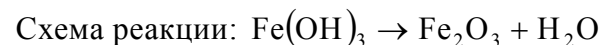
1	2
3.	Написать над формулами веществ данные задачи. $\begin{array}{ccc} 270 \text{ г} & 200 \text{ г} & x \text{ г} \\ \underline{\text{CuCl}_2} + \underline{2\text{NaOH}} & = & \underline{\text{Cu}(\text{OH})_2} + 2\text{NaCl} \end{array}$
4.	Написать под формулами веществ данные уравнения реакции: а) количество вещества $\nu$ ; б) относительную молекулярную массу $M_r$ ; в) молярную массу $M$ ; г) массу $m = \nu \cdot M$ . $\begin{array}{ccc} 270 \text{ г} & 200 \text{ г} & x \text{ г} \\ \underline{\text{CuCl}_2} & + & \underline{2\text{NaOH}} = \underline{\text{Cu}(\text{OH})_2} + 2\text{NaCl} \\ \nu = 1 \text{ моль} & 2 \text{ моль} & 1 \text{ моль} \\ M_r = 135 & 40 & 98 \\ M = 135 \text{ г/моль} & 40 \text{ г/моль} & 98 \text{ г/моль} \\ m = 135 \text{ г} & 80 \text{ г} & 98 \text{ г} \end{array}$
5.	Чтобы узнать, какое вещество взяли в избытке, нужно выполнить действия 6 и 7.
6.	Найти, сколько граммов $\text{CuCl}_2$ нужно для реакции с 200 г $\text{NaOH}$ . Для этого нужно составить пропорцию по уравнению реакции и решить её. $\begin{array}{l} \text{Для } 80 \text{ г NaOH} \text{ нужно } 135 \text{ г CuCl}_2. \\ \text{Для } 200 \text{ г NaOH} \text{ нужно } \quad \text{г CuCl}_2. \end{array}$

1	2
	<p>Значит, <math>\frac{80}{200} = \frac{135}{y}</math>.</p> <p>Тогда <math>y = \frac{200 \cdot 135}{80} = 337,5</math> г.</p>
7.	<p>Найти, сколько граммов NaOH нужно для реакции с 270 г CuCl<sub>2</sub>.</p> <p>Для этого нужно составить пропорцию по уравнению реакции и решить её.</p> <p>Для 135 г CuCl<sub>2</sub> нужно 80 г NaOH.</p> <p>Для 270 г CuCl<sub>2</sub> нужно z г NaOH.</p> <p>Значит, <math>\frac{135}{270} = \frac{80}{z}</math>.</p> <p>Отсюда <math>z = \frac{270 \cdot 80}{135} = 160</math> г.</p>
8.	<p>Проанализировать результаты действий 6 и 7 и сделать вывод, какое вещество взяли в избытке.</p> <p>а) по уравнению реакции нужно 337,5 г CuCl<sub>2</sub>, а по условию задачи дано 270 г. Значит, CuCl<sub>2</sub> <b>прореагирует полностью</b>;</p> <p>б) по уравнению реакции нужно 160 г NaOH, а по условию задачи дано 200 г. Значит, NaOH <b>взяли в избытке</b> и часть его останется после реакции.</p>
9.	<p>Найти, сколько граммов Cu(OH)<sub>2</sub> образуется в результате реакции.</p>

1	2
9.	<p>Для этого нужно составить пропорцию по уравнению реакции и решить её. Нужно помнить, что <b>расчёт выполняется по количеству вещества, которое реагирует полностью</b>.</p> <p>Из 135 г CuCl<sub>2</sub> образуется 98 г Cu(OH)<sub>2</sub>.</p> <p>Из 270 г CuCl<sub>2</sub> образуется x г Cu(OH)<sub>2</sub>.</p> <p>Значит, <math>\frac{135}{270} = \frac{98}{x}</math>. Тогда <math>x = \frac{270 \cdot 98}{135} = 196</math> г.</p>
10.	<p>Написать и проговорить ответ.</p> <p><b>ОТВЕТ:</b></p> <p>а) NaOH взяли в избытке;</p> <p>б) 196 г Cu(OH)<sub>2</sub> образуется в результате реакции.</p>

**ВЫЧИСЛЕНИЕ МАССЫ ПРОДУКТА РЕАКЦИИ ПО ИЗВЕСТНОЙ МАССЕ ИСХОДНОГО ВЕЩЕСТВА, КОТОРОЕ СОДЕРЖИТ ОПРЕДЕЛЁННУЮ ДОЛЮ ПРИМЕСЕЙ**

**ПРИМЕР.** Массовая доля примесей в исходном гидроксиде железа (III) Fe(OH)<sub>3</sub> равна 0,05, или 5%. Сколько граммов оксида железа (III) Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> образуется в результате разложения 30 г Fe(OH)<sub>3</sub>?



Порядок действий при решении задачи смотрите в таблице 10.

Таблица 10

№	Порядок действий
1	2
1.	<p>Найти массу чистого <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math>. Массовая доля чистого <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math> составляет <math>100\% - 5\% = 95\%</math>, или 0,95 от массы вещества, которое взяли для реакции.</p> <p>30 г <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math> составляет 100%;  <math>m</math> г чистого <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math> составляет 95%.</p> <p>Тогда <math>\frac{30}{m} = \frac{100}{95}</math>. Отсюда <math>m_{(\text{Fe}(\text{OH})_3)} = \frac{30 \text{ г} \cdot 95\%}{100\%} = 28,5 \text{ г}</math>.</p> <p>Массу <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math> также можно определить по формуле:</p> $W_{(\text{Fe}(\text{OH})_3)} = \frac{m_{\text{чистого}(\text{Fe}(\text{OH})_3)}}{30 \text{ г}},$ <p>отсюда <math>m_{\text{чистого}(\text{Fe}(\text{OH})_3)} = 0,95 \cdot 30 \text{ г} = 28,5 \text{ г}</math>.</p>
2.	<p>Написать уравнение химической реакции.</p> $2\text{Fe}(\text{OH})_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \quad (1)$
3.	<p>Подчеркнуть формулы веществ, для которых есть данные в условии задачи и о которых спрашивают в задаче (действия 3-5 выполнять с уравнением 1).</p> $\underline{2\text{Fe}(\text{OH})_3} = \underline{\text{Fe}_2\text{O}_3} + 3\text{H}_2\text{O}$

1	2												
4.	<p>Написать над формулами веществ данные задачи. Для расчётов используют массу вещества без примесей.</p> $\overset{28,5 \text{ г}}{2\text{Fe}(\text{OH})_3} = \overset{x \text{ г}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} + 3\text{H}_2\text{O}$												
5.	<p>Написать под формулами веществ данные уравнения реакции:</p> <p>а) количество вещества <math>\nu</math> ;          б) относительную молекулярную массу <math>M_r</math> ;          в) молярную массу <math>M</math> ;          г) массу <math>m = \nu \cdot M</math> .</p> $\overset{28,5 \text{ г}}{2\text{Fe}(\text{OH})_3} = \overset{x \text{ г}}{\text{Fe}_2\text{O}_3} + \text{H}_2\text{O}$ <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td><math>\nu</math></td> <td>= 2 моль</td> <td>1 моль</td> </tr> <tr> <td><math>M_r</math></td> <td>= 107</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td><math>M</math></td> <td>= 107 г/моль</td> <td>160 г/моль</td> </tr> <tr> <td><math>m</math></td> <td>= 214 г</td> <td>160 г</td> </tr> </table>	$\nu$	= 2 моль	1 моль	$M_r$	= 107	160	$M$	= 107 г/моль	160 г/моль	$m$	= 214 г	160 г
$\nu$	= 2 моль	1 моль											
$M_r$	= 107	160											
$M$	= 107 г/моль	160 г/моль											
$m$	= 214 г	160 г											
6.	<p>Найти массу вещества <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>, которое образуется в результате реакции. Для этого составить пропорцию и решить её.</p> <p>Из 214 г <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math> образуется 160 г <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>.          Из 28,5 г <math>\text{Fe}(\text{OH})_3</math> образуется <math>x</math> г <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>.</p> <p>Тогда <math>\frac{214}{28,5} = \frac{160}{x}</math>. Отсюда <math>x = \frac{28,5 \cdot 160}{214} = 21,3 \text{ г}</math>.</p>												
7.	<p>Написать и проговорить ответ.  <b>ОТВЕТ:</b> 21,3 г <math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math> образуется в результате реакции.</p>												



**ЛЕКСИКА ТЕМЫ**

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Избыток	surplus, excess	superflu
Полностью	completely	entièrement
Чистый	pure	propre
Примесь (ж.р.)	admixture	addition



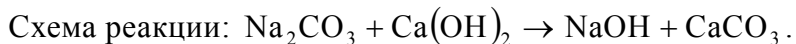
**ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

1. Сколько граммов оксида алюминия  $Al_2O_3$  образуется в результате реакции 18 г алюминия с кислородом  $O_2$ ?



ОТВЕТ: 34 г.

2. Сколько граммов карбоната кальция  $CaCO_3$  образуется в результате реакции 21,2 г карбоната натрия  $Na_2CO_3$  с гидроксидом кальция  $Ca(OH)_2$ ?



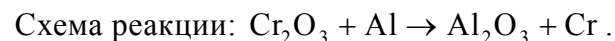
ОТВЕТ: 20 г.

3. Сколько граммов сульфата бария  $BaSO_4$  образуется в результате реакции 80 г сульфата железа (III)  $Fe_2(SO_4)_3$  с нитратом бария  $Ba(NO_3)_2$ ?



ОТВЕТ: 139,8 г.

4. Сколько тонн оксида хрома (III)  $Cr_2O_3$  нужно взять, чтобы получить 26 т хрома?



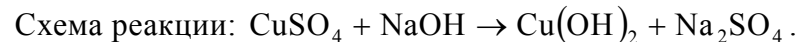
ОТВЕТ: 38 т.

5. Сколько литров кислорода  $O_2$  при н.у. образуется в результате разложения 25 г  $KClO_3$ ?



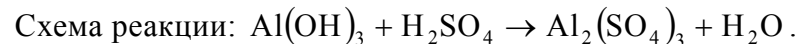
ОТВЕТ: 6,8 л.

6. Сколько граммов сульфата меди (II)  $CuSO_4$  нужно взять для реакции с гидроксидом натрия  $NaOH$ , чтобы получить 49 г гидроксида меди (II)  $Cu(OH)_2$ ?



ОТВЕТ: 80 г.

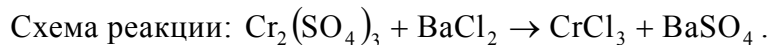
7. Сколько граммов гидроксида алюминия  $Al(OH)_3$  нужно взять для реакции с серной кислотой  $H_2SO_4$ , чтобы получить 60 г сульфата алюминия  $Al_2(SO_4)_3$ ?



ОТВЕТ: 27,4 г.

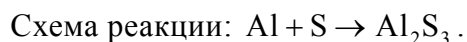
8. Сколько граммов сульфата хрома (III)  $Cr_2(SO_4)_3$  нужно

взять для реакции с хлоридом бария  $\text{BaCl}_2$ , чтобы получить 30 т сульфата бария  $\text{BaSO}_4$ ?



*ОТВЕТ:* 16,8 г.

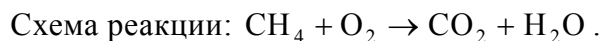
9. Сколько граммов алюминия и серы нужно взять, чтобы получить 25 г сульфида алюминия  $\text{Al}_2\text{S}_3$ ?



*ОТВЕТ:* 9 г; 16 г.

10. В результате реакции метана  $\text{CH}_4$  с кислородом  $\text{O}_2$  (при н.у.) образовалось 50 л оксида углерода (IV)  $\text{CO}_2$

Сколько литров кислорода вступило в реакцию?



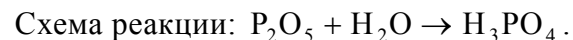
*ОТВЕТ:* 100 л.

11. Сколько граммов сульфата меди (II)  $\text{CuSO}_4$  образуется в результате реакции 19 г оксида меди (II)  $\text{CuO}$  и 20 г серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ? Какое вещество взяли в избытке?



*ОТВЕТ:*  $\text{CuO}$  в избытке; 32,6 г  $\text{CuSO}_4$ .

12. Сколько граммов фосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$  образуется в результате реакции 100 г оксида фосфора (V)  $\text{P}_2\text{O}_5$  и 100 г воды? Какое вещество взяли в избытке?



*ОТВЕТ:*  $\text{H}_2\text{O}$  в избытке; 128,9 г  $\text{H}_3\text{PO}_4$ .

13. Сколько граммов хлорида алюминия  $\text{AlCl}_3$  образуется в результате реакции 15 г алюминия и 40 г хлора  $\text{Cl}_2$ ? Какое вещество взяли в избытке?



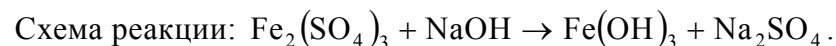
*ОТВЕТ:*  $\text{Al}$  в избытке; 50,1 г  $\text{AlCl}_3$ .

14. Сколько граммов меди образуется в результате реакции 20 г алюминия и 100 г сульфата меди (II)  $\text{CuSO}_4$ ? Какое вещество взяли в избытке?



*ОТВЕТ:*  $\text{Al}$  в избытке; 40 г  $\text{Cu}$ .

15. Сколько граммов гидроксида железа (III)  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  образуется в результате реакции 80 г сульфата железа (III)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  и 60 г гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ ? Какое вещество взяли в избытке?



*ОТВЕТ:*  $\text{NaOH}$  в избытке; 42,8 г  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .

16. Сколько литров водорода  $\text{H}_2$  (при н.у.) образуется в результате реакции 260 г цинка и 350 г соляной кислоты  $\text{HCl}$ ? Какое вещество взяли в избытке?



Схема реакции:  $\text{Zn} + \text{HCl} \rightarrow \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$ .

*ОТВЕТ:* HCl в избытке; 89,6 л  $\text{H}_2$ .

17. Массовая доля примесей в силикате натрия  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  равна 0,25 (25%). Сколько кремниевой кислоты  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  образуется в результате реакции 50 г силиката натрия  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  с соляной кислотой HCl?

Схема реакции:  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{SiO}_3$ .

*ОТВЕТ:* 24 г.

18. Массовая доля примесей в гидроксиде натрия NaOH равна 0,05 (5%). Сколько фосфата натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  образуется в результате реакции 40 г гидроксида натрия NaOH с оксидом фосфора (V)  $\text{P}_2\text{O}_5$ ?

Схема реакции:  $\text{NaOH} + \text{P}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ .

*ОТВЕТ:* 51,9 г.

19. Массовая доля примесей в фосфате кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  равна 0,3 (30%). Сколько фосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$  образуется в результате реакции серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с 500 кг фосфата кальция  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ?

Схема реакции:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CaSO}_4 + \text{H}_3\text{PO}_4$ .

*ОТВЕТ:* 221 кг.

20. Массовая доля примесей в оксиде хрома (III)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  равна 0,24 (24%). Сколько хрома образуется в результате

реакции алюминия с 50 кг оксида хрома (III)  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ?

Схема реакции:  $\text{Al} + \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}$ .

*ОТВЕТ:* 26 кг.

21. Массовая доля примесей в алюминии равна 0,2 (20%). Сколько литров водорода  $\text{H}_2$  (при н.у.) образуется в результате реакции 30 г алюминия с серной кислотой  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ?

Схема реакции:  $\text{Al} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2$ .

*ОТВЕТ:* 29,9 л.

# 17. РАСТВОРЫ

ТЕОРИЯ РАСТВОРОВ

Кривая растворимости  
Концентрация  
Массовая доля  
W(КОН) = 0,3  
гидраты  
СОЛЬВАТЫ  
ГИДРАТАЦИЯ

Мерная посуда  
Фактор  
растворимость  
состав раствора

ГОМОГЕННАЯ СИСТЕМА

## 17.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

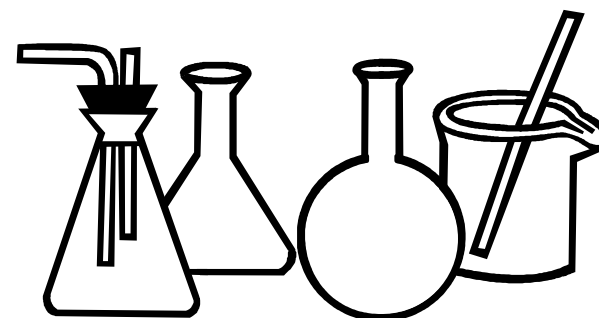


Рисунок 3 – Химическая посуда

**Раствор** – это гомогенная система, которая состоит из двух или более компонентов.

В растворе различают *растворитель* и *растворённое вещество*.

Если один из компонентов раствора до растворения – жидкость, а другой – газ или твёрдое вещество, то растворителем обычно считают жидкость. Если оба компонента находятся в одинаковом агрегатном состоянии, то растворителем считают компонент, которого в растворе больше.

В зависимости от агрегатного состояния растворы бывают *жидкие* (морская вода, растворы солей), *твёрдые* (металлические сплавы), *газообразные* (воздух, смеси газов).

Растворы имеют важное значение в природе и технике. Большое практическое значение имеют растворы, в которых растворителем является вода. Такие растворы называются *водными*.

Вещества имеют разную *растворимость*.

**Растворимость** – это способность вещества растворяться в воде или другом растворителе.

Вещества в зависимости от растворимости делят на три группы:

- 1) *растворимые (р)*;
- 2) *малорастворимые (м)*;
- 3) *нерастворимые (н)*.

Количественно растворимость выражают *коэффициентом растворимости*.

**Коэффициент растворимости** – это максимальное число граммов вещества, которое может при данной температуре раствориться в 100 граммах растворителя.

Например, в 100 г воды при 20°C растворяется 36 г поваренной соли NaCl. Следовательно, 36 г – это коэффициент растворимости соли при 20°C.

Различают *насыщенные, ненасыщенные и пересыщенные* растворы.

**Насыщенный раствор** – это раствор, в котором растворённое вещество при данных условиях больше не растворяется.

**Ненасыщенный раствор** – это раствор, в котором растворённое вещество при данных условиях ещё может растворяться.

Растворимость зависит от *природы вещества*. Например, сахар и поваренная соль NaCl растворяются в воде, а мел и железо – нет.

Растворимость зависит от *природы растворителя*. Например, иод не растворяется в воде, но растворяется в этиловом спирте.

Растворимость зависит от *температуры*. При повышении температуры растворимость большинства твердых и жидких веществ увеличивается. Растворимость газов в отличие от твердых и жидких веществ при увеличении температуры уменьшается.

Растворимость газов зависит не только от температуры, но и от *давления*: при повышении давления растворимость газов увеличивается, а при понижении – уменьшается. Растворимость твёрдых и жидких веществ практически не зависит от давления.

**Следовательно, растворимость зависит от таких факторов:**

- природы растворяемого вещества;
- природы растворителя;
- температуры;
- давления (для газов).

Зависимость растворимости вещества от температуры часто изображают в виде графика. Этот график называется *кривой растворимости* (рис. 1 и 2). По графику растворимости можно определить растворимость вещества при заданной температуре.

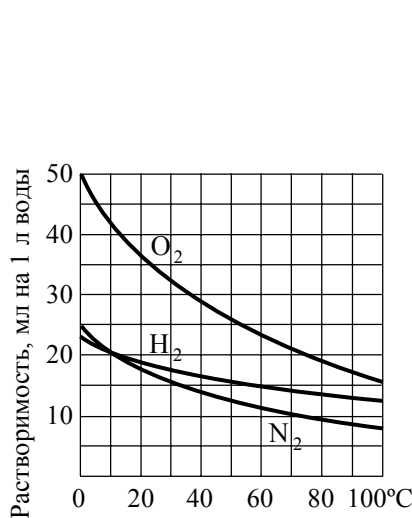


Рисунок 4 – Кривые растворимости газов

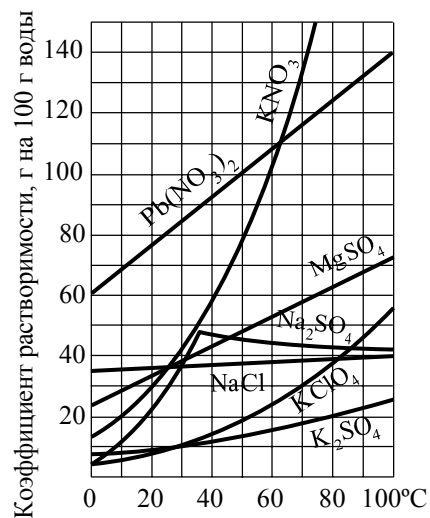


Рисунок 5 – Кривые растворимости твёрдых веществ

До 1887 года существовала **физическая теория растворов**. Согласно этой теории растворение – это чисто физический процесс, то есть смешивание вещества с растворителем. Физическая теория отрицала химическое взаимодействие растворённого вещества с растворителем.



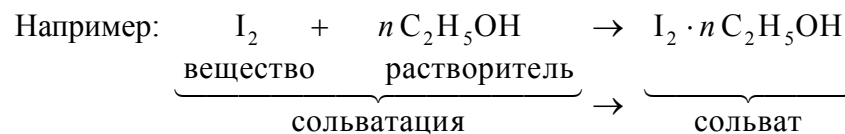
В 1887 году русский учёный Д.И. Менделеев предложил **химическую (гидратную) теорию растворов**. Согласно этой теории при растворении происходят такие основные процессы:

1. Взаимодействие растворённого вещества с растворителем (**сольватация**). Это химический процесс. В результате сольватации образуются **сольваты**.

Следовательно:

**Сольватация** – это взаимодействие растворённого вещества с растворителем.

**Сольваты** – это продукты взаимодействия растворённого вещества с растворителем.



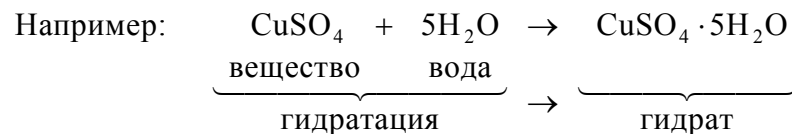
где  $n$  – число молекул растворителя.

2. Разрушение структуры растворяемого вещества. Это физический процесс.

Если растворителем является вода, то взаимодействие растворённого вещества с водой называется **гидратацией**. В результате гидратации образуются **гидраты**.

**Гидратация** – это взаимодействие растворённого вещества с водой.

**Гидраты** – это продукты взаимодействия растворённого вещества с водой.

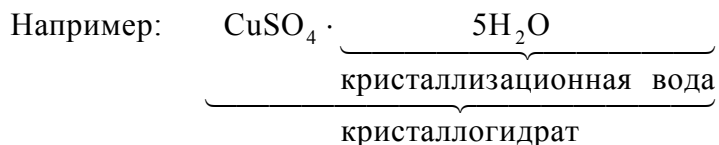


Некоторые вещества образуют **твёрдые гидраты** (**кристаллогидраты**).

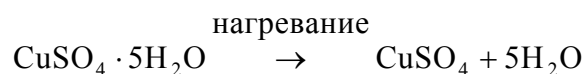
Например,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (купрум-эс-о-четыре на пять-аш-два-о),  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  – это кристаллогидраты.

**Кристаллогидраты** – это твёрдые вещества, которые содержат определённое число молекул воды.

Вода, которая входит в состав кристаллогидрата, называется **кристаллизационной** воды.



При определённых условиях кристаллогидраты могут терять кристаллизационную воду. Например, при нагревании кристаллогидрат  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (вещество синего цвета) теряет кристаллизационную воду и превращается в сульфат меди (II)  $\text{CuSO}_4$  (вещество белого цвета):



**ЛЕКСИКА ТЕМЫ**

Русский	Английский	Французский
1	2	3
Водный	aqueous, hydrous	d'eau

1	2	3
Гидрат	hydrate	hydrate
Гидратация	hydration	hydratation
Гомогенный	homogeneous	homogène
Диффузия	diffusion	diffusion
Количественно	quantitatively	quantitativement
Компонент	component	composant
Кривая (растворимости)	solubility curve	courbe (de la dissolubilité)
Кристаллизационная вода	water of crystallization	eau de cristallisation
Кристаллогидрат	crystallohydrate	hydrate cristallisé
Нагревание	heating	chauffe
Нагревать	to heat	chauffer
Насыщенный раствор	saturated solution	solution chargée
Ненасыщенный раствор	unsaturated solution	solution non chargée
Пересыщенный раствор	supersaturated solution	solution surchargée
Повышать	to raise	augmenter
Повышение	increasing	augmentation
Повышение растворимости	increase of solubility	augmentation de la dissolubilité
Понижать, понизить	to lower	baisser
Понижение	lowering	baisse
Разрушать	to destroy	détruire
Разрушение	destruction	destruction

1	2	3
Раствор	solution	solution
Растворённое вещество	solute	substance diluée
Растворённый	dissolved	dilué
Растворимость (ж.р.)	solubility	dissolubilité
Растворимый	soluble	soluble
Растворитель	solvent	dissolvant
Растворять	to dissolve	dissoudre
Смесь	mixture, blend	mélange
Смешать	to mix	mélanger
Смешивание	mixing	fusion
Современный	modern	moderne
Сольват	solvate	solvate
Сольватация	solvation	solvatation
Сплав	alloy	alliage



**ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИЮ**

1. **Что (В.п.)** считают **чем (Т.п.)**

Жидкость обычно считают растворителем.

2. В зависимости от **чего (Р.п.)** = по **чему (Д.п.)**

В зависимости от растворимости (по растворимости) вещества делят на растворимые, малорастворимые и нерастворимые.

3. **Что (В.п.)** выражается **чем (Т.п.)**

Растворимость выражается коэффициентом растворимости.

4. **Что (В.п.)** изображают в виде **чего (Р.п.)**

Зависимость растворимости вещества от температуры изображают в виде графика.

5. При+ **(П.п.)**  $\left\{ \begin{array}{l} \text{повышении} \\ \text{увеличении} \end{array} \right.$  **чего (Р.п.)** **что (И.п.)**  $\left\{ \begin{array}{l} \text{увеличивается} \\ \text{уменьшается} \end{array} \right.$

При повышении давления растворимость газов увеличивается.

При увеличении температуры растворимость большинства твердых и жидких веществ увеличивается.

6. В результате **чего (Р.п.)** образуется **что (И.п.)**

В результате гидратации образуется гидрат.

7. **Что (И.п.)** превращается во **что (В.п.)**

Вещество синего цвета превращается в вещество белого цвета.



## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы. При ответах используйте грамматическую конструкцию:

что (И.п.) – это что (И.п.)

**Что такое:** 1) раствор; 2) растворимость; 3) коэффициент растворимости; 4) насыщенный раствор; 5) ненасыщенный раствор; 6) кривая растворимости; 7) сольватация; 8) сольваты; 9) гидратация; 10) гидраты; 11) кристаллогидраты; 12) кристаллизационная вода?

**ЗАДАНИЕ 2.** Ответьте на вопросы. При ответах используйте грамматическую конструкцию:

чем (Т.п.) называется что (И.п.)

**Что называется:** 1) раствором; 2) растворимостью; 3) коэффициентом растворимости; 4) насыщенным раствором; 5) ненасыщенным раствором; 6) кривой растворимости; 7) сольватацией; 8) сольватом; 9) гидратацией; 10) гидратом; 11) кристаллогидратом; 12) кристаллизационной водой?

**ЗАДАНИЕ 3.** Ответьте на вопросы.

1. Какие бывают растворы в зависимости от агрегатного состояния?
2. На какие группы делят вещества по растворимости?
3. От чего зависит растворимость веществ?

## 17.2. СПОСОБЫ ВЫРАЖЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА РАСТВОРА

Раствор состоит из растворителя и растворённого вещества. На практике важно знать состав раствора.

Состав раствора можно выразить качественно и количественно.

Для качественной характеристики состава раствора используют термины *концентрированный раствор* и *разбавленный раствор*.

**Концентрированный раствор** – это раствор, в котором содержится много растворённого вещества.

**Разбавленный раствор** – это раствор, в котором содержится мало растворённого вещества.

Существуют различные способы выражения количественного состава раствора. Количественный состав раствора выражают при помощи специальных величин: *безразмерных* (например, массовая доля растворённого вещества) и *размерных* (например, молярная концентрация).

## 17.3. МАССОВАЯ ДОЛЯ РАСТВОРЁННОГО ВЕЩЕСТВА

**Массовая доля растворённого вещества**  
 $(W_{(в-ва)})$  это отношение массы растворённого вещества к массе раствора.

$$W_{(в-ва)} = \frac{m_{(в-ва)}}{m_{(р-ра)}}$$

где  $m_{(в-ва)}$  – масса растворённого вещества;

$m_{(р-ра)}$  – масса раствора.

Массовая доля выражается в долях единицы

$$(W_{(в-ва)} = \frac{m_{(в-ва)}}{m_{(р-ра)}}),$$

или в процентах  $W_{(в-ва)} = \frac{m_{(в-ва)}}{m_{(р-ра)}} \cdot 100\%$ .

Выражение содержания растворённого вещества в процентах широко используется в медицине и технике. Например, в медицине применяется раствор иода с массовой долей иода  $I_2$  0,05 или 5%. Это значит, что масса иода составляет 0,05, или 5% от общей массы раствора. Такой раствор называют пятипроцентным.



### ЛЕКСИКА ТЕМЫ

Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
Концентрация	concentration	concentration
Концентрированный раствор	concentrated solution	solution concentrée
Мерная колба	measuring flask	matras à mesurer
Прибавлять	to add	ajouter
Приготовление	preparation	préparation

1	2	3
Приготавливать	to prepare	préparer
Разбавление (чего чем)	dilution	dilution
Разбавленный раствор	diluted solution	solution diluée
Разбавлять	to dilute	diluer



### ЗАПОМНИТЕ КОНСТРУКЦИИ

1. **Что (В.п.)** можно выразить как

Состав раствора можно выразить качественно и количественно.

2. **Для чего (Р.п.)** используют **что (В.п.)**  
используется

Для характеристики состава раствора используются термины концентрированный раствор и разбавленный раствор.

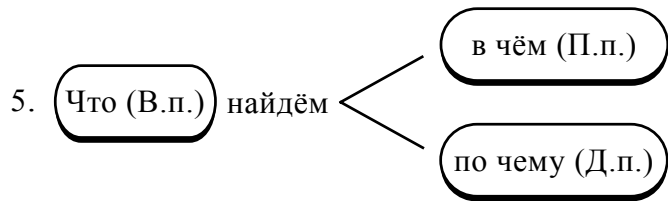
3. **Что (И.п.)** составляет столько процентов от **чего (Р.п.)**

Масса растворённого вещества составляет 30% от общей массы раствора.

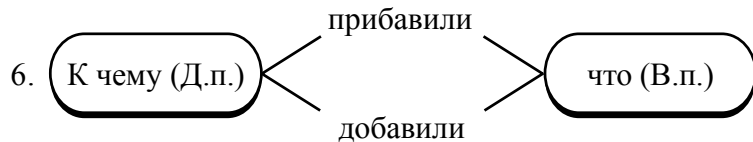
4. **Что (В.п.)** определяем по **чему (Д.п.)**

Массовую долю соли определяем по формуле.

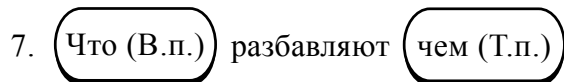




Найдём массу вещества в новом растворе. Массовую долю растворённого вещества найдём по формуле.



К раствору гидроксида натрия NaOH прибавили воду. К воде массой 280 г добавили концентрированный раствор серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.



Спирт разбавляют водой.

### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

**ПРИМЕР 1.** В 600 г раствора содержится 24 г соли. Определить массовую долю соли.

Дано:  
 $m(\text{соли}) = 24 \text{ г}$   
 $m(p - \text{ра}) = 600 \text{ г}$   
 $W(\text{соли}) = ?$

РЕШЕНИЕ  
 Массовую долю соли определим по формуле

$$W(\text{соли}) = \frac{m(\text{соли})}{m(p - \text{ра})}$$

$$W(\text{соли}) = \frac{24}{600} = 0,04, \text{ или } 4\% .$$

ОТВЕТ: массовая доля соли 0,04 (4%).

**ПРИМЕР 2.** 20 г соли растворили в 380 г воды. Определить массовую долю соли.

Дано:  
 $m(\text{соли}) = 20 \text{ г}$   
 $m(\text{H}_2\text{O}) = 380 \text{ г}$   
 $W(\text{соли}) = ?$

РЕШЕНИЕ  
 Первый метод  
 Задачу решаем по формуле

$$W(\text{соли}) = \frac{m(\text{соли})}{m(p - \text{ра})} \quad (1)$$

1) Найдём массу раствора:

$$m(p - \text{ра}) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{соли});$$

$$m(p - \text{ра}) = 380 + 20 = 400 \text{ г}.$$

2) Подставим значения массы раствора и массы соли в формулу (1):

$$W(\text{соли}) = \frac{20}{400} = 0,05, \text{ или } 5\% .$$

ОТВЕТ: массовая доля соли 0,05 (5%).

Второй метод

Найдём массовую долю соли по формуле

$$W(\text{соли}) = \frac{m(\text{соли})}{m(p - \text{ра})}$$

Поскольку  $m(p - pa) = m(H_2O) + m(\text{соли})$ , то

$$W(\text{соли}) = \frac{m(\text{соли})}{m(\text{соли}) + m(H_2O)};$$

$$W(\text{соли}) = \frac{20}{20 + 380} = \frac{20}{400} = 0,05, \text{ или } 5\%.$$

ОТВЕТ: массовая доля соли 0,05 (5%).

**ПРИМЕР 3.** Сколько граммов сахара содержится в 500 г раствора, если массовая доля сахара 0,15 (15%)?

Дано:  
 $m(p - pa) = 500 \text{ г}$   
 $W(\text{сахара}) = 0,15$   
 $m(\text{сахара}) = ?$

РЕШЕНИЕ

Определим массу сахара из формулы

$$W(\text{сахара}) = \frac{m(\text{сахара})}{m(p - pa)}.$$

Откуда  $m(\text{сахара}) = W(\text{сахара}) \cdot m(p - pa)$ .

Тогда  $m(\text{сахара}) = 0,15 \cdot 500 = 75 \text{ г}$ .

ОТВЕТ: в растворе содержится 75 г сахара.

**ПРИМЕР 4.** Сколько граммов гидроксида калия КОН содержится в 500 мл раствора с массовой долей растворённого вещества 0,26 (26%)? Плотность раствора 1,25 г/мл.

Дано:  
 $V(p - pa) = 500 \text{ мл}$

РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

$W(\text{КОН}) = 0,26$

$\rho(p - pa) = 1,25 \text{ г/мл}$

$m(\text{КОН}) = ?$

При решении задачи используем формулу

$$W(\text{КОН}) = \frac{m(\text{КОН})}{m(p - pa)}. \quad (1)$$

Найдем массу раствора:

$$m(p - pa) = \rho(p - pa) \cdot V(p - pa);$$

$$m(p - pa) = 1,25 \cdot 500 = 625 \text{ г}.$$

Вычислим массу КОН из формулы (1):

$$m(\text{КОН}) = W(\text{КОН}) \cdot m(p - pa);$$

$$m(\text{КОН}) = 0,26 \cdot 625 = 162,5 \text{ г}.$$

ОТВЕТ: в растворе содержится 162,5 г КОН.

*Второй метод*

Массу КОН вычислим из формулы

$$W(\text{КОН}) = \frac{m(\text{КОН})}{m(p - pa)}, \quad m(\text{КОН}) = W(\text{КОН}) \cdot m(p - pa),$$

но  $m(p - pa) = \rho(p - pa) \cdot V(p - pa)$ .

Тогда  $m(\text{КОН}) = W(\text{КОН}) \cdot \rho(p - pa) \cdot V(p - pa)$ ;

$$m(\text{КОН}) = 0,26 \cdot 1,25 \cdot 500 = 162,5 \text{ г}.$$

ОТВЕТ: в растворе содержится 162,5 г КОН.

**ПРИМЕР 5.** Сколько граммов воды и сахара нужно для

приготовления 800 г раствора с массовой долей сахара 0,35 (35%)?

Дано:  
 $m(\text{раствора}) = 800$   
 $W(\text{сахара}) = 0,35$   
 $m(\text{H}_2\text{O}) = ?$   
 $m(\text{сахара}) = ?$

РЕШЕНИЕ

1) Найдем массу сахара из формулы

$$W(\text{сахара}) = \frac{m(\text{сахара})}{m(p - pa)}$$

$$m(\text{сахара}) = W(\text{сахара}) \cdot m(p - pa)$$

$$m(\text{сахара}) = 0,35 \cdot 800 = 280 \text{ г.}$$

2) Определим массу воды:

$$m(p - pa) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{сахара}).$$

$$\text{Откуда } m(\text{H}_2\text{O}) = m(p - pa) - m(\text{сахара}).$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 800 - 280 = 520 \text{ г.}$$

*ОТВЕТ:* для приготовления раствора нужно 280 г сахара и 520 г воды.

**ПРИМЕР 6.** Сколько граммов раствора гидроксида натрия NaOH с массовой долей растворённого вещества 0,2 (20%) можно получить из 50 г NaOH ?

Дано:  
 $W(\text{NaOH}) = 0,2$   
 $m(\text{NaOH}) = 50 \text{ г}$   
 $m(p - pa) = ?$

РЕШЕНИЕ

Массу раствора найдем из формулы

$$W(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(p - pa)}$$

$$\text{Откуда } m(p - pa) = \frac{m(\text{NaOH})}{W(\text{NaOH})}; \quad m(p - pa) = \frac{50}{0,2} = 250 \text{ г.}$$

*ОТВЕТ:* 250 г раствора можно получить из 50 г NaOH .

**ПРИМЕР 7.** Сколько граммов сахара нужно растворить в 200 г воды, чтобы получить раствор с массовой долей сахара 0,2 (20%)?

Дано:  
 $m(\text{H}_2\text{O}) = 200 \text{ г}$   
 $W(\text{сахара}) = 0,2$   
 $m(\text{сахара}) = ?$

РЕШЕНИЕ

Найдем массу сахара из формулы

$$W(\text{сахара}) = \frac{m(\text{сахара})}{m(p - pa)} \quad (1)$$

Поскольку  $m(p - pa) = m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{сахара})$ , то формула для вычисления массовой доли будет иметь вид:

$$W(\text{сахара}) = \frac{m(\text{сахара})}{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{сахара})}$$

Подставляем данные задачи в формулу (1):

$$0,2 = \frac{m(\text{сахара})}{200 + m(\text{сахара})}. \quad \text{Отсюда } m(\text{сахара}) = 50 \text{ г.}$$

*ОТВЕТ:* 50 г сахара нужно растворить в 200 г воды.

**ПРИМЕР 8.** К 400 г раствора гидроксида натрия NaOH с массовой долей NaOH 0,35 (35%) прибавили 100 г воды. Найти массовую долю растворённого вещества в новом растворе.

Дано:  
 $m_1(p - pa) = 400$  г  
 $W_1(\text{NaOH}) = 0,35$   
 $m(\text{H}_2\text{O}) = 100$  г  
 $W_2(\text{NaOH}) = ?$

РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

Формула для вычисления массовой доли NaOH в новом растворе имеет вид:

$$W_2(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{нового } p - pa)}. \quad (1)$$

1) Найдем массу NaOH в растворе с массовой долей вещества 0,35.

$$W_1(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m_1(p - pa)}$$

Откуда  $m(\text{NaOH}) = W_1(\text{NaOH}) \cdot m_1(p - pa)$ ;

$$m(\text{NaOH}) = 0,35 \cdot 400 = 140 \text{ г.}$$

Определим массу нового раствора:

$$m(\text{нового } p - pa) = m_1(p - pa) + m(\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{нового } p - pa) = 400 + 100 = 500 \text{ г.}$$

2) Вычислим массовую долю NaOH в новом растворе по формуле (1):

$$W_2(\text{NaOH}) = \frac{140}{500} = 0,28, \text{ или } 28\%.$$

ОТВЕТ: массовая доля NaOH в новом растворе 0,28, или 28%.

*Второй метод*

Массовая доля растворённого вещества в новом растворе

$$W_2(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{нового } p - pa)}.$$

Поскольку  $m(\text{NaOH}) = W_1(\text{NaOH}) \cdot m_1(p - pa)$ , а  $m(\text{нового } p - pa) = m_1(p - pa) + m(\text{H}_2\text{O})$ , то

$$W_2(\text{NaOH}) = \frac{W_1 \cdot m_1(p - pa)}{m_1(p - pa) + m(\text{H}_2\text{O})};$$

$$W_2(\text{NaOH}) = \frac{0,35 \cdot 400}{400 + 100} = 0,28, \text{ или } 28\%.$$

ОТВЕТ: массовая доля NaOH в новом растворе 0,28, или 28%.

**ПРИМЕР 9.** К 600 г раствора серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с массовой долей растворённого вещества 0,4 (40%) прибавили 400 мл воды. Найти массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в новом растворе.

Дано:  
 $m_1(p - pa) = 600$  г  
 $W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,4$   
 $V(\text{H}_2\text{O}) = 400$  мл  
 $W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = ?$

РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

Формула для вычисления массовой доли  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в новом растворе

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{нового } p - pa)}. \quad (1)$$

1) Найдем массу воды по формуле  $m = V \cdot \rho$ . Плотность воды 1 г/мл, тогда  $m(\text{H}_2\text{O}) = 400 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 400 \text{ г}$ .

2) Определим массу нового раствора:

$$m(\text{нового } p - pa) = m_1(p - pa) + m(\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{нового } p - pa) = 600 + 400 = 1000 \text{ г.}$$

3) Рассчитаем массу растворённого вещества  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе с массовой долей 0,4:

$$W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_1(p - pa)},$$

$$\text{отсюда } m(\text{H}_2\text{SO}_4) = W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(p - pa);$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,4 \cdot 600 = 240 \text{ г.}$$

4) Вычислим массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в новом растворе по формуле (1):

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{240}{1000} = 0,24, \text{ или } 24\%.$$

ОТВЕТ: массовая доля  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в новом растворе 0,24, или 24%.

*Второй метод*

Найдем массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в новом растворе по

$$\text{формуле } W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{нового } p - pa)}, \text{ где}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(p - pa),$$

$$m(\text{нового } p - pa) = m_1(p - pa) + m(\text{H}_2\text{O}).$$

$$\text{Тогда } W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(p - pa)}{m_1(p - pa) + m(\text{H}_2\text{O})} =$$

$$= \frac{W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(p - pa)}{m_1(p - pa) + V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O})}.$$

Подставим числовые значения в формулу. Плотность воды 1 г/мл.

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,4 \cdot 600}{600 + 400 \cdot 1} = \frac{240}{1000} = 0,24, \text{ или } 24\%.$$

ОТВЕТ: массовая доля  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в новом растворе 0,24, или 24%.

**ПРИМЕР 10.** К 600 мл раствора серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с массовой долей растворённого вещества 0,5 (50%) и плотностью раствора 1,4 г/мл прибавили 1160 мл воды. Найти массовую долю растворённого вещества в новом растворе.

Дано:

$$V_1(p - pa) = 600 \text{ мл}$$

$$W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5$$

$$\rho(p - pa) = 1,4 \text{ г/мл}$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = 1160 \text{ мл}$$

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = ?$$

РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

Формула для вычисления массовой доли  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в новом растворе

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{нового } p - pa)}. \quad (1)$$

1) Найдем массу раствора с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5 по формуле  $m = V \cdot \rho$ .

$$m_1(p - pa) = 600 \cdot 1,4 = 840 \text{ г.}$$

2) Определим массу воды:  $m(\text{H}_2\text{O}) = V \cdot \rho$ .

Плотность воды 1 г/мл, поэтому

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1160 \text{ мл} \cdot 1 \text{ г/мл} = 1160 \text{ г}.$$

3) Рассчитаем массу нового раствора:

$$m(\text{нового р-ра}) = m_1(\text{р-ра}) + m(\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{нового р-ра}) = 840 + 1160 = 2000 \text{ г}.$$

4) Вычислим массу  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе с массовой долей вещества 0,5 из формулы

$$W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_1(\text{р-ра})};$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(\text{р-ра});$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \cdot 840 = 420 \text{ г}.$$

5) Найдем массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в новом растворе по формуле (1):

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{420}{2000} = 0,21; \text{ или } 21\%.$$

ОТВЕТ: массовая доля  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в новом растворе 0,21, или 21%.

*Второй метод*

Найдем массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в новом растворе по формуле  $W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m(\text{нового р-ра})}$ , где

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(\text{р-ра}),$$

$$m_1(\text{р-ра}) = \rho(\text{р-ра}) \cdot V_1(\text{р-ра}),$$

$$m(\text{нового р-ра}) = m_1(\text{р-ра}) + m(\text{H}_2\text{O}),$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = \rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{H}_2\text{O}).$$

Тогда

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho(\text{р-ра}) \cdot V_1(\text{р-ра})}{\rho(\text{р-ра}) \cdot V_1(\text{р-ра}) + \rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{H}_2\text{O})}.$$

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,5 \cdot 1,4 \cdot 600}{1,4 \cdot 600 + 1 \cdot 1160} = 0,21, \text{ или } 21\%.$$

ОТВЕТ: массовая доля  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в новом растворе 0,21, или 21%.

**ПРИМЕР 11.** Сколько граммов воды нужно прибавить к 500 г раствора серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с массовой долей растворённого вещества 0,6 (60%), чтобы получить раствор с массовой долей растворённого вещества 0,25 (25%)?

Дано:

$$m_1(\text{р-ра}) = 500 \text{ г}$$

$$W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,6$$

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,25$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = ?$$

РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

1) Найдем массу  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе с массовой долей растворённого вещества 0,6:

$$W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_1(\text{р-ра})},$$

откуда  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(\text{р-ра}),$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,6 \cdot 500 = 300 \text{ г.}$$

2) Вычислим массу раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,25 (25%):

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_2(p - pa)}; \quad m_2(p - pa) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{W_2(\text{H}_2\text{SO}_4)},$$

где  $m_2(p - pa)$  – масса нового раствора.

$$\text{Тогда} \quad m_2(p - pa) = \frac{300}{0,25} = 1200 \text{ г.}$$

3) Определим массу воды, которую нужно прибавить к раствору:

$$m_2(p - pa) = m_1(p - pa) + m(\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_2(p - pa) - m_1(p - pa);$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1200 - 500 = 700 \text{ г.}$$

ОТВЕТ: нужно прибавить 700 г воды.

*Второй метод*

Массовая доля  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе после прибавления

воды  $W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_2(p - pa)}$ , где

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(p - pa),$$

$$m_2(p - pa) = m_1(p - pa) + m(\text{H}_2\text{O}).$$

$$\text{Тогда} \quad W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{W_1 \cdot m_1(p - pa)}{m_1(p - pa) + m(\text{H}_2\text{O})}.$$

$$\text{Подставим значения в формулу: } 0,25 = \frac{0,6 \cdot 500}{500 + m(\text{H}_2\text{O})}.$$

$$\text{Отсюда} \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 700 \text{ г.}$$

Ответ: нужно прибавить 700 г воды.

**ПРИМЕР 12.** Сколько граммов воды нужно прибавить к 800 мл раствора серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с массовой долей растворённого вещества 0,6 (60%) и плотностью раствора 1,5 г/мл, чтобы получить раствор с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,4 (40%)?

Дано:

$$V_1(p - pa) = 800 \text{ мл}$$

$$W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,6$$

$$\rho(p - pa) = 1,5 \text{ г/мл}$$

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,4$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = ?$$

РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

1) Найдем массу раствора с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,6:

$$m = V \cdot \rho; \quad m_1(p - pa) = 800 \cdot 1,5 = 1200 \text{ г.}$$

2) Вычислим массу  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе с массовой долей растворённого вещества 0,6:

$$W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_1(p - pa)},$$

отсюда  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(p - pa)$ .

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,6 \cdot 1200 = 720 \text{ г.}$$

3) Вычислим массу раствора с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,4, то есть массу нового раствора:

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_2(p - pa)};$$

$$m_2(p - pa) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{W_2(\text{H}_2\text{SO}_4)};$$

$$m_2(p - pa) = \frac{720}{0,4} = 1800 \text{ г.}$$

4) Определим массу воды, которую нужно прибавить к раствору:

$$m_2(p - pa) = m_1(p - pa) + m(\text{H}_2\text{O});$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m_2(p - pa) - m_1(p - pa);$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1800 - 1200 = 600 \text{ г.}$$

ОТВЕТ: нужно прибавить 600 г воды.

*Второй метод*

Формула для массовой доли  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в новом растворе

имеет вид:  $W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{H}_2\text{SO}_4)}{m_2(p - pa)}$ , где  $m_2(p - pa)$  – масса

нового раствора;

$$m_2(p - pa) = m_1(p - pa) + m(\text{H}_2\text{O}).$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot m_1(p - pa),$$

но  $m_1(p - pa) = \rho(p - pa) \cdot V_1(p - pa),$

тогда  $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = W_1(\text{H}_2\text{SO}_4) \cdot \rho(p - pa) \cdot V_1(p - pa).$

Следовательно,

$$W_2(\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{W_1 \cdot \rho(p - pa) \cdot V_1(p - pa)}{\rho(p - pa) \cdot V_1(p - pa) + m(\text{H}_2\text{O})}.$$

Подставим значения в формулу:

$$0,4 = \frac{0,6 \cdot 1,5 \cdot 800}{1,5 \cdot 800 + m(\text{H}_2\text{O})}, \quad \text{откуда} \quad m(\text{H}_2\text{O}) = 600 \text{ г.}$$

ОТВЕТ: нужно прибавить 600 г воды.

**ПРИМЕР 13.** К 750 г раствора гидроксида натрия NaOH с массовой долей растворённого вещества 0,3 (30%) прибавили 1250 г раствора гидроксида натрия NaOH с массовой долей растворённого вещества 0,5 (50%). Найти массовую долю NaOH в новом растворе.

Дано:

$$m_1(p - pa) = 750 \text{ г}$$

$$W_1(\text{NaOH}) = 0,3$$

$$m_2(p - pa) = 1250 \text{ г}$$

$$W_2(\text{NaOH}) = 0,5$$

$$W_3(\text{NaOH}) = ?$$

РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

1) Найдем массу нового раствора:

$$m(\text{нового } p - pa) = m_1(p - pa) + m_2(p - pa);$$



$$m(\text{нового } p - pa) = 750 + 1250 = 2000 \text{ г.}$$

- 2) Определим массу NaOH в растворе с массовой долей растворённого вещества 0,3 из формулы

$$W_1(\text{NaOH}) = \frac{m_1(\text{NaOH})}{m_1(p - pa)};$$

$$m_1(\text{NaOH}) = W_1(\text{NaOH}) \cdot m_1(p - pa);$$

$$m_1(\text{NaOH}) = 0,3 \cdot 750 = 225 \text{ г.}$$

- 3) Рассчитаем массу NaOH в растворе с массовой долей растворённого вещества 0,5 из формулы

$$W_2(\text{NaOH}) = \frac{m_2(\text{NaOH})}{m_2(p - pa)};$$

$$m_2(\text{NaOH}) = W_2(\text{NaOH}) \cdot m_2(p - pa);$$

$$m_2(\text{NaOH}) = 0,5 \cdot 1250 = 625 \text{ г.}$$

- 4) Вычислим общую массу NaOH в новом растворе:

$$m(\text{NaOH}) = m_1(\text{NaOH}) + m_2(\text{NaOH});$$

$$m(\text{NaOH}) = 225 + 625 = 850 \text{ г.}$$

- 5) Найдем массовую долю NaOH в новом растворе:

$$W_3(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m(\text{нового } p - pa)};$$

$$W_3(\text{NaOH}) = \frac{850}{2000} = 0,425, \text{ или } 42,5\%.$$

ОТВЕТ: массовая доля NaOH в новом растворе 0,425, или 42,5%.

*Второй метод*

Решаем задачу по преобразованной формуле

$$W_3(\text{NaOH}) = \frac{m_1(p - pa) \cdot W_1 + m_2(p - pa) \cdot W_2}{m_1(p - pa) + m_2(p - pa)},$$

где  $m_1(p - pa) \cdot W_1$  – масса NaOH в первом растворе;  
 $m_2(p - pa) \cdot W_2$  – масса NaOH во втором растворе;  
 $m_1(p - pa) \cdot W_1 + m_2(p - pa) \cdot W_2$  – общая масса NaOH в новом растворе;  
 $m_1(p - pa) + m_2(p - pa)$  – масса нового раствора.

$$\text{Тогда } W_3(\text{NaOH}) = \frac{750 \cdot 0,3 + 1250 \cdot 0,5}{750 + 1250} = 0,425, \text{ или } 42,5\%.$$

ОТВЕТ: массовая доля NaOH в новом растворе 0,425, или 42,5%.

**ПРИМЕР 14.** К 400 мл раствора гидроксида калия KOH с массовой долей KOH 0,22 (22%) и плотностью раствора 1,2 г/мл прибавили 600 мл раствора гидроксида калия KOH с массовой долей KOH 0,4 (40%) и плотностью раствора 1,4 г/мл. Найти массовую долю KOH в новом растворе.

Дано:  
 $V_1(\text{KOH}) = 0,22$   
 $V_1(p - pa) = 400 \text{ мл}$   
 $\rho_1(p - pa) = 1,2 \text{ г/мл}$   
 $V_2(p - pa) = 600 \text{ мл}$   
 $W_2(\text{KOH}) = 0,4$   
 $\rho_2(p - pa) = 1,4 \text{ г/мл}$   
 $W_3(\text{KOH}) = ?$

РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

1) Найдем массу раствора с массовой долей растворённого вещества 0,22:  $m_1 = V_1 \cdot \rho_1$ ;

$$m_1(p - pa) = 400 \cdot 1,2 = 480 \text{ г.}$$

2) Определим массу раствора с массовой долей растворённого вещества 0,4:

$$m_2 = V_2 \cdot \rho_2; \quad m_2(p - pa) = 600 \cdot 1,4 = 840 \text{ г.}$$

3) Вычислим общую массу раствора:

$$m(p - pa) = m_1(p - pa) + m_2(p - pa);$$

$$m(p - pa) = 480 + 840 = 1320 \text{ г.}$$

4) Рассчитаем массу KOH в растворе с массовой долей растворённого вещества 0,22:

$$W_1(\text{KOH}) = \frac{m_1(\text{KOH})}{m_1(p - pa)}, \quad m_1(\text{KOH}) = W_1 \cdot m_1(p - pa),$$

$$m_1(\text{KOH}) = 0,22 \cdot 480 = 105,6 \text{ г.}$$

5) Найдем массу KOH в растворе с массовой долей растворённого вещества 0,4:

$$W_2(\text{KOH}) = \frac{m_2(\text{KOH})}{m_2(p - pa)};$$

$$m_2(\text{KOH}) = W_2(\text{KOH}) \cdot m_2(p - pa),$$

$$m_2(\text{KOH}) = 0,4 \cdot 840 = 336 \text{ г.}$$

6) Найдем общую массу KOH в новом растворе:

$$m(\text{KOH}) = m_1(\text{KOH}) + m_2(\text{KOH});$$

$$m(\text{KOH}) = 105,6 + 336 = 441,6 \text{ г.}$$

7) Рассчитаем массовую долю KOH в новом растворе:

$$W_3(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{m(p - pa)}; \quad W_3(\text{KOH}) = \frac{441,6}{1320} = 0,33, \text{ или } 33\%.$$

ОТВЕТ: массовая доля KOH в новом растворе 0,33, или 33%.

*Второй метод*

Задачу решаем по преобразованной формуле

$$W_3 = \frac{V_1 \cdot \rho_1 \cdot W_1 + V_2 \cdot \rho_2 \cdot W_2}{V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2},$$

где  $V_1 \cdot \rho_1$  — масса первого раствора;  
 $V_2 \cdot \rho_2$  — масса второго раствора;  
 $V_1 \cdot \rho_1 + V_2 \cdot \rho_2$  — общая масса нового раствора;  
 $V_1 \cdot \rho_1 \cdot W_1$  — масса KOH в первом растворе;  
 $V_2 \cdot \rho_2 \cdot W_2$  — масса KOH во втором растворе;  
 $V_1 \cdot \rho_1 \cdot W_1 + V_2 \cdot \rho_2 \cdot W_2$  — общая масса KOH в новом растворе.

$$\text{Тогда } W_3 = \frac{400 \cdot 1,2 \cdot 0,22 + 600 \cdot 1,4 \cdot 0,4}{400 \cdot 1,2 + 600 \cdot 1,4} = 0,3, \text{ или } 33\%.$$

ОТВЕТ: массовая доля КОН в новом растворе 0,33, или 33%.



### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. В 105 г воды растворили 45 г нитрата кальция  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . Вычислите массовую долю  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  в растворе.

ОТВЕТ: 0,3.

2. 45 г поваренной соли  $\text{NaCl}$  растворили в 4955 г воды. Вычислите массовую долю растворённого вещества в полученном растворе.

ОТВЕТ: 0,009.

3. В 2320 г воды растворили 705 г гидроксида калия КОН. Вычислите массовую долю КОН в растворе.

ОТВЕТ: 0,233.

4. В 500 мл воды растворили 0,5 моль гидроксида натрия  $\text{NaOH}$ . Вычислите массовую долю  $\text{NaOH}$  в полученном растворе.

ОТВЕТ: 0,038.

5. В 7,5 л воды растворили 5 кг сахара. Определите массовую долю сахара в растворе.

ОТВЕТ: 0,4.

6. В 520 г раствора карбоната калия  $\text{K}_2\text{CO}_3$  содержится

156 г растворённого вещества. Определите массовую долю  $\text{K}_2\text{CO}_3$  в этом растворе.

ОТВЕТ: 0,3.

7. В растворе серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  массой 1,5 кг содержится 600 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Определите массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

ОТВЕТ: 0,4.

8. В растворе гидроксида калия КОН массой 2,5 кг содержится 0,5 кг КОН. Определите массовую долю КОН в растворе.

ОТВЕТ: 0,2.

9. В 10 л раствора этилового спирта ( $\rho = 0,94$  г/мл) содержится 4,7 кг спирта. Определите массовую долю спирта в растворе.

ОТВЕТ: 0,5.

10. Сколько граммов борной кислоты  $\text{H}_3\text{BO}_3$  содержится в 0,5 кг раствора с массовой долей  $\text{H}_3\text{BO}_3$  0,02 (2%)?

ОТВЕТ: 10 г.

11. В медицине применяется раствор хлорида натрия  $\text{NaCl}$  с массовой долей  $\text{NaCl}$  0,0095 (0,95%). Сколько  $\text{NaCl}$  содержится в 400 г такого раствора?

ОТВЕТ: 3,8 г.

12. Сколько граммов карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  содержится

*Растворы*

в 600 мл раствора с массовой долей  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,18 (18%) и плотностью раствора 1,2 г/мл?

*ОТВЕТ:* 129,6 г.

13. В медицине для инъекций применяется раствор сульфата магния  $\text{MgSO}_4$  с массовой долей растворённого вещества 0,25 (25%). Сколько граммов  $\text{MgSO}_4$  содержится в 10 мл раствора, если его плотность 1,22 г/мл?

*ОТВЕТ:* 3 г.

14. Сколько граммов хлороводородной кислоты  $\text{HCl}$  содержится в 0,75 л раствора с массовой долей  $\text{HCl}$  0,0715 (7,15%) и плотностью раствора 1,035 г/мл?

*ОТВЕТ:* 55,5 г.

15. В медицине применяется спиртовой раствор иода  $\text{I}_2$ . Сколько граммов  $\text{I}_2$  и спирта нужно взять, чтобы приготовить 300 г раствора с массовой долей  $\text{I}_2$  0,05 (5%)?

*ОТВЕТ:* 15 г; 285 г.

16. Сколько граммов перманганата калия  $\text{KMnO}_4$  и воды нужно взять, чтобы приготовить 1 л раствора с массовой долей  $\text{KMnO}_4$  0,005 (0,5%)? Плотность раствора 1,03 г/мл.

*ОТВЕТ:* 5,15 г; 1024,85 г.

17. Раствор хлорида натрия  $\text{NaCl}$  с массовой долей  $\text{NaCl}$  0,009 (0,9%) в медицине называется физиологическим раствором. Сколько граммов  $\text{NaCl}$  и воды нужно взять,

*Растворы*

чтобы приготовить 5 кг раствора?

*ОТВЕТ:* 45 г; 4955 г.

18. В медицине широко применяется раствор глюкозы. Сколько граммов глюкозы и воды необходимо для приготовления 5 кг раствора глюкозы с массовой долей глюкозы: а) 0,1 (10%); б) 0,2 (20%); в) 0,4 (40%)?

*ОТВЕТ:* а) 0,5 кг; 4,5 кг; б) 1 кг; 4 кг; в) 2 кг; 3 кг.

19. В пищевой промышленности и в быту применяется раствор уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Сколько  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и воды нужно взять, чтобы приготовить 1,5 т раствора с массовой долей  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,09 (9%)?

*ОТВЕТ:* 135 кг; 1365 кг.

20. Как успокаивающее средство в медицине применяется раствор бромид натрия  $\text{NaBr}$  с массовой долей растворённого вещества 0,1 (10%). Сколько граммов такого раствора можно приготовить из 25 г  $\text{NaBr}$  ?

*ОТВЕТ:* 250 г.

21. Какой объём раствора азотной кислоты  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,2$  г/мл) с массовой долей  $\text{HNO}_3$  0,34 (34%) можно приготовить из 1 л раствора  $\text{HNO}_3$  ( $\rho = 1,4$  г/мл) с массовой долей  $\text{HNO}_3$  0,66 (66%)?

*ОТВЕТ:* 2,265 л.

22. В сельском хозяйстве применяется раствор хлорида калия  $\text{KCl}$  с массовой долей  $\text{KCl}$  0,04 (4%). Сколько  $\text{KCl}$

нужно растворить в 120 л воды, чтобы получить такой раствор?

*ОТВЕТ:* 5 кг.

23. К 375 г раствора азотной кислоты  $\text{HNO}_3$  с массовой долей  $\text{HNO}_3$  0,4 (40%) прибавили 125 г воды. Определите массовую долю  $\text{HNO}_3$  в новом растворе.

*ОТВЕТ:* 0,3.

24. Смешали 820 г раствора гидроксида калия  $\text{KOH}$  с массовой долей  $\text{KOH}$  0,28 (28%) и 1476 г воды. Вычислите массовую долю растворённого вещества в новом растворе.

*ОТВЕТ:* 0,1.

25. Чтобы приготовить раствор для аккумулятора, к 2,5 кг раствора гидроксида калия  $\text{KOH}$  с массовой долей  $\text{KOH}$  0,3 (30%) прибавили 720 г воды. Определите массовую долю  $\text{KOH}$  в полученном растворе.

*ОТВЕТ:* 0,233.

26. К 840 мл воды прибавили 600 г раствора азотной кислоты  $\text{HNO}_3$  с массовой долей  $\text{HNO}_3$  0,36 (36%). Вычислите массовую долю  $\text{HNO}_3$  в новом растворе.

*ОТВЕТ:* 0,15.

27. К 0,5 кг раствора уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  с массовой долей  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,8 (80%) прибавили 6,16 кг воды. Вычислите массовую долю  $\text{CH}_3\text{COOH}$  после раз-

бавления раствора.

*ОТВЕТ:* 0,06.

28. К 250 мл раствора гидроксида натрия  $\text{NaOH}$  с массовой долей  $\text{NaOH}$  0,36 (36%) и плотностью 1,4 г/мл прибавили 250 мл воды. Вычислите массовую долю  $\text{NaOH}$  в полученном растворе.

*ОТВЕТ:* 0,21.

29. К 200 мл раствора уксусной кислоты  $\text{CH}_3\text{COOH}$  с массовой долей  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,8 (80%) и плотностью 1,07 г/мл прибавили 1680 мл воды. Вычислите массовую долю  $\text{CH}_3\text{COOH}$  в новом растворе.

*ОТВЕТ:* 0,09.

30. К 1 л раствора азотной кислоты  $\text{HNO}_3$  с массовой долей  $\text{HNO}_3$  0,34 (34%) и плотностью 1,2 г/мл прибавили 800 мл воды. Определите массовую долю растворённого вещества в новом растворе.

*ОТВЕТ:* 0,204.

31. Определите массовую долю серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , если к 1,5 л воды прибавили 500 мл раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с массовой долей  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,8 (80%) и плотностью 1,73 г/мл.

*ОТВЕТ:* 0,293.

32. Сколько воды нужно прибавить к 100 г раствора соли с массовой долей растворённого вещества 0,3 (30%), что-

бы получить раствор с массовой долей соли 0,2 (20%)?

ОТВЕТ: 50 г.

33. Сколько воды нужно прибавить к 200 г раствора сахара с массовой долей растворённого вещества 0,75 (75%), чтобы получить раствор с массовой долей сахара 0,2 (20%)?

ОТВЕТ: 550 г.

34. В сельском хозяйстве применяется раствор хлорида калия KCl с массовой долей KCl 0,04 (4%). Сколько воды необходимо прибавить к 200 кг раствора KCl с массовой долей KCl 0,2 (20%), чтобы получить раствор с массовой долей KCl 0,04 (4%),?

ОТВЕТ: 800 кг.

35. Сколько воды нужно прибавить к 400 мл раствора гидроксида натрия NaOH с массовой долей растворённого вещества 0,5 (50%) и плотностью 1,525 г/мл, чтобы получить раствор с массовой долей растворённого вещества 0,25 (25%)?

ОТВЕТ: 610 г.

36. Сколько граммов воды нужно прибавить к 500 мл раствора гидроксида калия KOH с массовой долей растворённого вещества 0,3 (30%) и плотностью 1,29 г/мл, чтобы получить раствор с массовой долей растворённого вещества 0,2 (20%)?

ОТВЕТ: 322,5 г.

37. Сколько воды нужно прибавить к 200 мл раствора серной кислоты  $H_2SO_4$  с массовой долей растворённого вещества 0,12 (12%) и плотностью 1,08 г/мл, чтобы получить раствор с массовой долей  $H_2SO_4$  0,03 (3%)?

ОТВЕТ: 648 г.

38. Сколько воды нужно прибавить к 500 мл раствора фосфорной кислоты  $H_3PO_4$  с массовой долей растворённого вещества 0,24 (24%) и плотностью 1,14 г/мл, чтобы получить раствор с массовой долей  $H_3PO_4$  0,08 (8%)?

ОТВЕТ: 1,14 кг.

39. Сколько воды нужно прибавить к 0,5 л раствора хлороводородной кислоты HCl с массовой долей растворённого вещества 0,24 (24%) и плотностью 1,12 г/мл, чтобы получить раствор с массовой долей HCl 0,04 (4%)?

ОТВЕТ: 2,8 кг.

40. Сколько воды нужно прибавить к 1,2 л раствора гидроксида натрия NaOH с массовой долей растворённого вещества 0,42 (42%) и плотностью 1,3 г/мл, чтобы получить раствор с массовой долей NaOH 0,06 (6%)?

ОТВЕТ: 9,36 кг.

41. К 120 г раствора поваренной соли с массовой долей NaCl 0,2 (20%) прибавили 350 г раствора с массовой долей NaCl 0,12 (12%). Вычислите массовую долю рас-

творённого вещества в полученном растворе.

ОТВЕТ: 0,14.

42. К 250 мл раствора этанола  $C_2H_5OH$  с плотностью 0,82 г/мл и массовой долей  $C_2H_5OH$  0,9 (90%) прибавили 515 мл раствора с плотностью 0,97 г/мл и массовой долей  $C_2H_5OH$  0,2 (20%). Определите массовую долю  $C_2H_5OH$  в новом растворе.

ОТВЕТ: 0,4.

43. Для растворения медных сплавов используется раствор азотной кислоты  $HNO_3$ . Для получения такого раствора к 1455 мл раствора  $HNO_3$  ( $\rho = 1,1$  г/мл) с массовой долей  $HNO_3$  0,16 (16%) прибавили 643 мл раствора ( $\rho = 1,4$  г/мл) с массовой долей  $HNO_3$  0,66 (66%). Вычислите массовую долю  $HNO_3$  в полученном растворе.

ОТВЕТ: 0,34.

44. Чтобы получить раствор серной кислоты  $H_2SO_4$  для аккумуляторов, смешали 6,325 л раствора  $H_2SO_4$  с массовой долей  $H_2SO_4$  0,17 (17%) и 0,422 л раствора  $H_2SO_4$  с массовой долей  $H_2SO_4$  0,956 (95,6%). Плотность первого раствора 1,12 г/мл. Плотность второго раствора 1,84 г/мл. Вычислите массовую долю  $H_2SO_4$  в полученном растворе.

ОТВЕТ: 0,25.

45. В химической лаборатории для растворения сплавов железа используется смесь, которую готовят так: 200 мл раствора серной кислоты  $H_2SO_4$  ( $\rho = 1,84$  г/мл) с массовой долей  $H_2SO_4$  0,96 (96%) осторожно приливают к 550 мл воды и после охлаждения добавляют 150 мл раствора азотной кислоты  $HNO_3$  ( $\rho = 1,4$  г/мл) с массовой долей  $HNO_3$  0,65 (65%). Вычислите массовые доли  $H_2SO_4$  и  $HNO_3$  в полученном растворе.

ОТВЕТ: 0,313; 0,121.

46. В лаборатории для растворения медных сплавов используется раствор азотной кислоты  $HNO_3$  ( $\rho = 1,2$  г/мл,  $W(HNO_3) = 0,32$  (32%)), который получают разбавлением более концентрированного раствора ( $\rho = 1,4$  г/мл,  $W(HNO_3) = 0,65$  (65%)). Сколько нужно взять концентрированного раствора, чтобы получить 1 л раствора для растворения сплавов?

ОТВЕТ: 422 мл.

47. Для растворения алюминиевых сплавов используется смесь, которую готовят добавлением к 450 мл воды серной кислот  $H_2SO_4$  ( $\rho = 1,84$  г/мл,  $W(H_2SO_4) = 0,96$  (96%)), 100 мл азотной кислоты  $HNO_3$  ( $\rho = 1,4$  г/мл,  $W(HNO_3) = 0,65$  (65%)) и 300 мл хлороводородной кислоты  $HCl$  ( $\rho = 1,18$  г/мл,  $W(HCl) = 0,36$  (36%)). Определите мас-

совые доли  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HCl}$  в растворе.

ОТВЕТ: 0,217; 0,075; 0,104.

#### 17.4. МОЛЯРНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ВЕЩЕСТВА

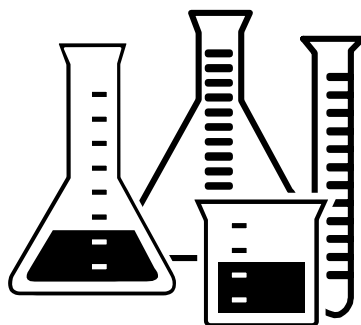


Рисунок 6 – Мерная посуда

Состав раствора выражают при помощи концентрации вещества в растворе.

В лабораторной практике часто используют **молярную концентрацию**.

**Молярная концентрация** ( $C$ ) – это физическая величина, которая равна отношению количества растворённого вещества к объёму раствора.

$$C = \frac{\nu}{V},$$

где  $\nu$  – количество растворённого вещества, моль;

$V$  – объём раствора,  $\text{м}^3$ , л.

Молярную концентрацию выражают в молях на кубический метр ( $\text{моль}/\text{м}^3$ ) или молях на литр ( $\text{моль}/\text{л}$ ).

На практике чаще применяют кратную единицу –  $\text{моль}/\text{л}$ .

Например, если 1 л раствора гидроксида натрия  $\text{NaOH}$  содержит 2 моль  $\text{NaOH}$ , значит молярная концентрация  $\text{NaOH}$  равна 2  $\text{моль}/\text{л}$ .

Формула  $C = \frac{\nu}{V}$  позволяет вычислить массу вещества, необходимого для приготовления определенного объема раствора с заданной молярной концентрацией вещества:

$$C = \frac{\nu}{V}, \quad \text{но} \quad \nu = \frac{m}{M}. \quad \text{Тогда} \quad C = \frac{\frac{m}{M}}{V} = \frac{m}{V \cdot M}.$$

Отсюда  $m(\text{в} - \text{ва}) = C \cdot V \cdot M$ ,

где  $C$  – заданная молярная концентрация вещества,  $\text{моль}/\text{м}^3$ ,  $\text{моль}/\text{л}$ ;

$V$  – объём раствора,  $\text{м}^3$ , л;

$M$  – молярная масса вещества,  $\text{кг}/\text{моль}$ ,  $\text{г}/\text{моль}$ .

#### ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

**ПРИМЕР 1.** В растворе сахара объёмом 1,75 л содержится 9,8 моль растворённого вещества. Определите молярную концентрацию сахара.



Дано:	<u>РЕШЕНИЕ</u>
$V(p - pa) = 1,75 \text{ л}$	<i>Первый метод</i>
$\nu(\text{сахара}) = 9,8 \text{ моль}$	Определим молярную концентрацию сахара по формуле
$C(\text{сахара}) = ?$	

$$C(\text{сахара}) = \frac{\nu(\text{сахара})}{V(p - pa)}$$

$$C(\text{сахара}) = \frac{9,8 \text{ моль}}{1,75 \text{ л}} = 5,6 \text{ моль/л.}$$

ОТВЕТ: молярная концентрация сахара равна 5,6 моль/л.

*Второй метод*

Молярная концентрация определяет число молей растворённого вещества в 1 л раствора. Поэтому составим пропорцию и решим её:

в 1,75 л раствора содержится 9,8 моль сахара,  
в 1 л раствора содержится  $x$  моль сахара.

$$\text{Тогда } \frac{1,75}{1} = \frac{9,8}{x}, \text{ откуда } x = \frac{1 \cdot 9,8}{1,75} = 5,6 \text{ моль/л.}$$

ОТВЕТ: молярная концентрация сахара равна 5,6 моль/л.

**ПРИМЕР 2.** В растворе гидроксида натрия NaOH объёмом 6 л содержится 120 г NaOH. Определите молярную концентрацию NaOH в этом растворе.

Дано:	<u>РЕШЕНИЕ</u>
$m(\text{NaOH}) = 120 \text{ г}$	<i>Первый метод</i>
$V(p - pa) = 6 \text{ л}$	Молярную концентрацию NaOH определим по формуле
$C(\text{NaOH}) = ?$	

$$C(\text{NaOH}) = \frac{\nu(\text{NaOH})}{V(p - pa)} \quad (1)$$

1) Вычислим количество вещества NaOH, которое соответствует NaOH массой 120 г:

$$M = \frac{m}{\nu}, \quad \text{отсюда } \nu(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH})}$$

Найдём молярную массу NaOH:

$$M_r(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40; \quad M(\text{NaOH}) = 40 \text{ г/моль.}$$

$$\text{Тогда } \nu(\text{NaOH}) = \frac{120 \text{ г} \cdot \text{моль}}{40 \text{ г}} = 3 \text{ моль.}$$

2) Подставим числовые значения в формулу (1):

$$C(\text{NaOH}) = \frac{3 \text{ моль}}{6 \text{ л}} = 0,5 \text{ моль/л.}$$

ОТВЕТ: молярная концентрация NaOH равна 0,5 моль/л.

*Второй метод*

Задачу решаем по формуле

$$C(\text{NaOH}) = \frac{\nu(\text{NaOH})}{V(p - pa)}$$

Так как  $M = \frac{m}{\nu}$ , то  $\nu = \frac{m}{M}$ .

Тогда  $C(\text{NaOH}) = \frac{M(\text{NaOH})}{V(p - p_a)} = \frac{m(\text{NaOH})}{M(\text{NaOH}) \cdot V(p - p_a)}$ . (1)

$M_r(\text{NaOH}) = 23 + 16 + 1 = 40$ ;  $M(\text{NaOH}) = 40$  г/моль.

Подставим числовые значения в формулу (1):

$$C(\text{NaOH}) = \frac{120 \text{ г}}{40 \text{ моль/л} \cdot 6 \text{ л}} = 0,5 \text{ моль/л.}$$

ОТВЕТ: молярная концентрация NaOH равна 0,5 моль/л.

**ПРИМЕР 3.** Сколько граммов нитрата калия  $\text{KNO}_3$  нужно взять для приготовления 400 мл раствора с молярной концентрацией  $\text{KNO}_3$  0,3 моль/л?

Дано:  
 $V(p - p_a) = 400$  мл  
 $C(\text{KNO}_3) = 0,3$  моль/л  
 $m(\text{KNO}_3) = ?$

РЕШЕНИЕ  
*Первый метод*  
 Массу  $\text{KNO}_3$  найдём из формулы

$$M(\text{KNO}_3) = \frac{m(\text{KNO}_3)}{\nu(\text{KNO}_3)}$$

$$m(\text{KNO}_3) = M(\text{KNO}_3) \cdot \nu(\text{KNO}_3). \quad (1)$$

1) Количество вещества  $\text{KNO}_3$  определим из формулы

$$C(\text{KNO}_3) = \frac{\nu(\text{KNO}_3)}{V(p - p_a)}; \quad \nu(\text{KNO}_3) = C(\text{KNO}_3) \cdot V(p - p_a);$$

$$\nu(\text{KNO}_3) = 0,3 \text{ моль/л} \cdot 0,4 \text{ л} = 0,12 \text{ моль.}$$

2) Вычислим молярную массу  $\text{KNO}_3$ :

$$M_r(\text{KNO}_3) = 39 + 14 + 3 \cdot 16 = 101; \quad M(\text{KNO}_3) = 101 \text{ г/моль.}$$

3) Подставим числовые значения в формулу (1):

$$m(\text{KNO}_3) = 101 \text{ г/моль} \cdot 0,12 \text{ моль} = 12,12 \text{ г.}$$

ОТВЕТ: для приготовления раствора нужно взять 12,12 г нитрата калия  $\text{KNO}_3$ .

*Второй метод*

Задачу решаем по формуле  $C = \frac{\nu}{V(p - p_a)}$ .

Так как  $M = \frac{m}{\nu}$ , то  $\nu = \frac{m}{M}$ .

Подставим в формулу для молярной концентрации выражение для количества вещества и получим:

$$C(\text{KNO}_3) = \frac{\frac{m(\text{KNO}_3)}{M(\text{KNO}_3)}}{V(p - p_a)} = \frac{m(\text{KNO}_3)}{M(\text{KNO}_3) \cdot V(p - p_a)}$$

Следовательно,

$$m(\text{KNO}_3) = C(\text{KNO}_3) \cdot M(\text{KNO}_3) \cdot V(p - p_a).$$

Вычислим молярную массу  $\text{KNO}_3$ :

$$M_r(\text{KNO}_3) = 39 + 14 + 3 \cdot 16 = 101; \quad M(\text{KNO}_3) = 101 \text{ г/моль.}$$

Подставим значения величин в формулу для массы:

$$m(\text{KNO}_3) = 0,3 \text{ моль/л} \cdot 101 \text{ г/моль} \cdot 0,4 \text{ л} = 12,12 \text{ г.}$$

ОТВЕТ: для приготовления раствора нужно взять 12,12 г нитрата калия  $\text{KNO}_3$ .

**ПРИМЕР 4.** Массовая доля карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в растворе 0,1 (10%). Плотность раствора 1,102 г/мл. Определите молярную концентрацию  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в этом растворе.

Дано: $W(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1$ $\rho(p - p_a) = 1,102 \text{ г/мл}$ $C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = ?$	<u>РЕШЕНИЕ</u> <i>Первый метод</i>
	Молярную концентрацию $\text{Na}_2\text{CO}_3$ в растворе найдем по формуле

$$C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V(p - p_a)}. \quad (1)$$

Для этого:

1) Объем раствора условно принимаем 1 л.

$$m(p - p_a) = \rho \cdot V(p - p_a);$$

$$m(p - p_a) = 1,102 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл} = 1102 \text{ г.}$$

2) Вычислим массу  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , которая содержится в этом растворе:

$$W(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{m(p - p_a)},$$

отсюда  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = W(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot m(p - p_a);$

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 0,1 \cdot 1102 \text{ г} = 110,2 \text{ г.}$$

3) Определим количество вещества  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  массой 110,2 г из формулы

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3)},$$

откуда  $\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}.$

Найдём молярную массу  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ :

$$M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 23 + 12 + 3 \cdot 16 = 106;$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль.}$$

Тогда  $\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{110,2 \text{ г} \cdot \text{моль}}{106 \text{ г}} = 1,04 \text{ моль.}$

4) Рассчитаем молярную концентрацию  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в растворе по формуле (1):

$$C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{1,04 \text{ моль}}{1 \text{ л}} = 1,04 \text{ моль/л.}$$

ОТВЕТ: молярная концентрация  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  равна 1,04 моль/л.

*Второй метод*

Задачу решаем по формуле  $C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V(p - p_a)}.$

Количество вещества определим по формуле

$$\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}$$

Массу  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  находим из формулы

$$W(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{m(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{m(p - pa)},$$

отсюда  $m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = W(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot m(p - pa)$ , а масса раствора  $m(p - pa) = V(p - pa) \cdot \rho$ . Тогда

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = W \cdot V(p - pa) \cdot \rho.$$

$$\text{Следовательно: } \nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{W \cdot V(p - pa) \cdot \rho}{M(\text{Na}_2\text{CO}_3)}.$$

$$M_r(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2 \cdot 23 + 12 + 3 \cdot 16 = 106;$$

$$M(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 106 \text{ г/моль.}$$

Объём раствора условно принимаем за 1 л.

$$\text{Тогда } \nu(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0,1 \cdot 1000 \text{ мл} \cdot 1,102 \text{ г/мл}}{106 \text{ г/моль}} = 1,04 \text{ моль,}$$

$$a \quad C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{\nu(\text{Na}_2\text{CO}_3)}{V(p - pa)} = \frac{1,04 \text{ моль}}{1 \text{ л}} = 1,04 \text{ моль/л.}$$

ОТВЕТ: молярная концентрация  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  равна 1,04 моль/л.

**ПРИМЕР 5.** Молярная концентрация хлороводородной кислоты  $\text{HCl}$  8 моль/л. Плотность раствора 1,23 г/мл. Определите массовую долю  $\text{HCl}$  в этом растворе.

Дано:

$$C(\text{HCl}) = 8 \text{ моль/л}$$

$$\rho(p - pa) = 1,23 \text{ г/мл}$$

$$W(\text{HCl}) = ?$$

РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

Массовую долю  $\text{HCl}$  в растворе найдем по формуле

$$W(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{m(p - pa)}. \quad (1)$$

1. Объём раствора условно принимаем 1 л.

Вычислим массу 1 л раствора:

$$m(p - pa) = \rho \cdot V(p - pa);$$

$$m(p - pa) = 1,23 \text{ г/мл} \cdot 1000 \text{ мл} = 1230 \text{ г.}$$

2. Из условия задачи следует, что 1 л раствора содержит 8 моль  $\text{HCl}$ . Найдём массу  $\text{HCl}$  количеством вещества 8 моль:

$$M(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{\nu(\text{HCl})}, \text{ отсюда } m(\text{HCl}) = M(\text{HCl}) \cdot \nu(\text{HCl}).$$

Найдём молярную массу  $\text{HCl}$ :

$$M_r(\text{HCl}) = 1 + 35,5 = 36,5; \quad M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль.}$$

$$\text{Тогда } m(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль} \cdot 8 \text{ моль} = 292 \text{ г.}$$

3. Определим массовую долю  $\text{HCl}$  в растворе, подставив значения  $m(\text{HCl})$  и  $m(p - pa)$  в формулу (1):

$$W(\text{HCl}) = \frac{292 \text{ г}}{1230 \text{ г}} = 0,2374, \text{ или } 23,74\%.$$

ОТВЕТ: массовая доля  $\text{HCl}$  равна 23,74 (23,74%).

Второй метод

Задачу решаем по формуле

$$W(\text{HCl}) = \frac{m(\text{HCl})}{m(p - pa)} \quad (1)$$

Поскольку  $M = \frac{m}{\nu}$ , то  $m = M \cdot \nu$ , а  $m(p - pa) = \rho \cdot V(p - pa)$ .

Подставим выражения для массы вещества и массы раствора в формулу (1). Тогда:

$$W(\text{HCl}) = \frac{M \cdot \nu}{V(p - pa) \cdot \rho}$$

$$M_r(\text{HCl}) = 1 + 35,5 = 36,5; \quad M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ г/моль.}$$

$$\nu(\text{HCl}) = 8 \text{ моль,}$$

так как молярная концентрация HCl в растворе 8 моль/л;

$$V(p - pa) = 1 \text{ л.}$$

$$\text{Тогда } W(\text{HCl}) = \frac{36,5 \text{ г/моль} \cdot 8 \text{ моль}}{1000 \text{ мл} \cdot 1,23 \text{ г/мл}} = 0,2374 \text{ (23,74\%).}$$

ОТВЕТ: массовая доля HCl равна 23,74 (23,74%).

**ПРИМЕР 6.** В воде массой 300 г растворили 42,6 г сульфата натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Получили раствор плотностью 1,12 г/мл. Определите молярную концентрацию  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в этом растворе.

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 300 \text{ г}$$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 42,6 \text{ г}$$

$$\rho(p - pa) = 1,12 \text{ г/мл}$$

$$C(\text{Na}_2\text{SO}_4) = ?$$

РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

Молярную концентрацию  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  найдём по формуле

$$C(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{V(p - pa)} \quad (1)$$

1. Определим объем раствора из формулы

$$m(p - pa) = \rho \cdot V(p - pa);$$

$$V(p - pa) = \frac{m(p - pa)}{\rho}$$

$$m(p - pa) = m(\text{Na}_2\text{SO}_4) + m(\text{H}_2\text{O});$$

$$m(p - pa) = 42,6 + 300 = 342,6 \text{ г.}$$

$$\text{Тогда } V(p - pa) = \frac{342,6 \text{ г}}{1,12 \text{ г/мл}} = 306 \text{ мл, или } 0,306 \text{ л.}$$

2. Вычислим количество вещества  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  массой 42,6 г из формулы

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4)}$$

$$\text{Отсюда } \nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4)}$$

$$M_r(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 23 + 32 + 4 \cdot 16 = 142.$$

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль.}$$

Тогда 
$$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{42,6 \text{ г/моль}}{142 \text{ г}} = 0,3 \text{ моль.}$$

3. Определим молярную концентрацию  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в растворе по формуле (1):

$$C(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{0,3 \text{ моль}}{0,306 \text{ л}} = 0,98 \text{ моль/л.}$$

ОТВЕТ: молярная концентрация  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  равна 0,98 моль/л.

*Второй метод*

Молярную концентрацию  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  найдём по формуле

$$C(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{V(\text{p} - \text{pa})}. \quad (1)$$

$$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4)}.$$

$$V(\text{p} - \text{pa}) = \frac{m(\text{p} - \text{pa})}{\rho}.$$

$$m(\text{p} - \text{pa}) = m(\text{Na}_2\text{SO}_4) + m(\text{H}_2\text{O}).$$

Тогда 
$$V(\text{p} - \text{pa}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{\rho}.$$

Подставим выражения для количества вещества  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и объёма раствора в формулу (1):

$$C(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{\frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4)}}{\frac{m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{\rho}} = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot \rho}{M(\text{Na}_2\text{SO}_4) \cdot (m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{Na}_2\text{SO}_4))}. \quad (2)$$

$$M_r(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 2 \cdot 23 + 32 + 4 \cdot 16 = 142;$$

$$M(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \text{ г/моль.}$$

Подставим числовые значения в формулу (2):

$$C(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{42,6 \cdot 1,12}{142 \cdot (300 + 42,6)} = \frac{47,712}{48,649} = 0,98 \text{ моль/л.}$$

ОТВЕТ: молярная концентрация  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  равна 0,98 моль/л.

**ПРИМЕР 7.** В воде растворили гидроксид калия КОН массой 11,2 г. Потом объём раствора довели до 200 мл. Определите молярную концентрацию КОН в этом растворе.

Дано:

$$m(\text{KOH}) = 11,2 \text{ г}$$

$$V(\text{p} - \text{pa}) = 200 \text{ мл}$$

$$C(\text{KOH}) = ?$$

РЕШЕНИЕ

*Первый метод*

Задачу решаем по формуле

$$C(\text{KOH}) = \frac{\nu(\text{KOH})}{V(\text{p} - \text{pa})}. \quad (1)$$

1. Найдём количество вещества КОН массой 11,2 г:

$$M(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{\nu(\text{KOH})}, \quad \text{отсюда} \quad \nu(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH})}.$$

$$M_r(\text{KOH}) = 39 + 16 + 1 = 56; \quad M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}.$$

$$\text{Тогда} \quad \nu(\text{KOH}) = \frac{11,2 \text{ г} \cdot \text{моль}}{56 \text{ г}} = 0,2 \text{ моль}.$$

Вычислим молярную концентрацию KOH по формуле (1):

$$C(\text{KOH}) = \frac{0,2 \text{ моль}}{0,2 \text{ л}} = 1 \text{ моль/л}.$$

ОТВЕТ: молярная концентрация KOH равна 1 моль/л.

#### Второй метод

Задачу решаем по формуле

$$C(\text{KOH}) = \frac{\nu(\text{KOH})}{V(p - pa)}. \quad (1)$$

$$M(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{\nu(\text{KOH})}, \quad \text{отсюда} \quad \nu(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH})}.$$

Тогда формула (1) имеет вид:

$$C(\text{KOH}) = \frac{\frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH})}}{V(p - pa)} = \frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH}) \cdot V(p - pa)}.$$

$$M_r(\text{KOH}) = 39 + 16 + 1 = 56; \quad M(\text{KOH}) = 56 \text{ г/моль}.$$

Подставим числовые значения в полученную формулу:

$$C(\text{KOH}) = \frac{11,2 \text{ г}}{56 \text{ г/моль} \cdot 0,2 \text{ л}} = 1 \text{ моль/л}.$$

ОТВЕТ: молярная концентрация KOH равна 1 моль/л.



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

**ЗАДАНИЕ 1.** Ответьте на вопросы. При ответах используйте грамматическую конструкцию:

– это

**Что такое:** 1) концентрированный раствор; 2) разбавленный раствор; 3) массовая доля растворённого вещества; 4) молярная концентрация?

**ЗАДАНИЕ 2.** Ответьте на вопросы. При ответах используйте грамматическую конструкцию:

называется

**Что называется:** 1) концентрацией; 2) концентрированным раствором; 3) разбавленным раствором; 4) массовой долей растворённого вещества; 5) молярной концентрацией?

**ЗАДАНИЕ 3.** Ответьте на вопросы.

1. Как можно выразить состав раствора?
2. Какие термины применяются для качественной характеристики состава раствора?
3. Как выражается массовая доля растворённого вещества в растворе?
4. В каких единицах выражают молярную концентрацию?

**ЗАДАНИЕ 4.** Объясните, что значит:

- массовая доля сахара в растворе 0,3 (30%);
- молярная концентрация серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  равна 4 моль/л.



### ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

- В растворе соли объёмом 3,5 л содержится 7 моль растворённого вещества. Определите молярную концентрацию соли.

*ОТВЕТ:* 2 моль/л.

- В растворе серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  объёмом 500 мл содержится 196 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Определите молярную концентрацию  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в этом растворе.

*ОТВЕТ:* 4 моль/л.

- В растворе сульфата натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  объёмом 900 мл содержится 80 г  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Определите молярную концентрацию  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в этом растворе.

*ОТВЕТ:* 0,626 моль/л.

- Сколько граммов  $\text{MgSO}_4$  содержится в 250 мл раствора сульфата магния с молярной концентрацией  $\text{MgSO}_4$  2 моль/л?

*ОТВЕТ:* 60 г.

- Сколько граммов карбоната натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  нужно взять для приготовления 750 мл раствора с молярной

концентрацией  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0,25 моль/л?

*ОТВЕТ:* 19,875 г.

- Массовая доля фосфорной кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в растворе 0,477 (47,7%). Плотность раствора 1,315 г/мл. Определите молярную концентрацию  $\text{H}_3\text{PO}_4$  в данном растворе.

*ОТВЕТ:* 6,4 моль/л.

- Молярная концентрация серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 моль/л. Плотность раствора 1,29 г/мл. Определите массовую долю  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в этом растворе.

*ОТВЕТ:* 0,3798 (37,98%).

- Массовая доля серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в растворе 0,49 (49%). Плотность раствора 1,385 г/мл. Определите молярную концентрацию  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в данном растворе.

*ОТВЕТ:* 6,9 моль/л.

- Молярная концентрация гидроксида калия  $\text{KOH}$  3,5 моль/л. Плотность раствора 1,374 г/мл. Определите массовую долю  $\text{KOH}$  в данном растворе.

*ОТВЕТ:* 0,1426 (14,26%).

- Сколько граммов сульфата цинка  $\text{ZnSO}_4$  нужно взять для приготовления 225 мл раствора с молярной концентрацией  $\text{ZnSO}_4$  0,5 моль/л?

*ОТВЕТ:* 18,11 г.

- В растворе хлорида бария  $\text{BaCl}_2$  объёмом 5 л содержит-

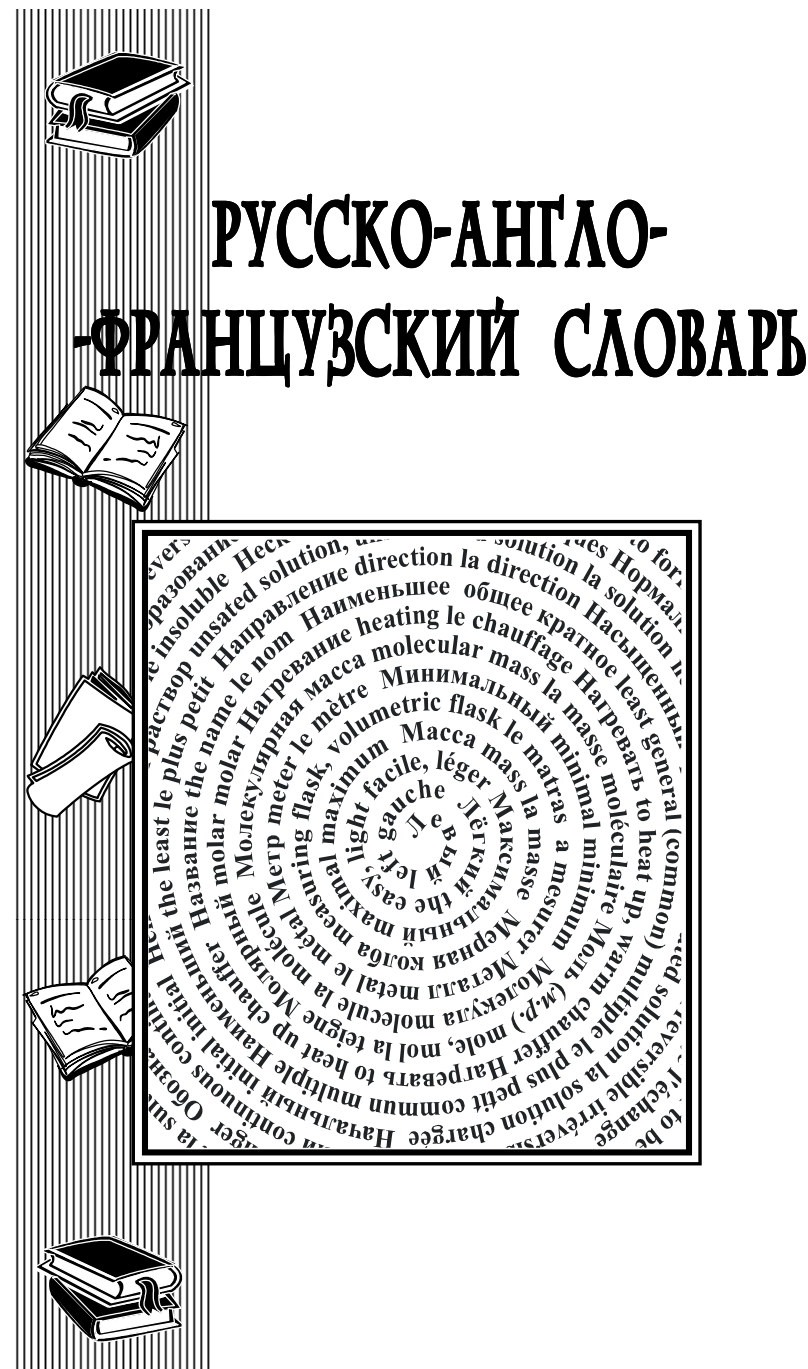


ся 416 г  $BaCl_2$ . Вычислите молярную концентрацию  $BaCl_2$  в этом растворе.

ОТВЕТ: 0,4 моль/л.

12. В растворе хлорида калия  $KCl$  объемом 2,2 л содержится 5,5 моль растворенного вещества. Определите молярную концентрацию  $KCl$ .

ОТВЕТ: 2,5 моль/л.



Русский язык	Английский язык	Французский язык
1	2	3
<b>А</b>		
Абсолютный	absolute	absolu
Агрегатное состояние	state of aggregation	état d'agrégation
Атом	atom	atome
Атомная единица массы ( <i>а.е.м.</i> )	atomic mass unit	unité atomique de masse
Атомная масса	atomic mass	masse atomique
<b>Б</b>		
Безразмерный	dimensionless	extensible
Бинарный	binary	binaire
Больше	more	plus
<b>В</b>		
Важный	important	important
Валентность ( <i>ж.р.</i> )	valency	valence
Величина	value	grandeur
Вещество	substance	substance
Взаимодействовать	to interact	être en interaction avec
Вид	kind, type	aspect, type
Вкус	taste	goût
Водный	aqueous, hydrous	d'eau
Вступать в реакцию	to interaction	entrer dans la réaction
Выделение	separation	dégagement

1	2	3
<b>В</b>		
Выделение энергии	evolve of energy	mise en relief de énergie
Выделять, -ся	to evolve	mettre en relief, degager
Выражать	to express	exprimer
Вычисление	calculation	calcul
Вычислять	to calculate	calculer
<b>Г</b>		
Газ	gas	gaz
Газообразный	gaseous	gazeux
Герметически	hermetically	hermétiquement
Герметический	hermetic	hermétique
Гидрат	hydrate	hydrate
Гидратация	hydration	hydratation
Главным образом	mainly	particulièrement
Гомогенный	homogeneous	homogène
Градус	degree	degré
Грамм	gramme	gramme
<b>Д</b>		
Давление	pressure	pression
Данный	given	donné
Двухвалентный	divalent	bivalent
Действие	action	opération
Диффузия	diffusion	diffusion

1	2	3
<b>Д</b>		
Доля = часть	share = part	part = partie
Другой	another	autre
<b>Е</b>		
Единица массы	unit of mass	unité de masse
<b>Ж</b>		
Жидкий	liquid	liquide
<b>З</b>		
Зависеть ( <i>от чего</i> )	to depend on what	dépendre de
Зависимость ( <i>ж.р.</i> )	dependence	dépendance
Закон	law	loi
Замещать	replace, substitute	remplacer
Замещение	replacement, substitution	remplacement
Занимать что ( <i>объём</i> )	to occupy the (volume)	occuper le volume
Запах	smell	odeur
Знак	sign	signe
Значение	meaning	signification
Запомнить	to remember	retenir
<b>И</b>		
Избыток	surplus, excess	superflu
Известно	it is known	on sait
Измельчать	to pulverize	pulvériser
Измельчение	pulverization	bocardage

1	2	3
<b>И</b>		
Изменение	changing	changement
Изменять	to change	changer
Измерять	to measure	mesurer
Изображать	to represent	représenter
Иметь	to have	avoir
Индекс	index	indice
Ион	ion	ion
Использование	using	l'utilisation
Использовать	to use	utiliser
Исходный ( <i>начальный</i> )	initial	initial
Исчезать	to disappear	disparaître
Исчезновение	disappearance	disparition
<b>К</b>		
Качественный	qualitative	qualitatif
Качество	quality	qualité
Килограмм	kilogram	kilogramme
Кипение	boiling	ébullition
Кипеть	to boil	bouillir
Количественно	quantitatively	quantitativement
Количественный	quantitative	quantitatif
Количество	quantity	quantité
Компонент	component	composant
Конечный	final	final

1	2	3
<b>К</b>		
Концентрация	concentration	concentration
Концентрированный раствор	concentrated solution	solution concentrée
Коэффициент	coefficient	coefficient
Кривая (растворимости)	solubility curve	courbe (de la dissolubilité)
Кристаллизационная вода	water of crystallization	eau de cristallisation
Кристаллогидрат	crystalhydrate	hydrate cristallisé
Кубический	cubic	cubique
<b>Л</b>		
Левый	left	gauche
Лёгкий	light	facile, léger
<b>М</b>		
Максимальный	maximal	maximum
Масса	mass	masse
Мерная колба	measuring flask	matras à mesurer
Металл	metal	métal
Метр	meter	mètre
Минимальный	minimal	minimum
Молекула	molecule	molécule
Молекулярная масса	molecular mass	masse moléculaire
Моль ( <i>м.р.</i> )	mole, mol	mole
Молярный	molar	molar

1	2	3
<b>Н</b>		
Нагревание	heating	chauffe
Нагревать	to heat	chauffer
Название	name	nom
Наименьшее общее кратное	the least general	plus petit commun multiple
Наименьший	the least	plus petit
Направление	direction	direction
Насыщенный раствор	saturated solution	solution chargée
Ненасыщенный раствор	unsaturated solution	solution non chargée
Необратимый	irreversible	irréversible
Непрерывный	continuous	continu
Нерастворимый	insoluble	insoluble
Несколько	several, a few	quelques
Нормальный	normal	normal
<b>О</b>		
Обмен	exchange	échange
Обменивать	to exchange	échanger
Обозначать	to designate, to mark	désigner
Образование	formation	formation
Образовать	to form	former
Образоваться в результате реакции	to be formed as a result of reaction	se former à la suite de la réaction
Обратимый	reversible, convertible	convertible

1	2	3
<b>О</b>		
Обратный	reverse	inverse
Общий	general	total
Объём	volume	volume
Обычный	usual	ordinaire
Одинаковый	identical	identique
Одновалентный	monovalent	monovalent
Определённый	definite	défini
Определять	to determine	définir
Осадок	precipitate	dépôt
Отдельный	separate	particulier
Открыть закон	to discover	ouvrir la loi
Относительный	relative	relatif
Отношение	relation	relation
<b>П</b>		
Парафин	paraffin	paraffine
Переменный	variable	variable
Пересыщенный раствор	supersaturated solution	solution surchargée
Плавить, -ся	to melt	fondre
Плавление	melting	fusion
Плотность ( <i>ж.р.</i> )	density	densité
Повышать	to raise	augmenter
Повышение	increasing	augmentation
Повышение растворимости	increase of solubility	augmentation de la dissolubilité

1	2	3
<b>П</b>		
Поглощать	to absorb	absorber
Поглощение	absorption	absorption
Поглощение энергии	absorption of energy	absorption de énergie
Подчинять, -ся ( <i>чему</i> )	to submit (to)	soumettre
Показывать	to show	montrer
Полностью	completely	entièrement
Положение	position, location	position
Положение = правило	rule	rule
Понижать,	to lower	baisser
Понижение	lowering	baisse
Понятие	notion, concept	notion
Порция	portion	portion
Порядок	order	ordre
Постоянно	constantly	constamment
Постоянный	constant	constant
Появление	appearance	apparition
Правый	right	droit
Превращать, -ся	to transform, to turn in to	transformer
Предлагать	to propose	proposer
Прибавлять	to add	ajouter
Приготовление	preparation	préparation

1	2	3
<b>П</b>		
Приготовлять	to prepare	préparer
Признак	attribute	signe
Применять	to apply	appliquer
Примесь (ж.р.)	admixture	addition
Присоединять	to join	additionner
Продукт реакции	reaction product	produit de la réaction
Промежуток	interval	intervalle
Простой	simple	simple
Противоположный	opposite	opposé
<b>Р</b>		
Разбавление (чего чем)	dilution	dilution
Разбавленный раствор	diluted solution	solution diluée
Разбавлять	to dilute	diluer
Разлагать	to decompose	décomposer
Разложение	decomposition	décomposition
Размер	size, dimension	dimension
Разный	different	différent
Разрушать	to destroy	détruire
Разрушение	destruction	destruction
Расстояние	distance	distance
Раствор	solution	solution
Растворённое вещество	solute	substance diluée

1	2	3
<b>Р</b>		
Растворённый	dissolved	dilué
Растворимость (ж.р.)	solubility	solubilité
Растворимый	soluble	soluble
Растворитель	solvent	dissolvant
Растворять	to dissolve	dissoudre
Реагент	reagent	réactif
Реагировать	to react	réagir
Реакция	reaction	réaction
Реторта	retort	cornue
Римский	roman	romain
<b>С</b>		
Свойство	property	propriété
Символ	symbol	symbole
Сладкий	sweet	sucré
Следовательно	therefore	donc
Следовать (чему)	to follow	suivre quoi
Сложный	complex	complexe
Смесь	mixture, blend	mélange
Смешать	to mix	mélanger
Смешивание	mixing	fusion
Современный	modern	moderne
Согласно	according to	conformément
Содержать	to contain	contenir

1	2	3
<b>С</b>		
Соединение	composition, compound	composé
Соединять	to connect	combiner
Солёный	salty	salé
Сольват	solvate	solvate
Сольватация	solvation	solvation
Состав	composition	composition
Составить формулу	to compile the formula	établir la formule
Составление	composition	rédaction
Составлять	to compose, compile	composer
Состояние	state	état
Состоять из	to consist of	se composer de
Сохранение	conservation, preservation	conservation
Сплав	alloy	alliage
Способность ( <i>ж.р.</i> )	capacity	capacité
Стрелка	arrow	aiguille
Строение	structure	structure
Структурная частица	structural particle	particule structurale
Структурный	structural	structural
Схема	scheme	schéma
<b>Т</b>		
Твёрдый	solid	ferme
Температура	temperature	température

1	2	3
<b>Т</b>		
Температура кипения	boiling point	température de ébullition
Температура плавления	melting point	température de la fusion
Теория	theory	théorie
Теплота	heat	chaleur
Термохимическое уравнение	the thermochemical equation	équation thermochimique
Терять	to lose	perdre
Тонна	ton	une tonne
Трёхвалентный	trivalent	trivalent
Тяжёлый	heavy	lourd
<b>У</b>		
Указывать	to point out, to indicate	indiquer
Уравнение	equation	équation
Условие	condition	condition
<b>Ф</b>		
Физическая величина	physical value	grandeur physique
Форма	form	forme
Формула	formula	formule
Формулировать	to formulate	formuler
Формулировка	formulation	formulation
<b>Х</b>		
Характеризовать	to characterize	caractériser

1	2	3
<b>Х</b>		
Характеристика	characteristic	caractéristique
Химический	chemical	chimique
Химическое соединение	chemical compound	combinaison
<b>Ц</b>		
Цвет, окраска	colour	couleur
<b>Ч</b>		
Частица	particle	particule
Часть ( <i>ж.р.</i> )	part	partie
Чистый	pure	propre
<b>Э</b>		
Экзотермический	exothermic	exothermique
Эксперимент	experiment	expérience
Элемент	element	élément
Эндотермический	endothermic	endothermique
Энергия	energy	énergie
Этиловый спирт	ethanol	alcool
Эффект реакции	effect of reaction	effet de la réaction
<b>Я</b>		
Явление	phenomenon	phénomène

# ПРИЛОЖЕНИЕ

D  
H<sub>2</sub>

Ar

Λ  
m

M  
r

D  
ВОЗД.



Таблица 1

**1. СИМВОЛЫ И НАЗВАНИЯ ВАЖНЕЙШИХ  
ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Символ (знак) эле- мента	Латинское название	Произноше- ние знака	Русское на- звание
1	2	3	4
Ag	Argentum	аргентум	серебро
Al	Aluminium	алюминий	алюминий
Ar	Argon	аргон	аргон
As	Arsenicum	арсеникум	мышьяк
Au	Aurum	аурум	золото
B	Borum	бор	бор
Ba	Barium	барий	барий
Be	Beryllium	бериллий	бериллий
Br	Bromum	бром	бром
C	Carboneum	цэ	углерод
Ca	Calcium	кальций	кальций
Cl	Chlorum	хлор	хлор
Co	Cobaltum	кобальт	кобальт
Cr	Chromium	хром	хром
Cu	Cuprum	купрум	медь

1	2	3	4
F	Fluorum	фтор	фтор
Fe	Ferrum	феррум	железо
H	Hydrogenium	аш	водород
He	Helium	гелий	гелий
Hg	Hydrargyrum	гидраргирум	ртуть
I	Iodum	иод	иод
K	Kalium	калий	калий
Kr	Krypton	криптон	криптон
Li	Lithium	литий	литий
Mg	Magnesium	магний	магний
Mn	Manganum	марганец	марганец
N	Nitrogenium	эн	азот
Na	Natrium	натрий	натрий
Ne	Neon	неон	неон
Ni	Niccolum	никель	никель
O	Oxygenium	о	кислород
P	Phosphorus	пэ	фосфор
Pb	Plumbum	плюмбум	свинец
S	Sulfur	эс	сера
Si	Silicium	силициум	кремний

1	2	3	4
Sn	Stannum	станнум	олово
Ti	Titanium	титан	титан
V	Vanadium	ванадий	ванадий
Zn	Zincum	цинк	цинк

Таблица 2

## 2. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Атомная единица массы 1 а.е.м.	$1,66 \cdot 10^{-27}$ кг
Число Авогадро	$6,02 \cdot 10^{23}$ моль <sup>-1</sup>
Нормальное атмосферное давление	$1,01 \cdot 10^5$ Па
Нормальная температура	273,15 К (0°C)
Молярный объем идеального газа при нормальных условиях	$22,4 \cdot 10^{-3}$ м <sup>3</sup> /моль

Таблица 3

## 3. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, НАЗВАНИЯ И ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Обозначения	Названия	Единицы измерения
1	2	3
$m$	Масса	кг, г (килограмм, грамм)
$W$	Массовая доля	–
$A_r$	Относительная атомная масса	–
$M_r$	Относительная молекулярная масса	–
$\nu (n)$	Количество вещества	моль (моль)
$M$	Молярная масса	г/моль (грамм на моль)
$V$	Объем	м <sup>3</sup> , л, см <sup>3</sup> (кубический метр, литр, кубический сантиметр)
$V_m$	Молярный объем газа	л/моль (литр на моль)
$D_{H_2}$	Относительная плотность по водороду	–

1	2	3
$D_{\text{возд.}}$	Относительная плотность по воздуху	–
$\rho$	Плотность	кг/м <sup>3</sup> (килограмм на кубический метр), г/л (грамм на литр), г/см <sup>3</sup> (грамм на кубический сантиметр)
$P$	Давление	Па (паскаль)
$T$	Температура	К (кельвин)
$Q$	Тепловой эффект	Дж, кДж (джоуль, килоджоуль)

**ТАБЛИЦА РАСТВОРИМОСТИ  
СОЛЕЙ, КИСЛОТ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ**

Катион Анион	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>
OH <sup>-</sup>	–	Р	Р	Р	–	Р	М	М	Н	Н	–	Н	Н	Н	Н
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р
Cl <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р
S <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Р	–	–	Н	Н	Н	Н	Н	Н	–
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	М	М	М	Р	М	–	–	Н	М	–	–
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	М	Н	М	Р	Р	Р	–	М	Р	Р	Р
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	–	Н	Н	Н	–	–
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Н	–	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	–	–	Н	Н	–	–
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р

Р – растворимое вещество;

М – малорастворимое вещество;

Н – нерастворимое вещество;

– – вещество не существует или разлагается водой.


Приложение

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ

периоды	ряды	ГРУППЫ							
		I	II	III	IV	V			
I	1	<b>ХИМИЧЕСКИЕ</b>							
II	2	<b>H</b> <sup>1</sup> водород 1,00795							
III	3	<b>Li</b> <sup>3</sup> литий 6,9412	<b>Be</b> <sup>4</sup> бериллий 9,0121	<b>B</b> <sup>5</sup> бор 10,812	<b>C</b> <sup>6</sup> углерод 12,0108	<b>N</b> <sup>7</sup> азот 14,0067			
IV	4	<b>Na</b> <sup>11</sup> натрий 22,98977	<b>Mg</b> <sup>12</sup> магний 24,305	<b>Al</b> <sup>13</sup> алюминий 26,98154	<b>Si</b> <sup>14</sup> кремний 28,086	<b>P</b> <sup>15</sup> фосфор 30,97376			
IV	5	<b>K</b> <sup>19</sup> калий 39,0983	<b>Ca</b> <sup>20</sup> кальций 40,08	<b>Sc</b> <sup>21</sup> скандий 44,9559	<b>Ti</b> <sup>22</sup> титан 47,90	<b>V</b> <sup>23</sup> ванадий 50,9415			
	5	<b>Cu</b> <sup>29</sup> медь 63,546	<b>Zn</b> <sup>30</sup> цинк 65,38	<b>Ga</b> <sup>31</sup> галлий 69,72	<b>Ge</b> <sup>32</sup> германий 72,59	<b>As</b> <sup>33</sup> мышьяк 74,9216			
V	6	<b>Rb</b> <sup>37</sup> рубидий 85,4678	<b>Sr</b> <sup>38</sup> стронций 87,62	<b>Y</b> <sup>39</sup> иттрий 88,9059	<b>Zr</b> <sup>40</sup> цирконий 91,22	<b>Nb</b> <sup>41</sup> ниобий 92,9064			
	7	<b>Ag</b> <sup>47</sup> серебро 107,868	<b>Cd</b> <sup>48</sup> кадмий 112,41	<b>In</b> <sup>49</sup> индий 114,82	<b>Sn</b> <sup>50</sup> олово 118,69	<b>Sb</b> <sup>51</sup> сурьма 121,75			
VI	8	<b>Cs</b> <sup>55</sup> цезий 132,9054	<b>Ba</b> <sup>56</sup> барий 137,33	<b>La</b> <sup>57</sup> лантан 138,9	<b>Hf</b> <sup>72</sup> гафний 178,49	<b>Ta</b> <sup>73</sup> тантал 180,9479			
	9	<b>Au</b> <sup>79</sup> золото 196,9665	<b>Hg</b> <sup>80</sup> ртуть 200,59	<b>Tl</b> <sup>81</sup> таллий 204,37	<b>Pb</b> <sup>82</sup> свинец 207,2	<b>Bi</b> <sup>83</sup> висмут 208,9			
VII	10	<b>Fr</b> <sup>87</sup> франций 223	<b>Ra</b> <sup>88</sup> радий 226,0	<b>Ac</b> <sup>89</sup> актиний 227	<b>Rf</b> <sup>104</sup> резерфордий 261	<b>Db</b> <sup>105</sup> дубний 262			
	11	<b>Rg</b> <sup>111</sup> ренгений 272							
		<b>La</b> <sup>57</sup> лантан 138,9	<b>Ce</b> <sup>58</sup> церий 140,1	<b>Pr</b> <sup>59</sup> празеодим 140,9	<b>Nd</b> <sup>60</sup> неодим 144,2	<b>Pm</b> <sup>61</sup> прометий 145	<b>Sm</b> <sup>62</sup> самарий 150,4	<b>Eu</b> <sup>63</sup> европий 151,9	<b>Gd</b> <sup>64</sup> гадолиний 157,3
		<b>Ac</b> <sup>89</sup> актиний 227	<b>Th</b> <sup>90</sup> торий 232,0	<b>Pa</b> <sup>91</sup> протакти- ний 231,0	<b>U</b> <sup>92</sup> уран 238,0	<b>Np</b> <sup>93</sup> нептуний 237	<b>Pu</b> <sup>94</sup> плутоний 244	<b>Am</b> <sup>95</sup> америций 243	<b>Cm</b> <sup>96</sup> кюрий 247

Приложение

ЭЛЕМЕНТОВ Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА

ЭЛЕМЕНТОВ						
VI	VII	VIII				
		<b>ЭЛЕМЕНТЫ</b>				
						
		<b>He</b> <sup>2</sup> гелий 4,002602				
<b>O</b> <sup>8</sup> кислород 15,9994	<b>F</b> <sup>9</sup> фтор 18,99840					
		<b>Ne</b> <sup>10</sup> неон 20,179				
<b>S</b> <sup>16</sup> сера 32,06	<b>Cl</b> <sup>17</sup> хлор 35,453					
		<b>Ar</b> <sup>18</sup> аргон 39,948				
<b>Cr</b> <sup>24</sup> хром 51,996	<b>Mn</b> <sup>25</sup> марганец 54,9380	<b>Fe</b> <sup>26</sup> железо 55,847	<b>Co</b> <sup>27</sup> кобальт 58,9332	<b>Ni</b> <sup>28</sup> никель 58,70		
<b>Se</b> <sup>34</sup> селен 78,96	<b>Br</b> <sup>35</sup> бром 79,904					
		<b>Kr</b> <sup>36</sup> криптон 83,80				
<b>Mo</b> <sup>42</sup> молибден 95,94	<b>Tc</b> <sup>43</sup> технеций 98,9062	<b>Ru</b> <sup>44</sup> рутений 101,07	<b>Rh</b> <sup>45</sup> родий 102,9055	<b>Pd</b> <sup>46</sup> палладий 106,4		
<b>Te</b> <sup>52</sup> теллур 127,60	<b>I</b> <sup>53</sup> йод 126,9045					
		<b>Xe</b> <sup>54</sup> ксенон 131,30				
<b>W</b> <sup>74</sup> вольфрам 183,85	<b>Re</b> <sup>75</sup> рений 186,207	<b>Os</b> <sup>76</sup> осмий 190,2	<b>Ir</b> <sup>77</sup> иридий 192,22	<b>Pt</b> <sup>78</sup> платина 195,09		
<b>Po</b> <sup>84</sup> полоний 209	<b>At</b> <sup>85</sup> астат 210					
		<b>Rn</b> <sup>86</sup> радон 222				
<b>Sg</b> <sup>106</sup> сиборгий 266	<b>Bh</b> <sup>107</sup> борий 269	<b>Hs</b> <sup>108</sup> хассий 269	<b>Mt</b> <sup>109</sup> мейтнерий 268	<b>Ds</b> <sup>110</sup> дармштадтий 271		
					118	
<b>Tb</b> <sup>65</sup> тербий 158,9	<b>Dy</b> <sup>66</sup> диспрозий 162,5	<b>Ho</b> <sup>67</sup> гольмий 164,9	<b>Er</b> <sup>68</sup> эрбий 167,3	<b>Tm</b> <sup>69</sup> тулий 168,9	<b>Yb</b> <sup>70</sup> иттербий 173,0	<b>Lu</b> <sup>71</sup> лютеций 174,9
<b>Bk</b> <sup>97</sup> берклий 247	<b>Cf</b> <sup>98</sup> калийфорний 251	<b>Es</b> <sup>99</sup> эйнштейний 252	<b>Fm</b> <sup>100</sup> фермий 257	<b>Md</b> <sup>101</sup> менделевий 258	<b>No</b> <sup>102</sup> нобелий 259	<b>Lr</b> <sup>103</sup> лоуренсий 262

## ЛИТЕРАТУРА

1. Капустян А.И., Табенская Т.В. Химия: Для студентов подфаков вузов.–М.: Высш. шк., 1990.–395 с.
2. Литвиненко В.А., Клибус Г.Х., Капустян А.И. Химия: Для иностранных студентов подфаков вузов / Под ред. В.А. Литвиненко. – К.: Вища шк., 1995. – Ч.1. – 100 с.
3. Федорова Л.С., Мелихова С.М. Основные понятия и законы химии. Учебные задания по химии для студентов-иностранцев подготовительного факультета. –Х.: ХПИ, 1991. – 60 с.
4. Федорова Л.С., Мелихова С.М. Растворы. Учебные задания для самостоятельной работы студентов-иностранцев подготовительного факультета по курсу "Химия".–Х.: ХПИ, 1992. – 40 с.
5. Шиманович И.Е., Павлович М.Л., Тикавый В.Ф., Малашко П.М.: Общая химия в формулах, определениях, схемах. Справочное руководство /Под ред. В.Ф. Тикавого. – Мн.: изд-во "Университетское", 1987. – 501 с.
6. Буринская Н.Н. Химия: Учебник для 9 классов средних общеобразовательных школ. – 3-е изд. перераб. и доп.–К.: Перун, 2001. – 160 с.
7. Буринская Н.Н. Химия: Учебник для 8 классов общеобразовательных школ.– 3-е изд., испр. и доп.–К., Ирпине: ВТФ "Перун". 1997.– 150 с.
8. Хомченко И.Г. Сборник задач и упражнений по химии для средней школы. – М.: Новая волна, 2000. – 220 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b>	<b>3</b>
<b>1. ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ</b>	<b>6</b>
<b>2. ХИМИЧЕСКАЯ ФОРМУЛА</b>	<b>12</b>
<b>3. ВЕЩЕСТВА. СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ</b>	<b>19</b>
<b>4. АТОМНО-МОЛЕКУЛЯРНАЯ ТЕОРИЯ</b>	<b>26</b>
<b>5. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА</b>	<b>30</b>
<b>6. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА</b>	<b>35</b>
<b>7. КОЛИЧЕСТВА ВЕЩЕСТВА. МОЛЬ. МОЛЯРНАЯ МАССА</b>	<b>41</b>
7.1 <i>Количество вещества. Моль</i>	<b>41</b>
7.2 <i>Молярная масса</i>	<b>42</b>
<b>8. ВАЛЕНТНОСТЬ</b>	<b>52</b>
<b>9. ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО ХИМИЧЕСКИМ ФОРМУЛАМ</b>	<b>63</b>
<b>10. ФИЗИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ</b>	<b>69</b>
<b>11. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ МАССЫ ВЕЩЕСТВ</b>	<b>73</b>
<b>12. ХИМИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ</b>	<b>77</b>
<b>13. ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ</b>	<b>82</b>
<b>14. ЗАКОН АВОГАДРО</b>	<b>94</b>
<b>15. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ПЛОТНОСТЬ ГАЗА</b>	<b>104</b>
<b>16. ВЫЧИСЛЕНИЯ ПО ХИМИЧЕСКИМ УРАВНЕНИЯМ</b>	<b>115</b>
<b>17. РАСТВОРЫ</b>	<b>132</b>

*Оглавление*

<i>17.1. Основные понятия и определения</i>	<i>132</i>
<i>17.2. Способы выражения Количественного состава раствора</i>	<i>142</i>
<i>17.3. Массовая доля растворённого вещества</i>	<i>142</i>
<i>17.4. Молярная концентрация вещества</i>	<i>175</i>
<b>РУССКО-АНГЛО-ФРАНЦУЗСКИЙ СЛОВАРЬ</b>	<b>195</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ</b>	<b>209</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА</b>	<b>217</b>

Навчальне видання

Упорядники: ЛІСАЧУК Лідія Миколаївна  
ФЕДОРОВА Лідія Семенівна  
РАЛІТНА Інга Анатоліївна

**ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ І ЗАКОНИ ХІМІЇ. РОЗЧИНИ**

*Навчальний посібник для студентів – іноземців  
підготовчого факультету*

Російською мовою

Роботу до видання рекомендував проф. А.І. Лобода

В авторській редакції

*Оригінал-макет підготувала Космачова Т.С.*

План 2007 р., поз. 113/\_\_\_\_

Підписано до друку 05.07.2007. Формат 60x84 1/8. Папір офсетний.  
Друк – ризографія. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 4,7. Обл.-вид. арк. .  
Наклад 150 прим. Зам. № . Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП». 61002, Україна, Харків, вул. Фрунзе, 21  
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 116 від 10.07.2000 р.

Друкарня НТУ «ХП» 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21