

Н.Э. Варавва

# ХИМИЯ

Наглядные  
материалы,  
комментарии

Все  
темы  
ГИА, ЕГЭ  
в виде  
схем и таблиц

**ВСЬ  
ШКОЛЬНЫЙ КУРС  
В СХЕМАХ  
И ТАБЛИЦАХ**

Эффективно

Наглядно

Доступно

Информативно

Логично



УДК 373.167.1:54  
ББК 24я7  
В 18

**Варавва, Наталья Эдуардовна.**

В 18 Химия / Н. Э. Варавва. — Москва : Эксмо, 2014. —  
240 с. — (Весь школьный курс в схемах и таблицах).

ISBN 978-5-699-71191-8

Весь школьный курс по химии представлен в виде логических схем и информативных таблиц. Наглядное, четкое и схематичное изложение материала позволяет быстро усвоить большой объем информации, облегчить понимание сложных законов, понятий, определений, обобщить и систематизировать знания.

Издание поможет учащимся эффективно подготовиться к сдаче ЕГЭ по химии.

УДК 373.167.1:54  
ББК 24я7

ISBN 978-5-699-71191-8

© Варавва Н.Э., 2014

© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2014

# СОДЕРЖАНИЕ

## 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИИ

<b>1.1. Химический элемент</b> . . . . .	8
<b>1.1.1.</b> Современные представления о строении атома. Строение электронных оболочек атомов элементов первых четырех периодов: <i>s</i> -, <i>p</i> - и <i>d</i> -элементы. Электронная конфигурация атома. Основное и возбужденное состояние атомов . . . . .	8
<b>1.1.2.</b> Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева. Радиусы атомов, их периодические изменения в системе химических элементов. Закономерности изменения химических свойств элементов и их соединений по периодам и группам . . . . .	30
<b>1.2. Химическая связь и строение вещества</b> . . . . .	33
<b>1.2.1.</b> Ковалентная химическая связь, ее разновидности (полярная и неполярная), механизмы образования. Характеристики ковалентной связи (длина и энергия связи). Ионная связь. Металлическая связь. Водородная связь. . . . .	33
<b>1.2.2.</b> Электроотрицательность. Степень окисления и валентность химических элементов. . . . .	40
<b>1.2.3.</b> Вещества молекулярного и немолекулярного строения. Зависимость свойств веществ от особенностей их кристаллической решетки. . .	41
<b>1.3. Неорганическая химия</b> . . . . .	45
<b>1.3.1.</b> Классификация и номенклатура неорганических веществ . . . . .	45
<b>1.3.2.</b> Общая характеристика металлов главных подгрупп I–III групп в связи с их положением в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева и особенностями строения их атомов . . . . .	46

1.3.3. Характеристика переходных элементов — меди, цинка, хрома, железа — по их положению в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева и особенностям строения их атомов . . . . .	47
1.3.4. Общая характеристика неметаллов главных подгрупп IV–VII групп в связи с их положением в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева и особенностями строения их атомов . . . . .	49
1.3.5. Характерные химические свойства простых веществ — металлов: щелочных, щелочноземельных, алюминия, переходных металлов (меди, цинка, хрома, железа) . . . . .	53
1.3.6. Характерные химические свойства простых веществ — неметаллов: водорода, галогенов, кислорода, серы, азота, фосфора, углерода, кремния . . . . .	71
1.3.7. Характерные химические свойства оксидов: основных, амфотерных, кислотных . . . . .	106
1.3.8. Характерные химические свойства оснований и амфотерных гидроксидов . . . . .	109
1.3.9. Характерные химические свойства кислот . . . . .	113
1.3.10. Характерные химические свойства солей: средних, кислых, основных; комплексных (на примере соединений алюминия и цинка). . . . .	118
<b>1.4. Органическая химия . . . . .</b>	<b>128</b>
1.4.1. Теория строения органических соединений. Изомерия – структурная и пространственная. Гомологи и гомологический ряд . . . . .	128
1.4.2. Типы связей в молекулах органических веществ. Гибридизация атомных орбиталей углерода. Радикал. Функциональная группа . . . . .	133
1.4.3. Классификация и номенклатура органических соединений . . . . .	135
1.4.4. Характерные химические свойства углеводородов: алканов, циклоалканов, алкенов, диенов, алкинов . . . . .	138
1.4.5. Характерные химические свойства ароматических углеводородов: бензола и толуола . . . . .	148

1.4.6. Характерные химические свойства предельных одноатомных и многоатомных спиртов; фенола . . . . .	152
1.4.7. Характерные химические свойства альдегидов, предельных карбоновых кислот, сложных эфиров . . . . .	157
1.4.8. Характерные химические свойства азотсодержащих органических соединений: аминов и аминокислот . . . . .	163
1.4.9. Биологически важные вещества: жиры, белки, углеводы (моносахариды, дисахариды, полисахариды) . . . . .	166
<b>1.5. Химическая реакция . . . . .</b>	<b>172</b>
1.5.1. Классификация химических реакций в неорганической и органической химии . . . . .	172
1.5.2. Тепловой эффект химической реакции. Термохимические уравнения . . . . .	174
1.5.3. Скорость реакции, ее зависимость от различных факторов . . . . .	175
1.5.4. Обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Смещение химического равновесия под действием различных факторов . . . . .	177
1.5.5. Электролитическая диссоциация электролитов в водных растворах. Сильные и слабые электролиты. . . . .	179
1.5.6. Реакции ионного обмена. . . . .	182
1.5.7. Гидролиз солей. Среда водных растворов: кислая, нейтральная, щелочная . . . . .	183
1.5.8. Реакции окислительно-восстановительные. Коррозия металлов и способы защиты от нее . .	185
1.5.9. Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот) . . . . .	188
1.5.10. Механизмы реакций замещения и присоединения в органической химии. Правило В. В. Марковникова . . . . .	189
1.5.11. Реакции, подтверждающие взаимосвязь различных классов. . . . .	191

## 2. МЕТОДЫ ПОЗНАНИЯ ВЕЩЕСТВ И ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

<b>2.1. Экспериментальные основы химии</b> . . . . .	193
<b>2.1.1. Правила работы в лаборатории.</b> Правила безопасности при работе с едкими, горючими и токсичными веществами, средствами бытовой химии . . . . .	193
<b>2.1.2. Научные методы исследования химических     веществ и превращений. Методы разделения     смесей и очистки веществ.</b> . . . . .	195
<b>2.1.3. Определение характера среды водных растворов     веществ. Индикаторы.</b> . . . . .	196
<b>2.1.4. Качественные реакции на неорганические     вещества и ионы. Идентификация органических     соединений</b> . . . . .	196
<b>2.2. Общие способы получения веществ</b> . . . . .	203
<b>2.2.1. Общие способы получения металлов. Общие     научные принципы химического производства     (на примере промышленного получения     аммиака, серной кислоты, метанола)</b> . . . . .	204
<b>2.2.2. Природные источники и переработка     углеводородов</b> . . . . .	207
<b>2.2.3. Высокомолекулярные соединения.     Реакции полимеризации и поликонденсации.     Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки</b> . . .	209
<b>2.2.4. Реакции, характеризующие основные свойства     и способы получения</b> . . . . .	212
<b>2.3. Расчеты по химическим формулам и уравнениям     реакций</b> . . . . .	217
<b>2.3.1. Вычисление массы растворенного вещества,     содержащегося в определенной массе раствора     с известной массовой долей.</b> . . . . .	224
<b>2.3.2. Расчеты: объемных отношений газов     при химических реакциях</b> . . . . .	225
<b>2.3.3. Расчет массы вещества или объема газов     по известному количеству вещества, массе     или объему одного из участвующих в реакции     веществ</b> . . . . .	226

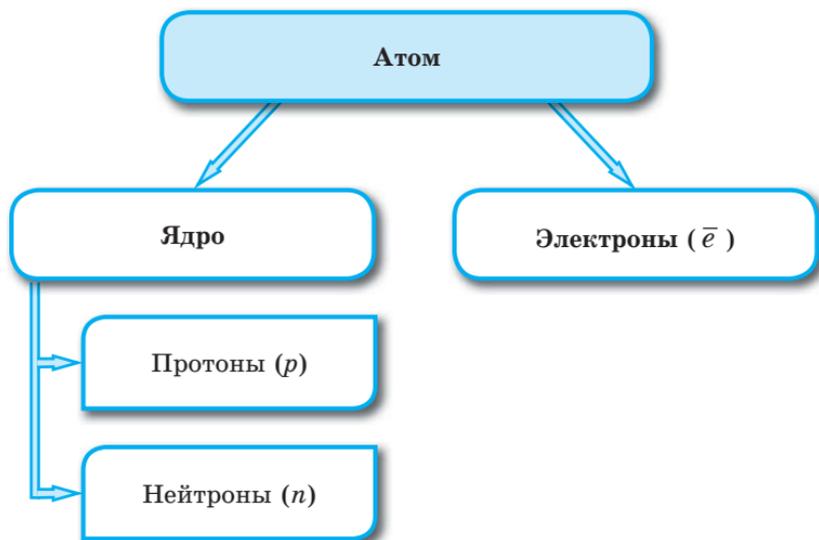
---

<b>2.3.4.</b> Расчет теплового эффекта реакции . . . . .	229
<b>2.3.5.</b> Расчет массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси) . . . . .	231
<b>2.3.6.</b> Расчет массы (объема, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества . . . . .	233
<b>2.3.7.</b> Нахождение молекулярной формулы вещества .	234
<b>2.3.8.</b> Расчет массовой или объемной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного . . . . .	236
<b>2.3.9.</b> Расчет массовой доли (массы) химического соединения в смеси . . . . .	238

## 1.1. Химический элемент

### 1.1.1. Современные представления о строении атома. Строение электронных оболочек атомов элементов первых четырех периодов: *s*-, *p*- и *d*-элементы. Электронная конфигурация атома. Основное и возбужденное состояние атомов

**Атом** — химически неделимая электронейтральная частица, которая состоит из положительно заряженного ядра и движущихся вокруг него отрицательно заряженных электронов.



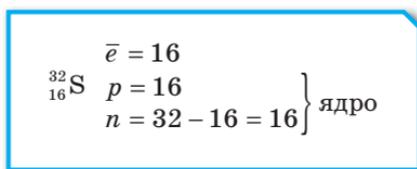
#### Состав ядра

$$A = Z + N,$$

где  $A$  — массовое число;  $Z$  — протонное число (количество протонов);  $N$  — количество нейтронов.

## Элементарные частицы

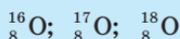
Название	Обозначение	Масса	Заряд
Электрон	$\bar{e}$	$\approx 0$	-1
Протон	$p$	1	+1
Нейтрон	$n$	1	0



**Нуклиды** — разновидности атомных ядер с фиксированным массовым числом  $A$ , числом протонов  $Z$  и нейтронов  $N$ .

**Изотопы** — разновидности атомов одного химического элемента, имеющие одинаковые заряды ядер, но разные массовые числа.

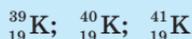
➤ **изотопы кислорода:**



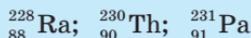
➤ **изотопы водорода:**



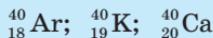
➤ **изотопы калия:**



**Изотопы** — разновидности атомов разных химических элементов, имеющие одинаковое количество нейтронов, но разные атомные номера.



**Изобары** — разновидности атомов разных химических элементов, имеющих одинаковые массовые числа, но разные атомные номера.



**Относительная атомная масса элемента ( $A_r$ )** — физическая величина, показывающая, во сколько раз средняя масса атомов данного элемента больше  $1/12$  части массы нуклида углерода  ${}^{12}\text{C}$ .

$$\begin{aligned} \frac{1}{12} m_a({}^{12}\text{C}) &= \frac{1}{12} \cdot 1,993 \cdot 10^{-26} \text{ кг} = \\ &= 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ г}. \end{aligned}$$

**Атомная единица массы (а. е. м.),** обозначается  $u$ :

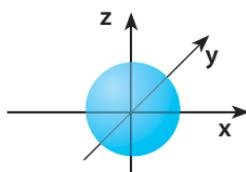
$$A_r(\text{X}) = \frac{m_a(\text{X})}{u} \leftrightarrow m_a(\text{X}) = A_r(\text{X}) \cdot u$$

## Орбиталь

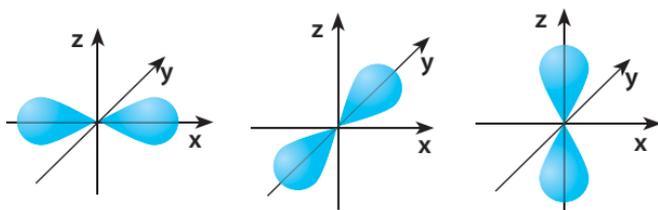
**Орбиталь** — пространство вокруг ядра, в котором нахождение электрона наиболее вероятно.

### Вид и форма

s-орбиталь



p-орбитали

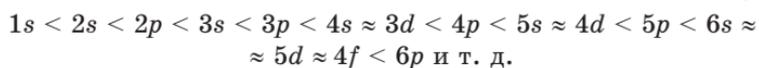


d-, f-, g-орбитали имеют более сложную форму

### Обозначения

- свободная орбиталь
- ↑ — орбиталь с одним электроном
- ↑↓ — заполненная орбиталь

**Порядок заполнения орбиталей** — увеличение энергии орбиталей.



**Принцип Паули:** на каждой орбитали могут находиться не более двух электронов, причем спины их противоположны.



запрещено



разрешено

**Правило Хунта:** орбитали заполняются электронами так, чтобы их суммарный спин был максимальным.



запрещено



разрешено



## Строение электронных оболочек атомов первых четырех периодов

### Строение элементов первого периода

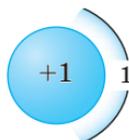
Элемент

 ${}_1\text{H}$ 

Электронная формула

 $1s^1$ 

Схема электронного строения

Графическая формула  
валентных электронов

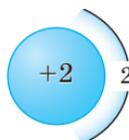
Элемент

 ${}_2\text{He}$ 

Электронная формула

 $1s^2$ 

Схема электронного строения

Графическая формула  
валентных электронов

### Строение элементов второго периода

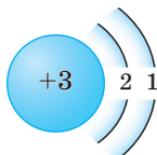
Элемент

 ${}_3\text{Li}$ 

Электронная формула

 $1s^2 2s^1$ 

Схема электронного строения

Графическая формула  
валентных электронов

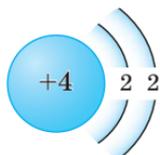
Элемент

**<sub>4</sub>Be**

Электронная формула



Схема электронного строения



Графическая формула валентных электронов



Элемент

**<sub>5</sub>B**

Электронная формула

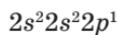
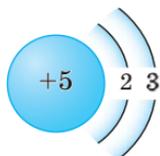
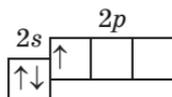


Схема электронного строения



Графическая формула валентных электронов



Элемент

**<sub>6</sub>C**

Электронная формула

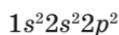
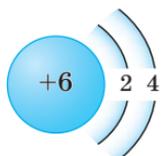
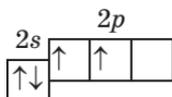


Схема электронного строения



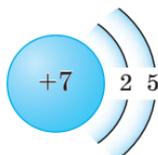
Графическая формула валентных электронов



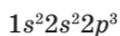
Элемент

**<sub>7</sub>N**

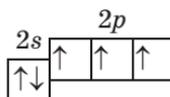
Схема электронного строения



Электронная формула



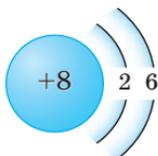
Графическая формула валентных электронов



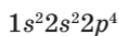
Элемент

**<sub>8</sub>O**

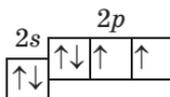
Схема электронного строения



Электронная формула



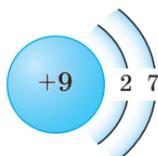
Графическая формула валентных электронов



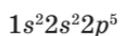
Элемент

**<sub>9</sub>F**

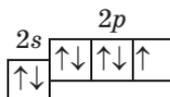
Схема электронного строения



Электронная формула



Графическая формула валентных электронов



Элемент

 $_{10}\text{Ne}$ 

Электронная формула

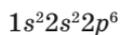
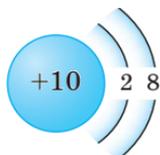
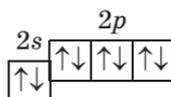


Схема электронного строения



Графическая формула валентных электронов



## Строение элементов третьего периода

Элемент

 $_{11}\text{Na}$ 

Электронная формула

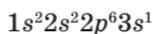
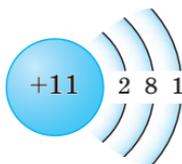


Схема электронного строения



Графическая формула валентных электронов



Элемент

 $_{12}\text{Mg}$ 

Электронная формула

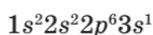
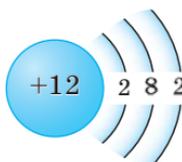


Схема электронного строения



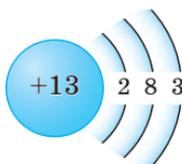
Графическая формула валентных электронов



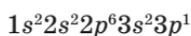
Элемент

 ${}_{13}\text{Al}$ 

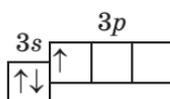
Схема электронного строения



Электронная формула



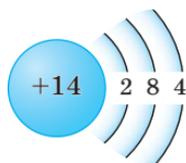
Графическая формула валентных электронов



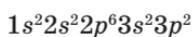
Элемент

 ${}_{14}\text{Si}$ 

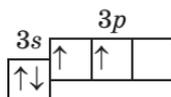
Схема электронного строения



Электронная формула



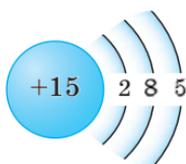
Графическая формула валентных электронов



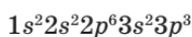
Элемент

 ${}_{15}\text{P}$ 

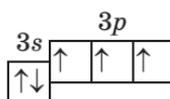
Схема электронного строения



Электронная формула



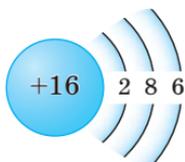
Графическая формула валентных электронов



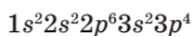
Элемент

 ${}_{16}\text{S}$ 

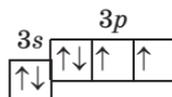
Схема электронного строения



Электронная формула



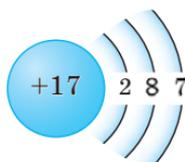
Графическая формула валентных электронов



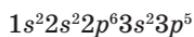
Элемент

 ${}_{17}\text{Cl}$ 

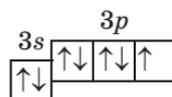
Схема электронного строения



Электронная формула



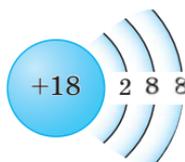
Графическая формула валентных электронов



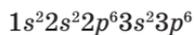
Элемент

 ${}_{18}\text{Ar}$ 

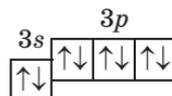
Схема электронного строения



Электронная формула



Графическая формула валентных электронов



## Строение элементов четвертого периода

Элемент

 $_{19}\text{K}$ 

Электронная формула

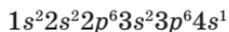
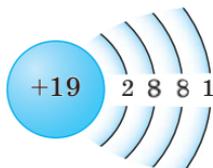


Схема электронного строения



Графическая формула валентных электронов



Элемент

 $_{20}\text{Ca}$ 

Электронная формула

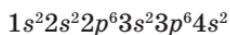
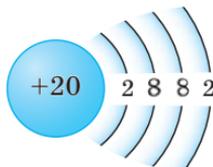


Схема электронного строения



Графическая формула валентных электронов



Элемент

 $_{21}\text{Sc}$ 

Электронная формула

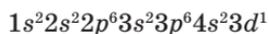
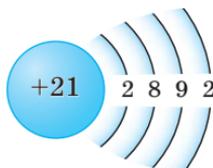
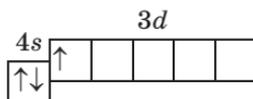


Схема электронного строения



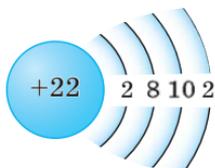
Графическая формула валентных электронов



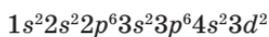
Элемент

 $_{22}\text{Ti}$ 

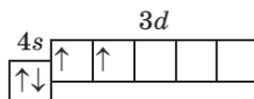
Схема электронного строения



Электронная формула



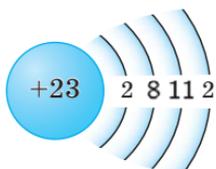
Графическая формула валентных электронов



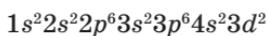
Элемент

 $_{23}\text{V}$ 

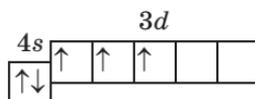
Схема электронного строения



Электронная формула



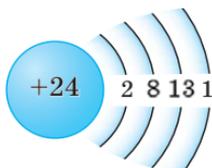
Графическая формула валентных электронов



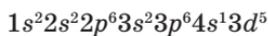
Элемент

 $_{24}\text{Cr}$ 

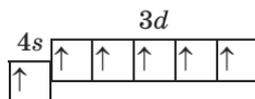
Схема электронного строения



Электронная формула



Графическая формула валентных электронов

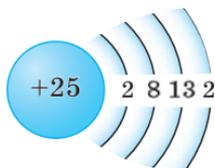


«провал электрона»

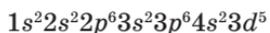
Элемент

**<sub>25</sub>Mn**

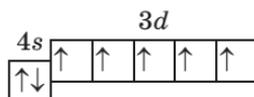
Схема электронного строения



Электронная формула



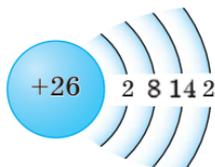
Графическая формула валентных электронов



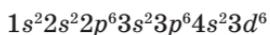
Элемент

**<sub>26</sub>Fe**

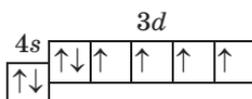
Схема электронного строения



Электронная формула



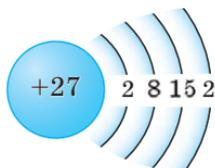
Графическая формула валентных электронов



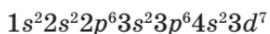
Элемент

**<sub>27</sub>Co**

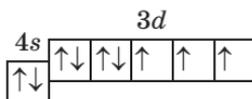
Схема электронного строения



Электронная формула



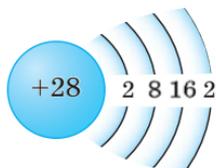
Графическая формула валентных электронов



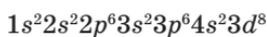
Элемент

 $_{28}\text{Ni}$ 

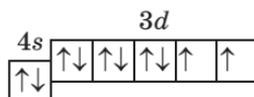
Схема электронного строения



Электронная формула



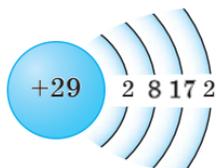
Графическая формула валентных электронов



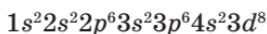
Элемент

 $_{29}\text{Cu}$ 

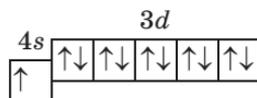
Схема электронного строения



Электронная формула



Графическая формула валентных электронов

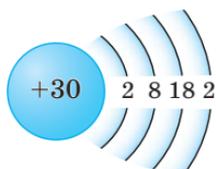


«провал электрона»

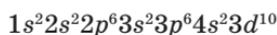
Элемент

 $_{30}\text{Zn}$ 

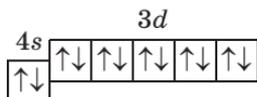
Схема электронного строения



Электронная формула



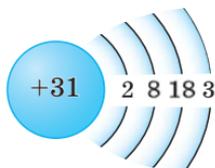
Графическая формула валентных электронов



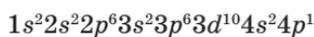
Элемент

**<sub>31</sub>Ga**

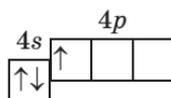
Схема электронного строения



Электронная формула



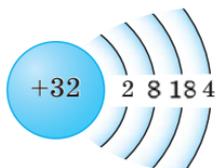
Графическая формула валентных электронов



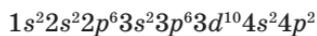
Элемент

**<sub>32</sub>Ge**

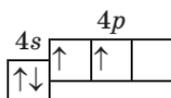
Схема электронного строения



Электронная формула



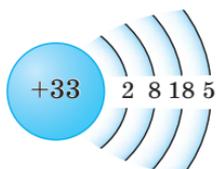
Графическая формула валентных электронов



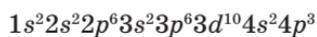
Элемент

**<sub>33</sub>As**

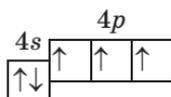
Схема электронного строения



Электронная формула



Графическая формула валентных электронов



Элемент

**<sub>34</sub>Se**

Электронная формула

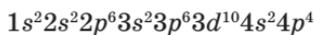
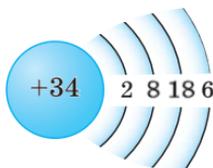
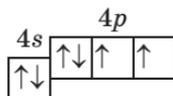


Схема электронного строения



Графическая формула валентных электронов



Элемент

**<sub>35</sub>Br**

Электронная формула

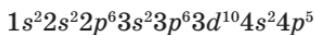
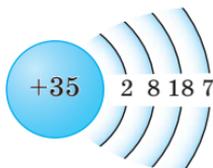
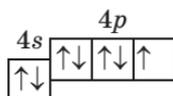


Схема электронного строения



Графическая формула валентных электронов



Элемент

**<sub>36</sub>Kr**

Электронная формула

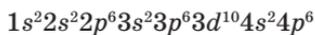
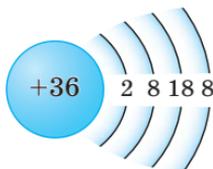
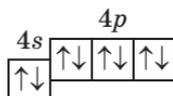


Схема электронного строения



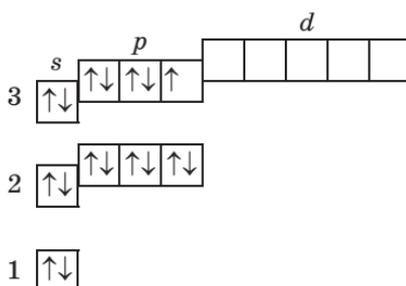
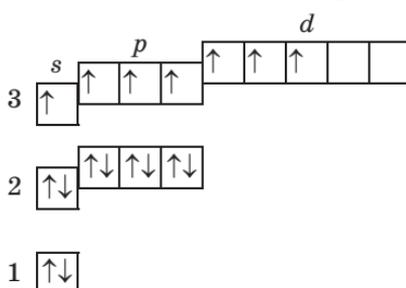
Графическая формула валентных электронов



**Основное и возбужденное состояние атомов**

Квантовое состояние атома с наименьшей энергией называется **основным**.

При переходе электронов с уровня (подуровня) с меньшей энергией на уровни (подуровни) с большей энергией возникают **возбужденные** состояния.

**Основное состояние атома хлора  $_{17}\text{Cl}$** **Возбужденное состояние атома хлора  $_{17}\text{Cl}$** 

Для возможности перехода атома в возбужденное состояние необходимо выполнение одновременно двух условий:

- наличие спаренных электронов;
- наличие свободных орбиталей.

## Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева

Группы Периоды	а I б	а II б	а III б	а IV б	а V б
1	(H)				
2	Li 6,941 <sup>3</sup> 2s <sup>1</sup> Литий	Be 9,012 <sup>4</sup> 2s <sup>2</sup> Бериллий	B 10,81 <sup>5</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup> Бор	C 12,011 <sup>6</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup> Углерод	N 14,0067 <sup>7</sup> 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup> Азот
3	Na 22,990 <sup>11</sup> 3s <sup>1</sup> Натрий	Mg 24,305 <sup>12</sup> 3s <sup>2</sup> Магний	Al 26,981 <sup>13</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup> Алюминий	Si 28,086 <sup>14</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup> Кремний	P 30,973 <sup>15</sup> 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup> Фосфор
4	K 39,098 <sup>19</sup> 4s <sup>1</sup> Калий	Ca 40,08 <sup>20</sup> 4s <sup>2</sup> Кальций	Sc 44,956 <sup>21</sup> 3d <sup>1</sup> 4s <sup>2</sup> Скандий	Ti 47,90 <sup>22</sup> 3d <sup>2</sup> 4s <sup>2</sup> Титан	V 50,941 <sup>23</sup> 3d <sup>3</sup> 4s <sup>2</sup> Ванадий
	29 63,547 <sup>29</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>1</sup> Медь	30 65,38 <sup>30</sup> 3d <sup>10</sup> 4s <sup>2</sup> Цинк	Zn 69,72 <sup>31</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup> Галлий	Ge 72,59 <sup>32</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup> Германий	As 74,921 <sup>33</sup> 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup> Мышьяк
5	Rb 85,468 <sup>37</sup> 5s <sup>1</sup> Рубидий	Sr 87,62 <sup>38</sup> 5s <sup>2</sup> Стронций	Y 88,906 <sup>39</sup> 4d <sup>1</sup> 5s <sup>2</sup> Иттрий	Zr 91,22 <sup>40</sup> 4d <sup>2</sup> 5s <sup>2</sup> Цирконий	Nb 92,906 <sup>41</sup> 4d <sup>4</sup> 5s <sup>1</sup> Ниобий
	47 107,868 <sup>47</sup> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>1</sup> Серебро	48 112,40 <sup>48</sup> 4d <sup>10</sup> 5s <sup>2</sup> Кадмий	In 114,82 <sup>49</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup> Индий	Sn 118,69 <sup>50</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup> Олово	Sb 121,75 <sup>51</sup> 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup> Сурьма
6	Cs 132,905 <sup>55</sup> 6s <sup>1</sup> Цезий	Ba 137,34 <sup>56</sup> 6s <sup>2</sup> Барий	* La 138,905 <sup>57</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Лантан	Hf 178,49 <sup>72</sup> 5d <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> Гафний	Ta 180,948 <sup>73</sup> 5d <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> Тантал
	79 196,967 <sup>79</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>1</sup> Золото	80 200,59 <sup>80</sup> 5d <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> Ртуть	Tl 204,37 <sup>81</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup> Таллий	Pb 207,2 <sup>82</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup> Свинец	Bi 208,980 <sup>83</sup> 6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup> Висмут
7	Fr [223] <sup>87</sup> 7s <sup>1</sup> Франций	Ra 226,025 <sup>88</sup> 7s <sup>2</sup> Радий	** Ac [227] <sup>89</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Актиний	[261] Rf <sup>104</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> Резерфордий	[262] Db <sup>105</sup> 6d <sup>3</sup> 7s <sup>2</sup> Дубний

## Лантаноиды

58 140,12 <sup>58</sup> 4f <sup>1</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Церий	59 140,908 <sup>59</sup> 4f <sup>2</sup> 6s <sup>2</sup> Празеодим	60 144,24 <sup>60</sup> 4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> Неодим	61 [145] <sup>61</sup> 4f <sup>3</sup> 6s <sup>2</sup> Прометий	62 150,4 <sup>62</sup> 4f <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> Самарий	63 151,96 <sup>63</sup> 4f <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> Европий	64 157,25 <sup>64</sup> 4f <sup>7</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> Гадолиний
---	--	--	---	--	---	---

## Актиноиды

90 232,038 <sup>90</sup> 6d <sup>2</sup> 7s <sup>2</sup> Торий	[231] <sup>91</sup> 5f <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Протактиний	92 238,029 <sup>92</sup> 5f <sup>3</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Уран	[237] <sup>93</sup> 5f <sup>4</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Нептуний	[244] <sup>94</sup> 5f <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> Плутоний	[243] <sup>95</sup> 5f <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> Америций	[247] <sup>96</sup> 5f <sup>7</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> Кюрий
--	---	---	--	--	--	---

а VI б	а VII б	а	VIII	б
	<b>H</b> 1,0079 1s <sup>1</sup> 1 Водород	<b>He</b> 4,0026 1s <sup>2</sup> 2 Гелий	Символ элемента Атомная масса Атомный номер Распределение электронов по застраивающимся подуровням Название элемента Распределение электронов по уровням	
<b>O</b> 15,999 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup> 6 2 Кислород	<b>F</b> 18,998 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup> 7 2 Фтор	<b>Ne</b> 20,179 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup> 8 2 Неон	<b>Ar</b> 39,948 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 8 8 2 Аргон	
<b>S</b> 32,06 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup> 6 8 2 Сера	<b>Cl</b> 32,453 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup> 7 8 2 Хлор	<b>Ar</b> 39,948 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup> 8 8 2 Аргон	<b>Fe</b> 55,847 3d <sup>6</sup> 4s <sup>2</sup> 2 14 8 2 Железо	<b>Co</b> 58,933 3d <sup>7</sup> 4s <sup>2</sup> 2 15 8 2 Кобальт
<b>Cr</b> 51,996 3d <sup>5</sup> 4s <sup>1</sup> 1 13 8 2 Хром	<b>Mn</b> 54,938 3d <sup>5</sup> 4s <sup>2</sup> 2 13 8 2 Марганец		<b>Ni</b> 58,70 3d <sup>8</sup> 4s <sup>2</sup> 2 16 8 2 Никель	
<b>Se</b> 78,96 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup> 6 18 8 2 Селен	<b>Br</b> 79,904 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup> 7 18 8 2 Бром	<b>Kr</b> 83,80 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup> 8 18 8 2 Криптон		
<b>Mo</b> 95,94 4d <sup>5</sup> 5s <sup>1</sup> 1 13 18 8 2 Молибден	<b>Tc</b> 98,906 4d <sup>5</sup> 5s <sup>2</sup> 1 13 18 8 2 Технеций		<b>Ru</b> 101,07 4d <sup>7</sup> 5s <sup>1</sup> 1 15 18 8 2 Рутений	<b>Rh</b> 102,905 4d <sup>8</sup> 5s <sup>1</sup> 1 16 18 8 2 Родий
<b>Pd</b> 106,4 4d <sup>10</sup> 18 18 8 2 Палладий				
<b>Te</b> 127,60 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup> 6 18 18 8 2 Теллур	<b>I</b> 126,904 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup> 7 18 18 8 2 Иод	<b>Xe</b> 131,30 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup> 8 18 18 8 2 Ксенон		
<b>W</b> 183,85 5d <sup>4</sup> 6s <sup>2</sup> 2 12 32 18 18 8 2 Вольфрам	<b>Re</b> 186,207 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> 2 13 32 18 18 8 2 Рений		<b>Os</b> 190,2 5d <sup>6</sup> 6s <sup>2</sup> 2 14 32 18 18 8 2 Осмий	<b>Ir</b> 192,22 5d <sup>7</sup> 6s <sup>2</sup> 2 15 32 18 18 8 2 Иридий
<b>Pt</b> 195,09 5d <sup>9</sup> 6s <sup>1</sup> 1 17 32 18 18 8 2 Платина				
<b>Po</b> [209] 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup> 6 18 32 18 8 2 Полоний	<b>At</b> [210] 6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup> 7 18 32 18 8 2 Астат	<b>Rn</b> [222] 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup> 8 19 32 18 8 2 Радон		
<b>Sg</b> [266] 6d <sup>4</sup> 7s <sup>2</sup> 2 12 32 32 18 18 8 2 Сиборгий	<b>Bh</b> [267] 6d <sup>5</sup> 7s <sup>2</sup> 2 13 32 32 18 18 8 2 Борий		<b>Hs</b> [269] 6d <sup>6</sup> 7s <sup>2</sup> 2 14 32 32 18 18 8 2 Хассий	<b>Mt</b> [268] 6d <sup>7</sup> 7s <sup>2</sup> 2 15 32 32 18 18 8 2 Мейтнерий
				<b>Ds</b> [271] 6d <sup>9</sup> 7s <sup>1</sup> 1 17 32 32 18 18 8 2 Дармштадтий

<b>Tb</b> 158,925 4f <sup>9</sup> 6s <sup>2</sup> 2 9 27 18 8 2 Тербий	<b>Dy</b> 162,50 4f <sup>10</sup> 6s <sup>2</sup> 2 9 28 18 8 2 Диспрозий	<b>Ho</b> 164,93 4f <sup>11</sup> 6s <sup>2</sup> 2 9 28 18 8 2 Гольмий	<b>Er</b> 167,26 4f <sup>12</sup> 6s <sup>2</sup> 2 9 29 18 8 2 Эрбий	<b>Tm</b> 168,93 4f <sup>13</sup> 6s <sup>2</sup> 2 9 30 18 8 2 Тулий	<b>Yb</b> 173,04 4f <sup>14</sup> 6s <sup>2</sup> 2 9 31 18 8 2 Иттербий	<b>Lu</b> 174,97 4f <sup>14</sup> 5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup> 2 9 32 18 8 2 Лютеций
--	---	---	---	---	--	---

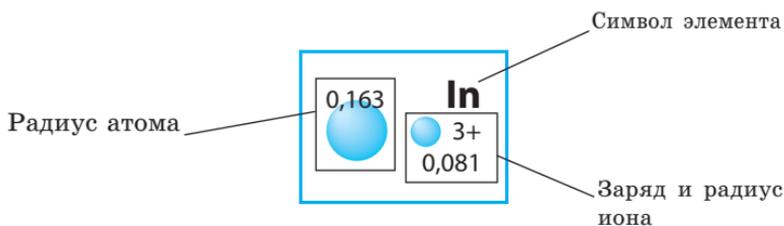
<b>Vk</b> [247] 5f <sup>8</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 2 9 26 32 18 8 2 Берклий	<b>Cf</b> [251] 5f <sup>10</sup> 7s <sup>2</sup> 2 9 27 32 18 8 2 Калифорний	<b>Es</b> [254] 5f <sup>11</sup> 7s <sup>2</sup> 2 9 28 32 18 8 2 Эйнштейний	<b>Fm</b> [257] 5f <sup>12</sup> 7s <sup>2</sup> 2 9 29 32 18 8 2 Фермий	<b>Md</b> [258] 5f <sup>13</sup> 7s <sup>2</sup> 2 9 30 32 18 8 2 Менделеевский	<b>No</b> [259] 5f <sup>14</sup> 7s <sup>2</sup> 2 9 31 32 18 8 2 Нобелий	<b>Lr</b> [262] 5f <sup>14</sup> 6d <sup>1</sup> 7s <sup>2</sup> 2 9 32 32 18 8 2 Лоуренсий
---	---	---	---	--	--	--

## Радиусы некоторых атомов и ионов (в нанометрах)

Периоды	Группы		
	1а	2а	3а
1	0,037  <b>H</b> • 1+ ?		
2	0,152  <b>Li</b> • 1+ 0,060	0,111  <b>Be</b> • 2+ 0,031	0,088  <b>B</b> • 3+ 0,020
3	0,154  <b>Na</b> • 1+ 0,095	0,160  <b>Mg</b> • 2+ 0,065	0,143  <b>Al</b> • 3+ 0,050
4	0,227  <b>K</b> • 1+ 0,133	0,197  <b>Ca</b> • 2+ 0,099	0,122  <b>Ga</b> • 3+ 0,062
5	0,244  <b>Rb</b> • 1+ 0,148	0,215  <b>Sr</b> • 2+ 0,113	0,163  <b>In</b> • 3+ 0,081
6	0,265  <b>Cs</b> • 1+ 0,169	0,217  <b>Ba</b> • 2+ 0,135	0,170  <b>Tl</b> • 3+ 0,095
7	0,270  <b>Fr</b>	0,220  <b>Ra</b> • 2+ 0,152	

Голубым цветом обозначены радиусы атомов и ионов металлических элементов, черным — атомы и ионы неметаллических элементов.

Группы			
4a	5a	6a	7a
			0,037 • 0,208 <b>H</b>
0,077 • 0,015 <b>C</b> • 4+	0,070 • 0,171 <b>N</b> 3-	0,066 • 0,140 <b>O</b> 2-	0,064 • 0,136 <b>F</b> 1-
0,117 • 0,041 <b>Si</b> • 4+	0,110 • 0,212 <b>P</b> 3-	0,104 • 0,184 <b>S</b> 2-	0,099 • 0,181 <b>Cl</b> 1-
0,122 • 0,053 <b>Ge</b> • 4+	0,121 • 0,222 <b>As</b> 3-	0,116 • 0,198 <b>Se</b> 2-	0,110 • 0,195 <b>Br</b> 1-
0,141 • 0,071 <b>Sn</b> • 4+	0,141 • 0,062 <b>Sb</b> • 5+	0,137 • 0,221 <b>Te</b> 2-	0,133 • 0,216 <b>I</b> 1-
0,175 • 0,084 <b>Pb</b> • 4+	0,155 • 0,074 <b>Bi</b> • 5+	0,167 • <b>Po</b>	0,140 • <b>At</b>



### 1.1.2. Периодический закон и Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева. Радиусы атомов, их периодические изменения в системе химических элементов. Закономерности изменения химических свойств элементов и их соединений по периодам и группам

**Периодический закон** — свойства химических элементов, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины заряда атомных ядер.

**Периодическая система** — графическое отображение Периодического закона, в которой элементы расположены в порядке возрастания зарядов ядер их атомов.

**Период** — горизонтальный ряд элементов, расположенных в порядке возрастания зарядов ядер их атомов, начинающийся щелочным металлом (1-й период — водородом) и заканчивающийся инертным газом.

Малые периоды	Большие периоды
Включают элементы только главных подгрупп ( <i>s</i> - и <i>p</i> -элементы)	Включают элементы и главных, и побочных подгрупп ( <i>s</i> -, <i>p</i> -, <i>d</i> -, <i>f</i> -элементы)

**Группа** — вертикальный ряд элементов, расположенных в порядке возрастания зарядов ядер их атомов, имеющих одинаковую электронную конфигурацию внешних энергетических уровней.

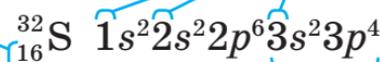
Главные подгруппы	Побочные подгруппы
Включают элементы и малых, и больших периодов, у которых последними заполняются электронами $s$ - и $p$ -подуровни	Включают элементы только больших периодов, у которых последними заполняются электронами предшествующие энергетические уровни ( $d$ - или $f$ -подуровень)



### Пример

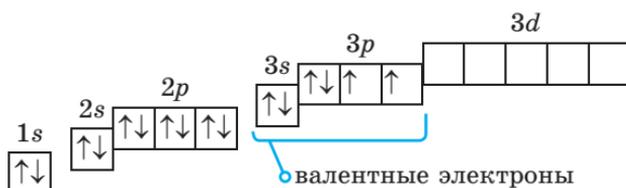
Порядковый номер — 16

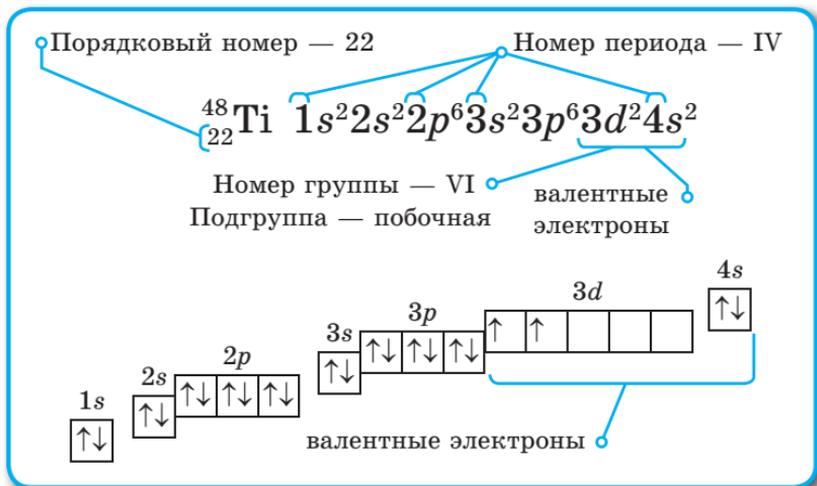
Номер периода — III



валентные электроны

Номер группы — VI  
Подгруппа — главная





**Радиус атома** — расстояние от центра ядра до сферической поверхности, которая ограничена орбиталями с электронами последнего энергетического уровня.

**Радиус атома** количественно характеризует размеры атома (хотя атом не имеет четких границ, условно форму атома считают шарообразной).

### Распределение элементов на металлы и неметаллы

						H	He	
Li	Be		B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg		Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	<i>d</i> - и <i>f</i> -металлы	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr		In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba		Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra							

 — *s*-металлы;

 — полуметаллы;

 — *d*- и *f*-металлы;

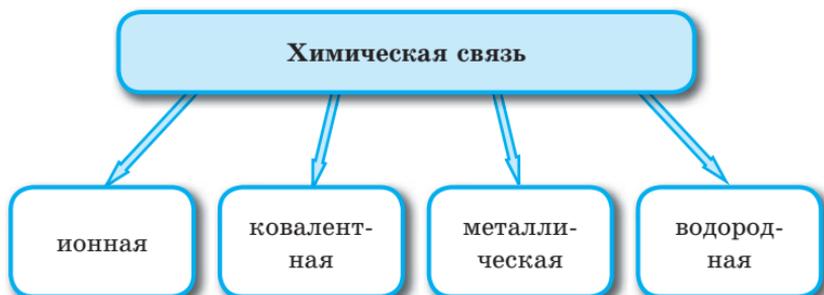
 — неметаллы

 — *p*-металлы;

## 1.2. Химическая связь и строение вещества

### 1.2.1. Ковалентная химическая связь, ее разновидности (полярная и неполярная), механизмы образования. Характеристики ковалентной связи (длина и энергия связи). Ионная связь. Металлическая связь. Водородная связь

**Химическая связь** — взаимодействие атомов (или каких-нибудь других частиц вещества), которое обуславливает их объединение в молекулы (или кристаллы).



#### Характеристика видов химической связи

##### Ионная связь

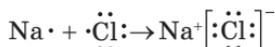
##### Природа связанных химических элементов

Типичные металлы и типичные неметаллы — элементы, существенно отличающиеся электроотрицательностью.



**Способ образования химической связи**

Передача электронов более электроотрицательному атому, электростатическое взаимодействие (притяжение) разноименно заряженных ионов

**Механизм образования связи (схема)****Структурные элементы кристаллической решетки вещества**

Ионы

**Тип кристаллической решетки**

Ионная

**Физические свойства веществ**

Высокая твердость, тугоплавкость, нелетучесть. Растворы и расплавы электропроводны

**Примеры веществ**

Галогениды щелочных и щелочноземельных металлов, другие соли ( $\text{Na}_2^+\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+\text{NO}_3^-$ , и т. д.)

## Ковалентная

### Полярная (1)

### Неполярная (2)

#### Природа связанных химических элементов

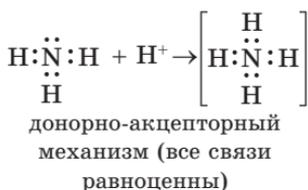
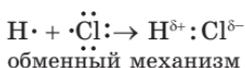
Атомы разных металлов или металла и неметалла — элементы, несущественно отличающиеся электроотрицательностью

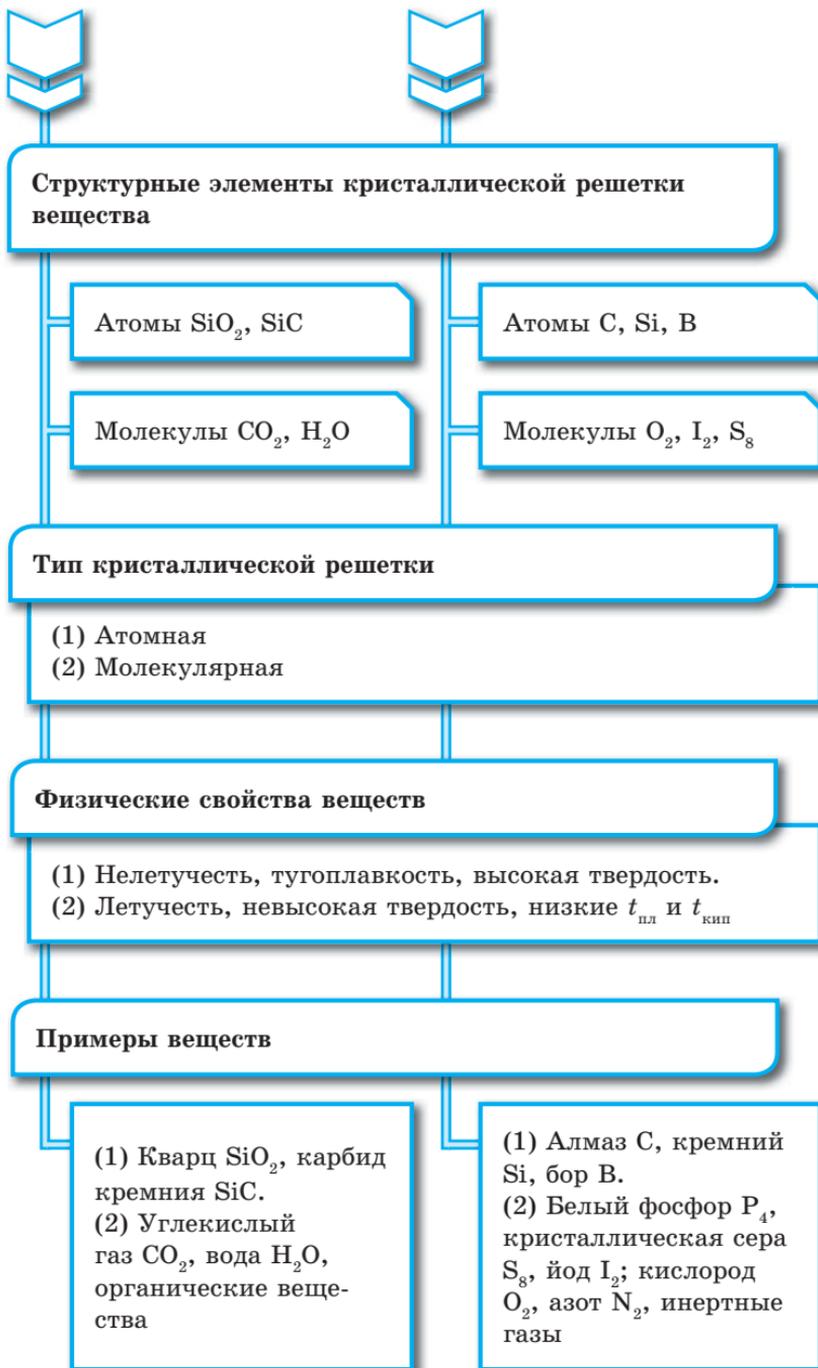
Одинаковые атомы неметаллов — элементы с одинаковой электроотрицательностью

#### Способ образования химической связи

Образование общих электронных пар, связывающих ядра атомов (с помощью обменного или донорно-акцепторного механизма)

#### Механизм образования связи (схема)





**Металлическая****Природа связанных химических элементов**

Металлы

**Способ образования химической связи**

Обобществление электронов и свободное перемещение их в поле ядер атомов металлов

**Механизм образования связи (схема)****Структурные элементы кристаллической решетки вещества**

Положительно заряженные ионы, атомы металла, относительно свободные электроны («электронный газ»)

**Тип кристаллической решетки**

Металлическая

**Физические свойства веществ**

Пластичность, металлический блеск, высокие теплопроводность и электропроводность

**Примеры веществ**

Металлы, сплавы, большинство карбидов металлов

## Водородная

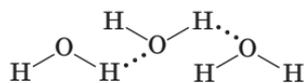
### Природа связанных химических элементов

Атом водорода одной молекулы и атом сильно электроотрицательного элемента другой молекулы

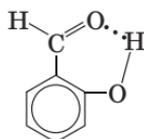
### Способ образования химической связи

Взаимопритяжение атомов водорода ( $\delta+$ ) и атомов F, O, N ( $\delta-$ )

### Механизм образования связи (схема)



Межмолекулярная связь



Внутримолекулярные связи

Структурные элементы кристаллической решетки вещества

Молекулы

Тип кристаллической решетки

Молекулярная

Физические свойства веществ

Увеличивается плотность вещества, растут  $t_{пл}$  и  $t_{кип}$

Примеры веществ

1. Межмолекулярная — жидкие (вода, аммиак, фтороводород, спирты, карбоновые кислоты).
2. Внутримолекулярная — белки, нуклеиновые кислоты

**Энергия связи** — это энергия, которую необходимо затратить на разрыв этой связи.

**Длина связи** — это расстояние между ядрами связанных атомов.

- Чем **меньше** длина связи и **больше** энергия связи, тем связь **прочнее**.
- Энергия связи тем **больше**, чем **меньше** длина связи.
- Длина связи тем **меньше**, чем **больше** степень перекрытия электронных облаков и чем больше кратность связи.

### Свойства различных видов химической связи

#### Ковалентная связь

- насыщенность — способность атома образовывать ограниченное число ковалентных связей;
- направленность — определенная ориентация связей в пространстве;
- поляризуемость — способность электронов в молекуле (или атоме) смещаться под действием внешнего электрического поля.

#### Ионная связь

- ненасыщаемость;
- ненаправленность.

#### Металлическая связь

- ненаправленность;
- делокализованный характер.

### 1.2.2. Электроотрицательность. Степень окисления и валентность химических элементов

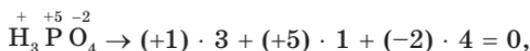
**Электроотрицательность (ЭО)** — условная величина, характеризующая способность атома в химическом соединении притягивать к себе электроны.

**Степень окисления (С. О.)** — условный заряд атома в соединении, который определяется исходя из предположения, что все связи в соединении ионные.

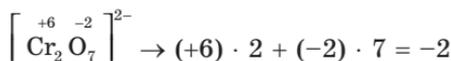
- Чем больше разница электроотрицательностей атомов, тем выше степень ионности связи.
- Название «степень окисления» (как и другие подобные названия, например «окислительное число») происходит от понятия об окислении как потери атомом электронов.

#### Правила определения С. О.

- Отрицательное значение С. О. имеют атомы, принимающие электроны от других атомов.
- Положительное значение С. О. имеют атомы, отдающие свои электроны другим атомам.
- Элемент в простом веществе имеет С. О., равную нулю.
- Металлы имеют только положительное значение С. О.
- Металлы I–III групп главных подгрупп имеют постоянную С. О.: +1, +2, +3 соответственно, кроме Cu и Au.
- С. О. фтора всегда равна –1.
- С. О. кислорода почти всегда равна –2, кроме  $\text{OF}_2^{+2}$  и пероксидов ( $\text{H}_2\text{O}_2^{-1}$ ).
- С. О. водорода в соединениях с неметаллами равна –1, с металлами — +1.
- Алгебраическая сумма С. О. атомов в соединении всегда равна нулю:

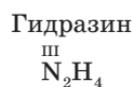
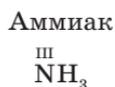
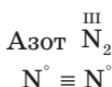
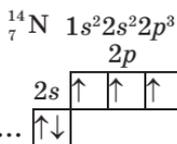


а в сложном ионе — заряду иона:



**Валентность** — способность атомов создавать химические связи.

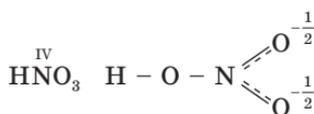
Количественно определяется числом ковалентных связей, которыми определенный атом соединен с другими атомами.



Ион аммония



Азотная кислота

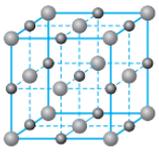
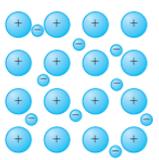
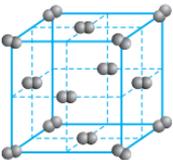


Числовое значение валентности и С. О. элемента в некоторых соединениях не совпадают.

### 1.2.3. Вещества молекулярного и немолекулярного строения. Зависимость свойств веществ от особенностей их кристаллической решетки



### Зависимость свойств веществ от особенностей их кристаллической решетки

Тип КР	Характеристика КР
<p data-bbox="140 398 249 422">Атомная</p> 	<p data-bbox="391 398 881 551">В узлах КР находятся отдельные атомы. Энергия ковалентных связей высока. Не характерно образование плотнейших упаковок из-за направленности ковалентной связи</p>
<p data-bbox="140 637 239 662">Ионная</p> 	<p data-bbox="391 637 902 827">В узлах КР находятся ионы. Энергия связи между частицами велика. Электростатические силы, действующие между ионами, не имеют направленности, поэтому ионы стремятся образовать структуру с плотнейшей упаковкой</p>
<p data-bbox="140 865 339 890">Металлическая</p> 	<p data-bbox="391 865 902 1083">В узлах КР находятся катионы и атомы металлов, между которыми движутся делокализованные электроны. Металлическая связь не имеет направленности, поэтому для металлов характерны структуры плотнейшей упаковки. Энергия связи сравнительно высока</p>
<p data-bbox="140 1125 332 1149">Молекулярная</p> 	<p data-bbox="391 1125 891 1438">В узлах КР находятся молекулы. Молекулы связаны в кристалле слабыми межмолекулярными силами, которые не имеют направленности. Поэтому молекулы, близкие к сферической форме, стремятся образовать кристаллы с плотнейшей упаковкой (за исключением веществ, у которых возможно образование межмолекулярной водородной связи)</p>

Тип связи между частицами	Пример вещества	Свойства веществ
Ковалентная		Твердые, тугоплавкие, нерастворимые в воде вещества, диэлектрики или полупроводники
▶ неполярная	C (алмаз), Si, B, Ge	
▶ полярная	SiO <sub>2</sub> , SiC, BN	
Ионная	Соли металлов и аммония, оксиды металлов, основания (K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , NaOH, CaO, NH <sub>4</sub> Cl)	Твердые, тугоплавкие. В расплавах или в растворах проводят электрический ток
Металлическая	Все металлы, сплавы и интерметаллиды	Твердые (кроме ртути), легко- или тугоплавкие вещества, проводят электрический ток и тепло, в основном пластичны
Ковалентная		Твердые, легкоплавкие вещества, жидкие или газообразные, растворимые или плохо растворимые в воде, диэлектрики, обладают низкой теплопроводностью
▶ полярная	Водородные соединения неметаллов, кислоты, оксиды неметаллов; органические вещества	
▶ неполярная	O <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , Hal <sub>2</sub> , S, P <sub>4</sub> — простые вещества, неметаллы	

По структуре жидкое состояние является промежуточным между твердым и газообразными состояниями вещества. Переход из одного состояния в другое не сопровождается изменением количественного и качественного состава частиц, образующих вещество, и связан с большим или меньшим изменением его структуры.

**Кристаллическое состояние вещества** — такое состояние вещества, при котором во всем объеме частицы расположены в строго определенном порядке.

**Кристаллы** — твердые тела, имеющие форму правильных симметричных многогранников.

**Кристаллическая решетка (КР)** — трехмерный план расположения в пространстве частиц.

**Узлы кристаллической решетки** — точки пересечения отрезков, в которых находятся центры частиц, образующих кристалл.

Физические свойства вещества определяются, в основном, строением его кристаллической решетки.

**Плотнейшая упаковка** — пространственное расположение частиц в кристалле с минимальным свободным объемом.

### 1.3. Неорганическая химия

#### 1.3.1. Классификация и номенклатура неорганических веществ



### 1.3.2. Общая характеристика металлов главных подгрупп I–III групп в связи с их положением в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева и особенностями строения их атомов

**I группа, главная подгруппа — щелочные металлы**

<b>Li</b> Литий	3	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: left;"> <p>растет радиус атома, усиливаются восстановительная способность и химическая активность, металлические свойства, основной характер оксидов и гидроксидов</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>уменьшается прочность связи между атомами, снижаются температуры плавления и кипения</p> </div> </div>	
<b>Na</b> Натрий	11		
<b>K</b> Калий	19		
<b>Rb</b> Рубидий	37		
<b>Cs</b> Цезий	55		
<b>Sr</b> Стронций	38		

низкая электроотрицательность, легко отдают  $e^-$

С.О. +1

**II группа, главная подгруппа — щелочноземельные металлы**

<b>Be</b> Бериллий	4	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: left;"> <p>растет радиус атома, усиливаются восстановительная способность и химическая активность, металлические свойства, основной характер оксидов и гидроксидов</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>уменьшается прочность связи между атомами</p> </div> </div>	
<b>Mg</b> Магний	12		
<b>Ca</b> Кальций	20		
<b>Sr</b> Стронций	38		
<b>Ba</b> Барий	56		
<b>Ra</b> Радий	88		

низкая электроотрицательность, легко отдают  $e^-$

С.О. +2

**Элементы III группы главной подгруппы**

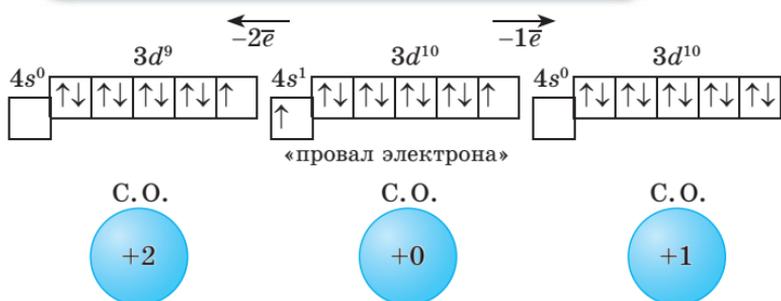
<b>B</b> Бор 5	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: left;"> <p>растет радиус атома, усиливаются металлургические свойства:</p> <p>B — неметалл</p> <p>Al — переходной элемент</p> <p>Ga, In, Tl — металлы</p> </div> <div style="text-align: right;"> <p>↓</p> <p>↑</p> </div> </div>
<b>Al</b> Алюминий 13	
<b>Ga</b> Галлий 31	
<b>In</b> Индий 49	
<b>Tl</b> Таллий 81	

$ns^2 \begin{array}{|c|c|c|} \hline & & \\ \hline \end{array} np^1 \rightarrow -3e^- \text{ С. О. } +3$   
 $E^* \dots \begin{array}{|c|c|c|} \hline \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \hline \end{array} np^2$

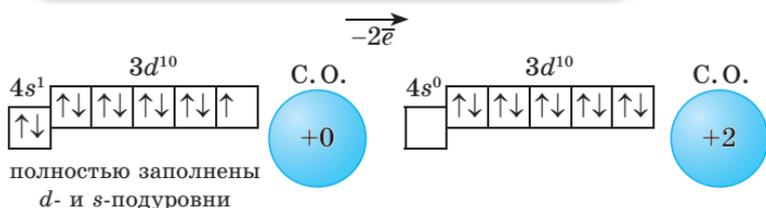
### 1.3.3. Характеристика переходных элементов — меди, цинка, хрома, железа — по их положению в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева и особенностям строения их атомов

29 <b>Cu</b> Медь	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Находятся в побочных подгруппах (В-подгруппах) Периодической системы.</li> <li>➤ Валентные электроны расположены на внешних уровнях (<i>s</i>-электроны) и на предвнешних уровнях (<i>d</i>-электроны).</li> <li>➤ Элементы — металлы.</li> <li>➤ Для элементов характерны переменные С. О.</li> <li>➤ Соединения проявляют различные кислотно-основные свойства.</li> <li>➤ С возрастанием С. О. элемента в оксиде и гидроксиде кислотные свойства последних усиливаются.</li> </ul>
30 <b>Zn</b> Цинк	
24 <b>Cr</b> Хром	
26 <b>Fe</b> Железо	

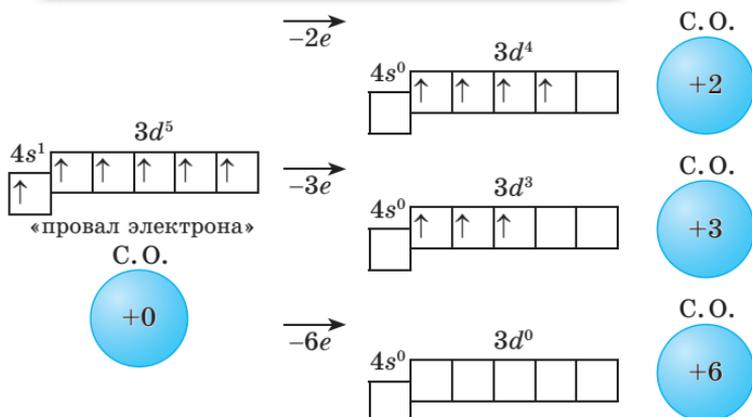
### Медь — I группа, побочная подгруппа



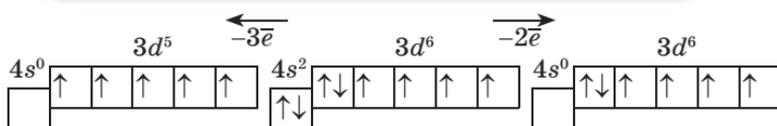
### Цинк — II группа, побочная подгруппа



### Хром — VI группа, побочная подгруппа



## Железо — VIII группа, побочная подгруппа



«устойчивая полузаполненная оболочка провал электрона»

С. О. +3

С. О. 0

С. О. +2

### 1.3.4. Общая характеристика неметаллов главных подгрупп IV–VII групп в связи с их положением в Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева и особенностями строения их атомов

## Элементы IV группы главной подгруппы

**C** 6  
Углерод

**Si** 14  
Кремний

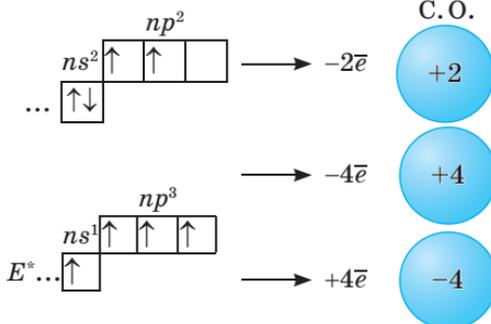
**Ge** 32  
Германий

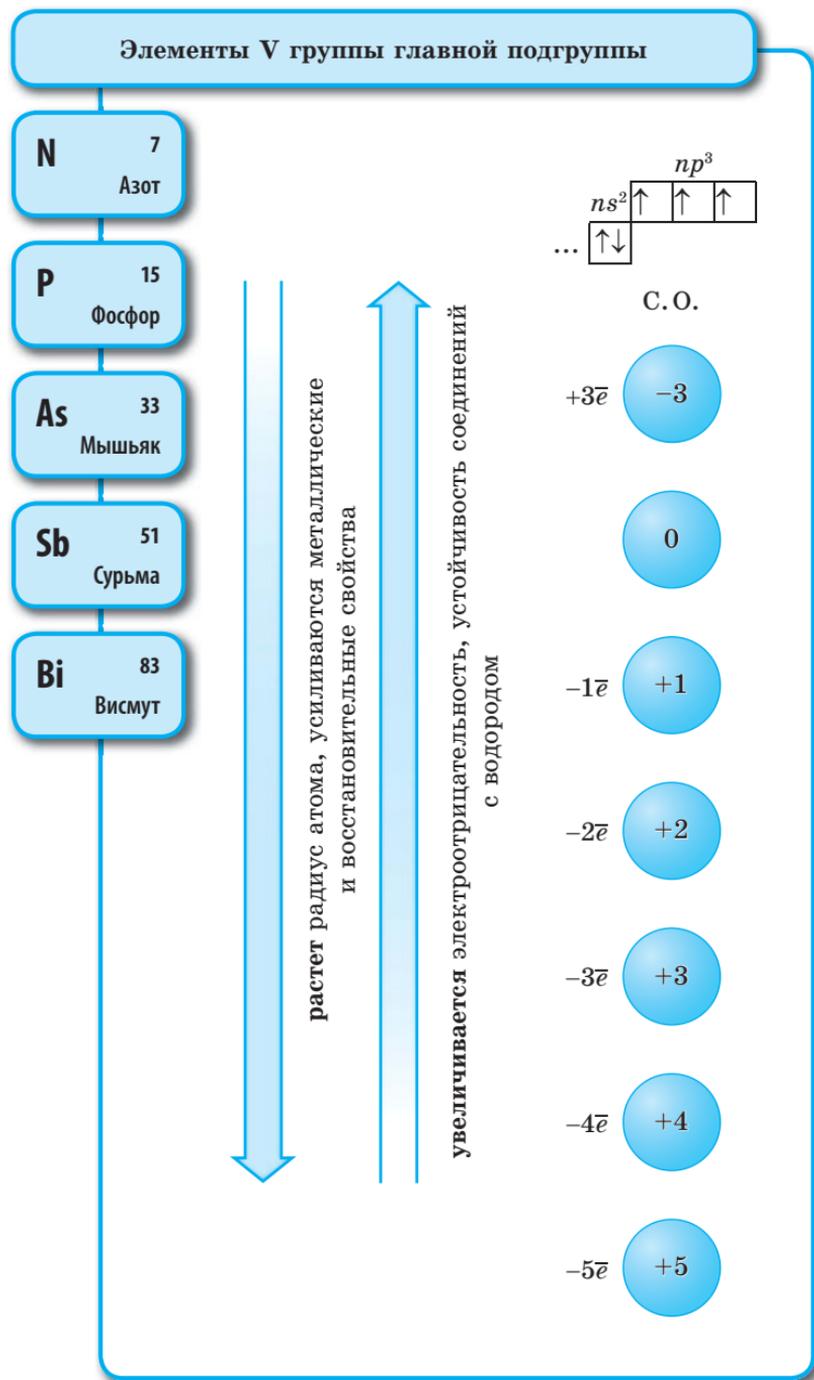
**Sn** 50  
Олово

**Pb** 82  
Свинец

растет радиус атома, усиливаются металлические и восстановительные свойства C, Si — неметаллы Ge — амфотерный Sn, Pb — металлы

увеличивается электротрейцательность, устойчивость соединений с водородом





### Элементы VI группы главной подгруппы

**O** 8  
Кислород

**S** 16  
Сера

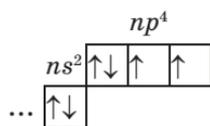
**Se** 34  
Селен

**Te** 52  
Теллур

**Po** 84  
Полоний

растет радиус атома

усиливаются  
неметаллические свойства,  
электроотрицательность,  
устойчивость соединений  
с водородом



+1ē    С.О.    -1

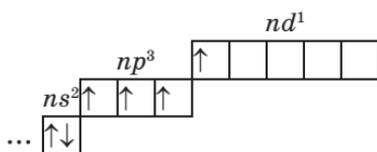
+2ē    -2

или

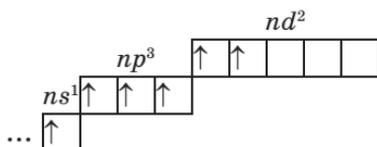
-2ē    +2

в пероксидах  
у кислорода

для всех  
халькогенов



-4ē    +4



-6ē    +6

для S, Se, Te, Po  
(так как O не имеет  
*d*-орбиталей)

**Элементы VII группы главной подгруппы (галогены, образующие соли)**

<b>F</b> 9 Фтор	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>растет радиус атома</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>усиливаются неметаллические свойства, электроотрицательность, устойчивость соединений с водородом</p> </div> </div>
<b>Cl</b> 17 Хлор	
<b>Br</b> 35 Бром	
<b>I</b> 53 Иод	

...

$ns^2$   $np^5$

$-1\bar{e}$  **+1**

$+1\bar{e}$  **-4**

для всех галогенов

...

$ns^2$   $np^4$   $nd^1$

$-3\bar{e}$  **+3**

...

$ns^2$   $np^3$   $nd^2$

$-5\bar{e}$  **+5**

...

$ns^1$   $np^3$   $nd^3$

$-7\bar{e}$  **+7**

только для Cl, Br, I  
(так как F не имеет d-орбиталей)

### 1.3.5. Характерные химические свойства простых веществ — металлов: щелочных, щелочноземельных, алюминия, переходных металлов (меди, цинка, хрома, железа)

Элементы I группы, главной подгруппы — щелочные металлы

#### В природе

**В природе — только в виде соединений**

- наиболее распространенный Na:  
NaCl — каменная соль;  
NaNO<sub>3</sub> — чилийская селитра;  
Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> — бура;  
Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub> — криолит;  
Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 10H<sub>2</sub>O — глауберова соль.
- калиевые удобрения:  
KCl — сильвин;  
KCl · NaCl — сильвинит.

#### Окрашивание пламени

Li <sup>+</sup> — ярко-красное;	Rb <sup>+</sup> — темно-красное;
Na <sup>+</sup> — желтое;	Cs <sup>+</sup> — бледно-голубое.
K <sup>+</sup> — сине-фиолетовое;	

#### Химические свойства

Очень активные, сильные восстановители:

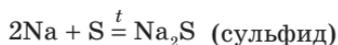
- с кислородом



- с галогенами



- с серой



- с азотом



литий — без нагревания

- с водородом



- с водой

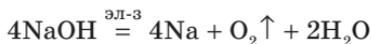
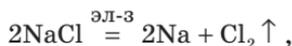


### Физические свойства

- очень мягкие металлы;
- легко режутся ножом;
- на срезе — металлический блеск, который исчезает на воздухе вследствие окисления;
- хранятся под слоем керосина.

### Получение

Электролиз расплавов хлоридов и гидроксидов:



### Соединения щелочных металлов

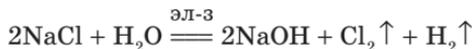
#### Щелочи

*MeOH*

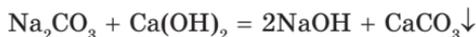
- едкие вещества;
- твердые кристаллические;
- типично ионные;
- сильные основания.

**Получение**

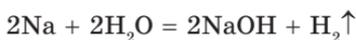
- электролиз водных растворов хлоридов щелочных металлов:



- каустификация соды:



- взаимодействие металлов или их оксидов с водой:

**Соли**

- ионные соединения;
- хорошо растворяются в воде;
- электролиты в расплаве и в водном растворе;
- образованные слабыми кислотами — гидролизуются:

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  — кальцинированная сода;

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  — кристаллическая сода;

$\text{NaHCO}_3$  — питьевая сода;

$\text{K}_2\text{CO}_3$  — поташ.

- Самая важная —  $\text{NaCl}$  — используется в приготовлении пищи, для консервирования, как сырье для получения едкого натра  $\text{NaOH}$ , хлора, соляной кислоты, соды.

**Элементы II группы, главной подгруппы — щелочноземельные металлы****Окрашивание пламени**

$\text{Mg}^{2+}$  — не окрашивает;

$\text{Sr}^{2+}$  — темно-красное;

$\text{Ca}^{2+}$  — оранжево-красное;

$\text{Ba}^{2+}$  — светло-зеленое.

**В природе**

**В природе — только в виде соединений.**  
Один из самых распространенных элементов, содержится в природных водах и живых организмах Земли.

$\text{CaCO}_3$  — известняк, мел, мрамор;

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  — гипс;

$\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  — доломит;

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  — фосфорит.

**Ca****20****Кальций****Химические свойства**

Химически активный, сильный восстановитель:

- с кислородом



- с галогенами



- с серой



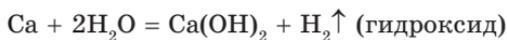
- с азотом



- с водородом



- с водой



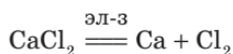
- восстанавливает некоторые металлы (Ti, Zr, Hf, Nb, Ta) из их оксидов и хлоридов.

**Физические свойства**

- легкий;
- беловато-серый;
- пластичный, но тверже щелочных металлов.

**Получение**

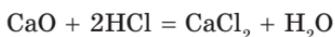
Только электролизом расплавов солей, как правило хлоридов:

**Соединения кальция****Оксид кальция CaO**

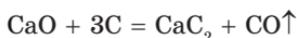
- негашеная известь.

**Химические свойства**

- проявляет все свойства основных оксидов:  
 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$  — процесс гашения извести



- при взаимодействии с углеродом при высоких температурах образует кальция карбид:

**Физические свойства**

- кристаллическое вещество белого цвета;
- очень тугоплавкое  $t_{\text{пл}} = 2627^\circ\text{C}$ .

**Получение**

- обжиг известняка:

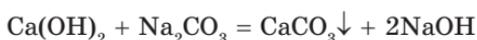
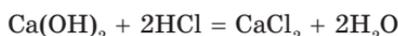
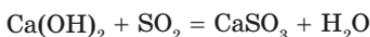


### Гидроксид кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$

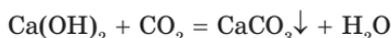
- взвесь в воде гашеной извести — **известковое молоко**;
- бесцветный прозрачный раствор гашеной извести  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  — **известковая вода**.

#### Химические свойства

- сильное основание, проявляет все свойства щелочей:



- качественная реакция  $\text{Ca}^{2+}$ :



(раствор становится мутным)



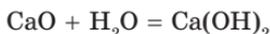
(при дальнейшем пропускании углекислого газа раствор становится прозрачным).

#### Физические свойства

- порошок серого цвета;
- малорастворим в воде.

#### Получение

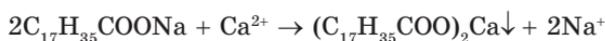
- гашение извести:



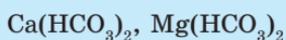
### Жесткость воды

Обусловлена наличием в воде ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , вызывает:

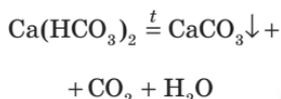
- образование накипи;
- уменьшение мыльных свойств мыла из-за образования осадка:



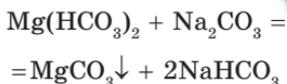
## Виды жесткости воды

Карбонатная  
(временная)

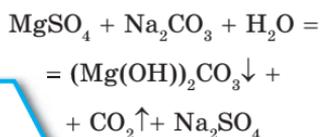
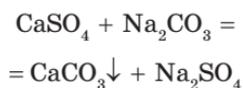
Кипячением



Добавлением соды

Некарбонатная  
(постоянная)

Добавлением соды

удаление  
жесткости,  
«смягчение  
воды»Элементы III группы, главной  
подгруппы

Al

13

Алюминий

В природе

**В природе — только в виде соединений.**

Третий по распространенности элемент, находится только в связанном состоянии: глины, алюмосиликаты, а также: корунд —  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; боксит —  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ; криолит —  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ; нефелин —  $\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$ .

**Драгоценные камни:**

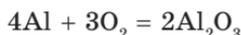
красный рубин — корунд с примесями 0,3%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ;  
синий сапфир — корунд с примесями 0,2%  $\text{Ti}_2\text{O}_3$  и следами Fe.

### Химические свойства

Активный металл, восстановитель, активность снижена из-за плотной, прочной оксидной пленки  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

#### С простыми веществами

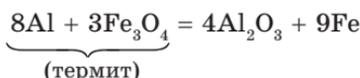
- с кислородом — покрывается пленкой, а порошок — горит:



- с другими неметаллами:



**Алюмотермия.** Восстановление металлов из оксидов (Fe, Cr, V, Mn, Ti, W):

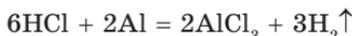


#### Со сложными веществами

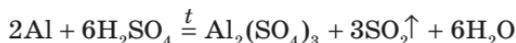
- с водой (после удаления оксидной пленки):



- с растворами кислот:



- концентрированные  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  деактивируют Al: на холоде Al с ними не реагирует



- растворяется в щелочах:



натрия тетрагидроксиалюминат  
(или  $\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$  — натрия  
гексагидроксиалюминат)

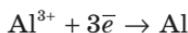
### Физические свойства

- серебристо-белый металл;
- твердый;
- прочный;
- легкий;
- имеет высокую электро- и теплопроводность;
- пластичный;
- легкоплавкий,  $t_{\text{пл}} = 660^\circ\text{C}$ .

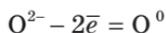
### Получение

Из бокситов, в растворе криолита, так как  $\text{Al}_2\text{O}_3$  не проводит электрический ток:

**катод:**



**анод:** угольный анод изнашивается в ходе электролиза



### Применение

- транспортное машиностроение (самолеты, суда, автомобили);
- химическая промышленность (как восстановитель);
- строительство;
- пищевая промышленность;
- сплавы: дюралюминий, алюминиевые бронзы;
- изготовление проводов, «серебряной» краски.

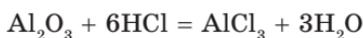
### Соединения алюминия

#### Оксид алюминия $\text{Al}_2\text{O}_3$

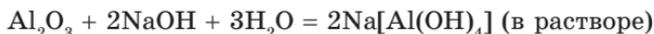
##### Химические свойства

Имеет амфотерный характер:

- реагирует с кислотами



- реагирует с щелочами:



### Физические свойства

- белый порошок;
- очень тугоплавкий  $t_{\text{пл}} = 2044^\circ\text{C}$ ;
- не растворяется в воде.

### Получение

- сжигание металла в  $\text{O}_2$ :



- разложение  $\text{Al}(\text{OH})_3$ :

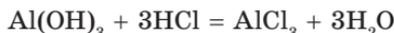


## Гидроксид алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$

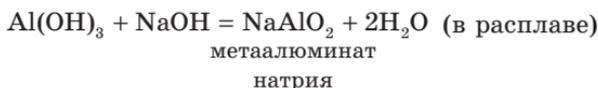
### Химические свойства

Имеет амфотерный характер:

- растворяется в кислотах



- реагирует со щелочами

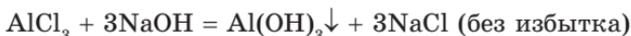


### Физические свойства

- белое твердое вещество;
- желеобразный осадок;
- не растворяется в воде.

### Получение

- осаждение из солей:



Соли  $\text{Al}^{3+}$  хорошо растворяются в воде (кроме  $\text{AlPO}_4$ ), подвергаются гидролизу, образуя кислую среду.

## I группа, побочная подгруппа

Cu

29

Медь

## В природе

$\text{CuFeS}_2$  — халькопирит (медный колчедан);

$\text{Cu}_2\text{S}$  — медный блеск;

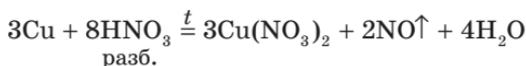
$(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  — малахит;

$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$  — азурит.

## Химические свойства

Малоактивный металл:

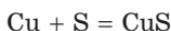
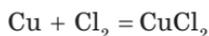
- с растворами кислот не реагирует (кроме азотной кислоты);
- с азотной кислотой:



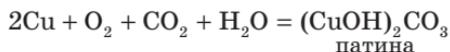
- с серной кислотой (концентрированной):



- с неметаллами:



- во влажном воздухе покрывается патиной:

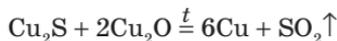
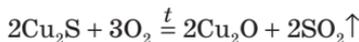


## Физические свойства

- металл розового цвета;
- мягкий;
- ковкий;
- $t_{\text{пл}} = 1083^\circ\text{C}$ ;
- хороший проводник электрического тока и тепла (второй после серебра).

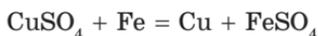
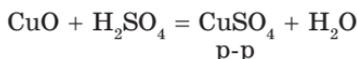
### Получение

- ▶ пирометаллургическим путем из сульфидов:



с дальнейшим электролитическим рафинированием;

- ▶ гидрометаллургическим путем:



### Применение

- ▶ электротехника;
- ▶ получение различных сплавов (бронза, латунь, мельхиор и др.);
- ▶ изготовление произведений искусства;
- ▶ составляющая сложных веществ (медный купорос  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , малахит  $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$  и др.).

## II группа, побочная подгруппа

**Zn**

30

Цинк

### В природе

**В природе** — только в виде соединений.

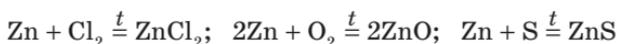
$\text{ZnS}$  — цинковая обманка;

$\text{ZnCO}_3$  — цинковый шпат.

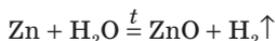
### Химические свойства

При обычной температуре на воздухе устойчив, так как покрыт тонким слоем оксида:

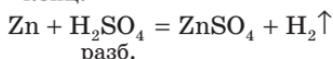
- ▶ с неметаллами:



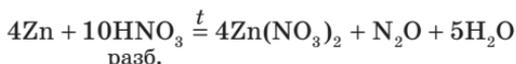
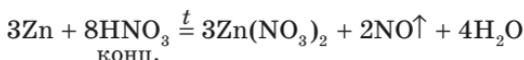
- с водой:



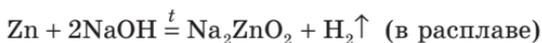
- с серной кислотой (концентрированной):



- с азотной кислотой:



- с щелочами:



### Физические свойства

- голубовато-серебристый металл;
- при  $t = 100\text{--}150^\circ\text{C}$  хорошо прокатывается в листы;
- при обычной температуре хрупкий, при  $t > 200^\circ\text{C}$  очень хрупкий;
- $t_{\text{пл}} = 419,5^\circ\text{C}$ .

### Соединения цинка

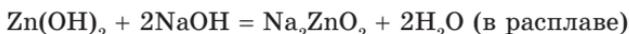
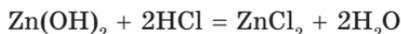
#### Оксид цинка ZnO

Имеет амфотерный характер:

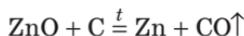
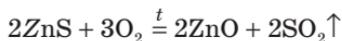


**Гидроксид цинка  $Zn(OH)_2$** 

Имеет амфотерный характер:

**Получение цинка**

- ▶ обжиг сульфидной руды с последующим восстановлением металла из оксида:

**Применение**

- ▶ защитное покрытие железных листов и стальных изделий;
- ▶ изготовление сплавов с медью (латунь), алюминием, никелем;
- ▶ производство цинково-угольных гальванических элементов.

**VI группа, побочная подгруппа****В природе**

$Fe(CrO_2)_2$  — хромит, хромистый железняк;  
 $PbCrO_4$  — крокоит;  
 $(Mg, Fe)CrO_4$  — магнохромит.

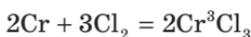
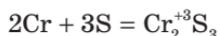
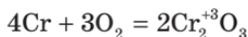
**Cr****24****Хром**

### Химические свойства

При обычных условиях малоактивен вследствие образования на поверхности очень тонкой и прочной оксидной пленки.

При высокой температуре реагирует с простыми и сложными веществами:

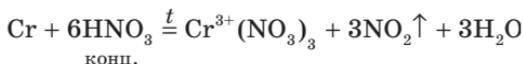
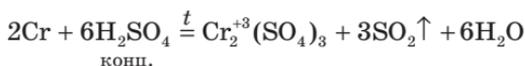
- с неметаллами



- с растворами кислот (после разрушения оксидной пленки)



- концентрированные серная и азотная кислоты деактивируют хром при нагревании

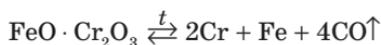


### Физические свойства

- металл серебристо-белого цвета;
- $t_{\text{пл}} = 1890^\circ\text{C}$ ;
- ковкий;
- плотность  $\rho = 7,19 \text{ г/см}^3$ .

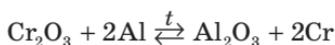
### Получение

- нагревание хромистого железняка с углем:



(полученный сплав железа с хромом — феррохром)

- восстановление из оксида хрома (III) алюминием:



### Применение

- в виде феррохрома (сплав хрома с железом) — получение высококачественной, твердой при высокой температуре стали для изготовления металлорежущих инструментов;
- как добавка (10—12%) для получения нержавеющей стали (хирургические инструменты);
- хромирование стальных изделий.

### VIII группа, побочная подгруппа

**Fe** 26  
Железо

### В природе

**В природе — только в виде соединений.**

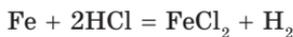
Четвертое место по распространенности в земной коре после O, Si, Al. Находится только в виде соединений.

- $\text{Fe}_3\text{O}_4$  — магнетит, магнитный железняк;
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — гематит, красный железняк;
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  — лимонит, бурый железняк;
- $\text{FeCO}_3$  — сидерит, железный шпат;
- $\text{FeS}_2$  — пирит, железный колчедан, сернистый колчедан.

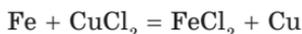
### Химические свойства

со слабыми окислителями — до  $\text{Fe}^{2+}$ :

- с кислотами



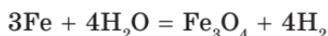
- с растворами солей



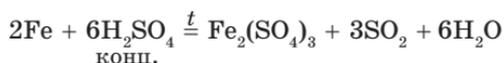
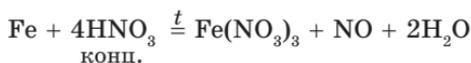
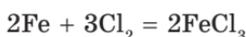
- с неметаллами



- с парами воды



- с сильными окислителями — до  $\text{Fe}^{3+}$ :



Пассивно на холоде в концентрированных  $\text{HNO}_3$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

### Физические свойства

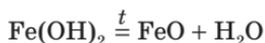
- серебристо-белый металл;
- высокая пластичность;
- $t_{\text{пл}} = 1539^\circ\text{C}$ ;
- легко намагничивается и размагничивается.

### Соединения железа

#### $\text{Fe}^{2+}$

$\text{FeO}$  — порошок черного цвета.

#### Получение



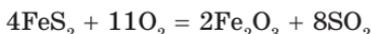
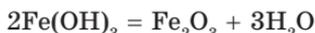
$\text{Fe}(\text{OH})_2$  имеет характер основания.

#### Качественные реакции

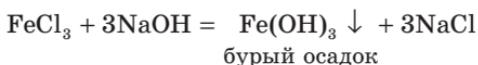


**Fe<sup>3+</sup>**

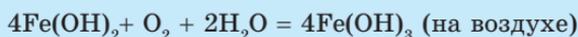
Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — порошок бурого цвета.

**Получение**

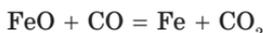
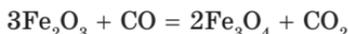
Fe(OH)<sub>3</sub> имеет слабо выраженный амфотерный характер.

**Качественные реакции**

Соединения Fe<sup>2+</sup>  $\xrightarrow{\text{легко}}$  соединения Fe<sup>3+</sup>

**Получение железа**

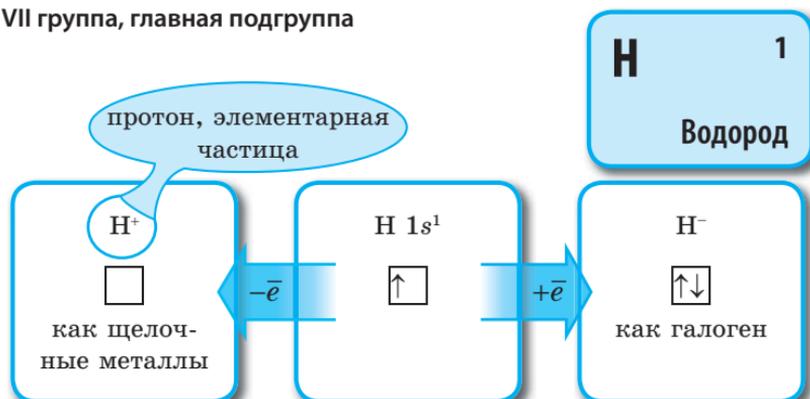
Основано на восстановлении оксидов железа оксидом углерода (II) и коксом (углеродом). При этом образуется сплав железа с углеродом (до 4%) и другими примесями (Si, Mn, S, P) — **чугун**.



**Сталь** — сплав железа с углеродом (до 2%), где других примесей (Si, Mn, S, P) меньше, чем в чугуне.

### 1.3.6. Характерные химические свойства простых веществ — неметаллов: водорода, галогенов, кислорода, серы, азота, фосфора, углерода, кремния

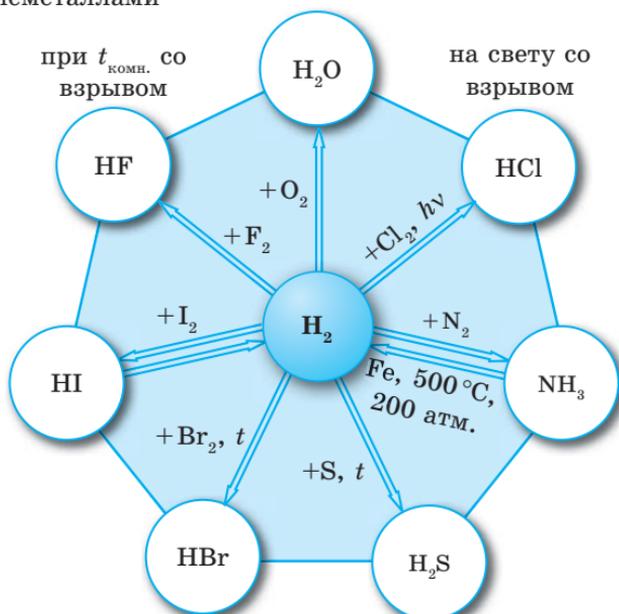
VII группа, главная подгруппа



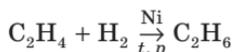
#### Химические свойства

Как восстановитель  $H_2 - 2\bar{e} = 2H^+$ :

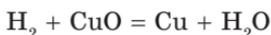
➤ с неметаллами



- реакции присоединения в органической химии по месту кратной связи

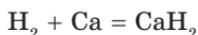
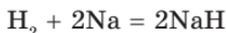


- восстановление оксидов некоторых металлов



Как окислитель  $\text{H}_2 + 2\bar{e} = 2\text{H}^-$  :

- образование гидридов щелочных и щелочноземельных металлов



гидриды металлов — сильные восстановители



### Физические свойства

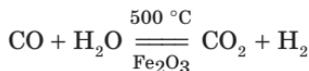
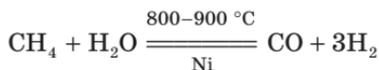
- самый легкий газ;
- без цвета;
- без запаха;

- плохо растворяется в воде, хорошо — в некоторых металлах (Pd, Pt);
- $t_{\text{кип}} = -252,8^\circ\text{C}$ .

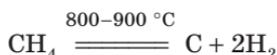
### Получение

#### В промышленности

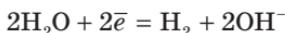
- каталитическое восстановление водяного пара:



- крекинг метана:

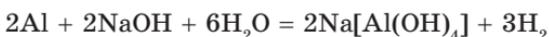
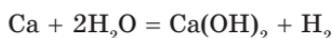


- электролиз водных растворов:

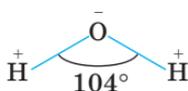


**В лаборатории**

- восстановление металлами воды, кислот, щелочей:

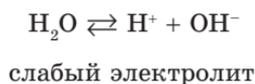
**Применение**

- синтез HCl, NH<sub>3</sub>;
- восстановление некоторых цветных металлов;
- органический синтез.

**Соединения водорода****Вода H<sub>2</sub>O**

между молекулами действуют водородные связи

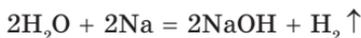
диполь



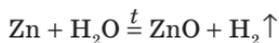
$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+] = 7$$

**Химические свойства**

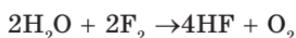
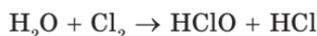
- с активными металлами:



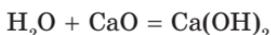
- с менее активными металлами:



- с неметаллами:



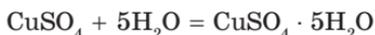
- с основными оксидами:



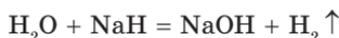
- с кислотными оксидами:



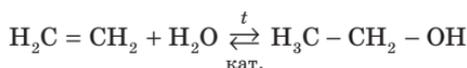
- с солями — гидролиз (см. раздел «Гидролиз») образование кристаллогидратов:



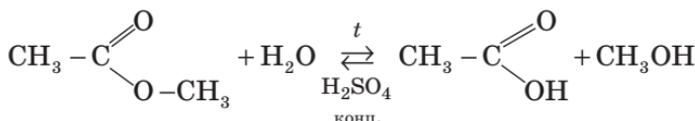
- с гидридами активных металлов:



- с органическими веществами:  
реакции гидратации



реакции гидролиза



### Физические свойства

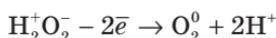
- $t_{\text{кип}} = 100^\circ\text{C}$   
 $t_{\text{пл}} = 0^\circ\text{C}$  } норм. атм. давл.;
- вещество без цвета, без вкуса;
- имеет высокие значения теплоемкости и теплоты плавления (лед);
- растворяет многие вещества.

### Пероксид водорода $\text{H}_2\text{O}_2$

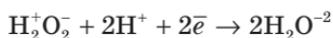


### Химические свойства

- Как восстановитель:

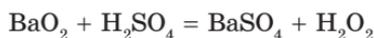
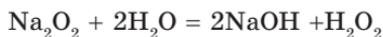


- Как окислитель:

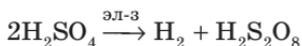


### Получение

- В лаборатории:



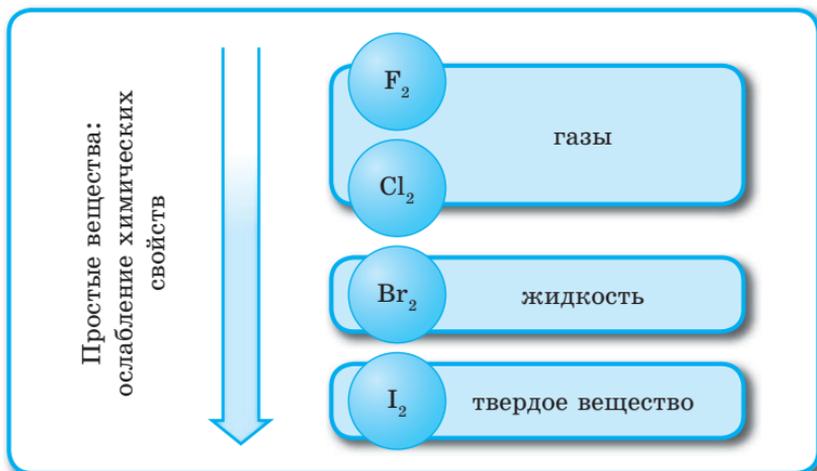
- В промышленности:



### Применение

- отбеливание;
- медицина и фармакология;
- инициирование реакции полимеризации;
- реактивная техника и т. д.

## Галогены



- молекулы двухатомные;
- типичные неметаллы;
- имеют ковалентную неполярную связь;
- каждый предыдущий вытесняет последующий из его растворов кислот и солей

**В природе**

В виде соединений:

NaCl — каменная соль, галит;

NaCl · KCl — сильвинит;

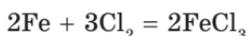
MgCl<sub>2</sub> · 6H<sub>2</sub>O — гексагидрат хлорида магния;

KCl · MgCl<sub>2</sub> · H<sub>2</sub>O — карналит;

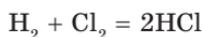
KCl — сильвин.

**Cl****17****Хлор****Химические свойства**

- с металлами:



- с водородом:



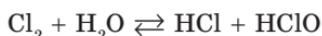
- с неметаллами:



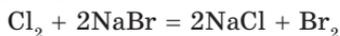
- с растворами щелочей:



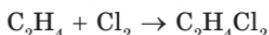
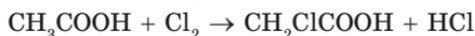
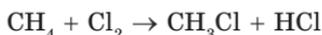
- с водой:



- вытеснение Br<sub>2</sub> и I<sub>2</sub>:



- с органическими веществами:

**Физические свойства**

- газ желто-зеленого цвета;
- имеет удушливый запах;
- в 2,5 раза тяжелее воздуха;
- негорюч;
- ядовит;
- раствор в воде — хлорная вода.

### Степени окисления

-1

 $\text{Cl}^-$  — хлорид-ион

+1

 $\text{ClO}^-$  — гипохлорит-ион

+3

 $\text{ClO}_2^-$  — хлорит-ион

+5

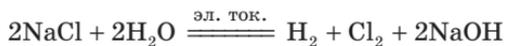
 $\text{ClO}_3^-$  — хлорат-ион

+7

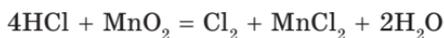
 $\text{ClO}_4^-$  — перхлорат-ион

### Получение

- ▶ в промышленности — электролиз водных растворов хлоридов щелочных металлов:



- ▶ в лаборатории:



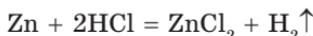
### Применение

- ▶ дезинфицирующее средство для воды;
- ▶ отбеливание тканей, бумаги;
- ▶ получение хлороводорода, соляной кислоты, поливинилхлорида, хлорной извести;
- ▶ изготовление взрывчатых веществ.

## Соляная кислота

### Химические свойства

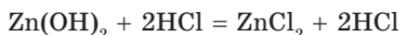
- с металлами (до H):



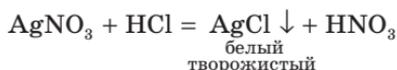
- с основными, амфотерными оксидами:



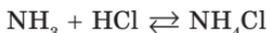
- с основаниями:



- с солями (качественная реакция на  $\text{Cl}^-$ ):



- с аммиаком:



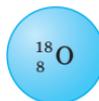
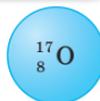
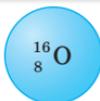
- «царская водка» (3 объема HCl и 1 объем  $\text{HNO}_3$ ) растворяет Au и Pt:



### Физические свойства

- бесцветная жидкость;
- во влажном воздухе «дымит»;
- является раствором хлороводорода в воде.

### Стабильные нуклиды кислорода



0

8

Кислород

### В природе

- самый распространенный элемент в природе (47% земной коры);
- как простое вещество составляет 21% объема воздуха;
- как элемент входит в состав воды, горных пород, минеральных солей, белков, жиров, углеводов.

## Аллотропные модификации

Кислород образует два соединения:  $O_2$  и  $O_3$ .

## Кислород $O_2$

### Химические свойства

$O_2$  — сильный окислитель

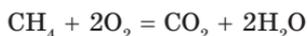
- с металлами:



- с неметаллами:



- со сложными веществами:

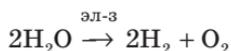


### Физические свойства

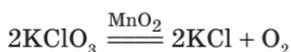
- бесцветный газ;
- без вкуса;
- без запаха;
- тяжелее воздуха;
- малорастворим в воде;
- $t_{\text{кип}} = -183^\circ\text{C}$  при норм. атм. давл.

### Получение

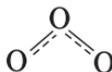
- в промышленности: из жидкого воздуха, электролиз воды:



- в лаборатории:

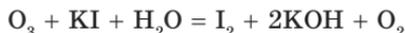


### Озон $O_3$



#### Химические свойства

Качественная реакция на озон:

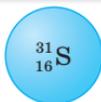


- обесцвечивает красители;
- отражает УФ-лучи;
- уничтожает микроорганизмы;

#### Физические свойства

- газ с характерным запахом;
- образуется во время электрических разрядов;
- нестойкое вещество;
- обладает сильной окислительной способностью.

### Стабильные нуклиды серы



S

16

Сера

### Аллотропные модификации

- пластическая сера  $S_n$ ;
  - ромбическая сера  $S_\alpha$ ;
  - моноклинная сера  $S_\beta$ .
- В парах  $S_8$ ,  $S_6$ ,  $S_4$ ,  $S_2$ .

### В природе

В свободном состоянии — твердое вещество желтого цвета, не растворяется в воде, растворяется в сероуглероде  $CS_2$ , бензоле  $C_6H_6$  и других органических растворителях.

Как элемент в составе соединений:

➤ сульфидов:

ZnS — цинковая обманка;

FeS<sub>2</sub> — пирит;

Cu<sub>2</sub>S — медный блеск.

➤ сульфатов:

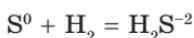
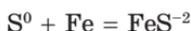
Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> · 10H<sub>2</sub>O — глауберова соль;

CaSO<sub>4</sub> · 2H<sub>2</sub>O — гипс;

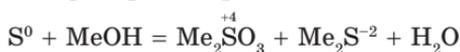
MgSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O — горькая соль.

### Химические свойства

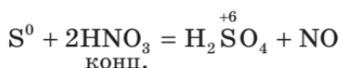
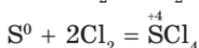
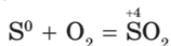
➤ Как окислитель:



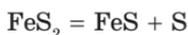
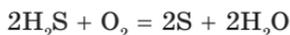
Реакция диспропорционирования:



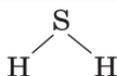
➤ Как восстановитель:



### Получение



### Соединения S<sup>-2</sup>. Сероводород H<sub>2</sub>S

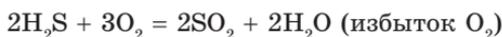


— В природе

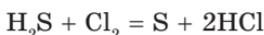
- продукт гниения органических отходов;
- в вулканических газах;
- в водах минеральных источников.

**Химические свойства**

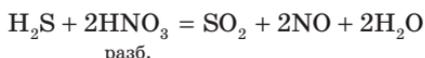
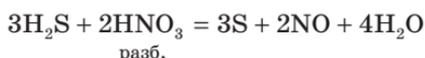
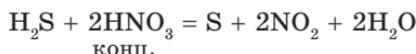
$\text{H}_2\text{S}^{-2}$  — восстановитель, окисляется до  $\text{S}^0$ , иногда до  $\text{S}^{+4}$ ,  $\text{S}^{+6}$  в зависимости от силы и количества окислителя:



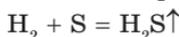
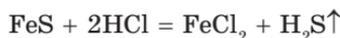
➤ с галогенами:



➤ с азотной кислотой:

**Физические свойства**

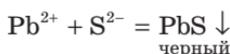
- бесцветный газ с резким запахом;
- немного тяжелее воздуха;
- растворяется в воде с образованием сульфидной кислоты;
- имеет низкие  $t_{\text{пл}}$  и  $t_{\text{кип}}$ ;
- ядовитый, в больших количествах смертелен.

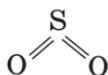
**Получение****Сероводородная кислота  $\text{H}_2\text{S}$** 

Соли

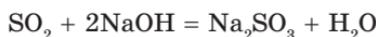
сульфиды  
 $\text{Na}_2\text{S}$

гидросульфиды  
 $\text{NaHS}$

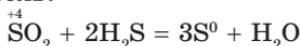
**Качественная реакция на  $\text{S}^{2-}$** 

Соединения S<sup>+4</sup>. Оксид серы (IV) SO<sub>2</sub>**Химические свойства**

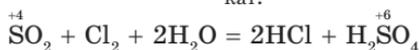
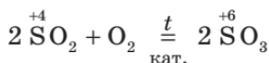
- SO<sub>2</sub> — кислотный оксид:



- SO<sub>2</sub> — окислитель:



- SO<sub>2</sub> — восстановитель:



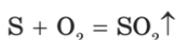
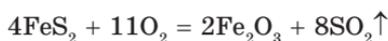
- SO<sub>2</sub> в реакции диспропорционирования:

**Физические свойства**

- бесцветный газ с характерным удушливым запахом горелых спичек;
- хорошо растворяется в воде;
- при  $t \leq -10^\circ\text{C}$  переходит в жидкое состояние;
- при  $t \leq -73^\circ\text{C}$  переходит в твердое состояние;
- ядовитый.

**Получение**

- в промышленности:

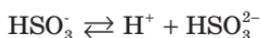
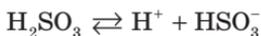


- в лаборатории:



### Сернистая кислота $\text{H}_2\text{SO}_3$

Кислота средней силы

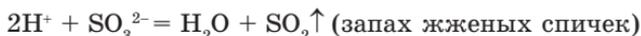


Соли

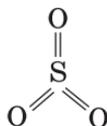
сульфиты  
 $\text{Na}_2\text{SO}_3$

гидросульфиты  
 $\text{NaHSO}_3$

Качественная реакция на  $\text{SO}_3^{2-}$ :



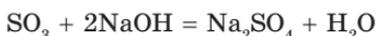
### Соединения $\text{S}^{+6}$ . Оксид серы (VI) $\text{SO}_3$



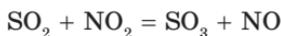
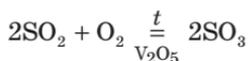
**Химические свойства**

$\text{SO}_3$  — сильный окислитель;

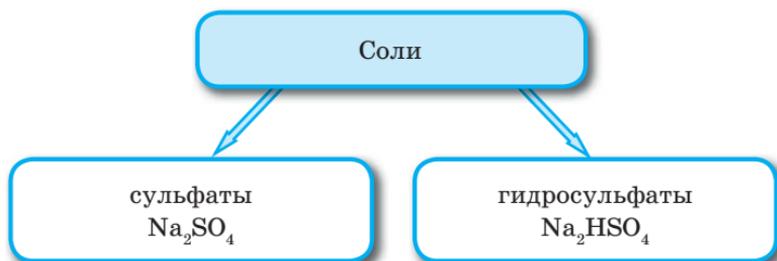
$\text{SO}_3$  — кислотный оксид:



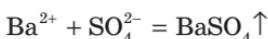
**Получение**







### Качественная реакция на $\text{SO}_4^{2-}$



(белый осадок, не растворяется даже в кислотах)

### В природе

- как простое вещество составляет 78% объема воздуха;
- как элемент содержится в почве, в органических соединениях (белках, нуклеиновых кислотах и т. д.).

N

7

Азот

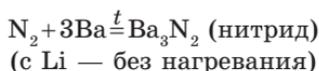
### Азот $\text{N}_2$



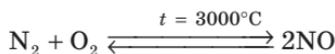
### Химические свойства

Низкая реакционная способность в связи с наличием прочной тройной связи в молекуле:

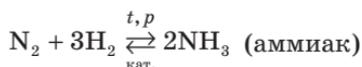
- с металлами



- с кислородом



- с водородом



**Физические свойства**

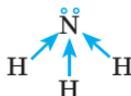
- > бесцветный газ;
- > без вкуса;
- > без запаха;
- > малорастворим в воде;
- >  $t_{\text{кип}} = -196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- >  $t_{\text{пл}} = -210\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Получение**

- > в промышленности — из жидкого воздуха;
- > в лаборатории:

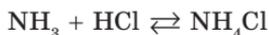
**Применение**

- > производство аммиака, азотной кислоты;
- > создание инертной среды;
- > производство минеральных удобрений.

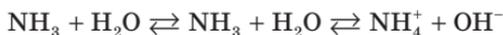
**Аммиак  $\text{NH}_3$** **Химические свойства**

Как основание:

- > с кислотами

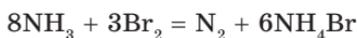
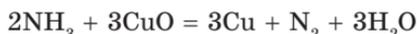
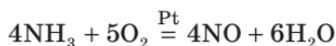
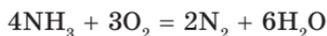


- > при растворении в воде



(щелочная среда)

Как восстановитель:

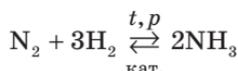


**Физические свойства**

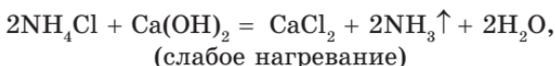
- бесцветный газ;
- имеет характерный резкий запах;
- ядовитый;
- легче воздуха;
- очень хорошо растворяется в воде (700 л  $\text{NH}_3$  — 1 л  $\text{H}_2\text{O}$ );
- легко сжигается;
- 10% -ый раствор — нашатырный спирт.

**Получение**

- в промышленности:



- в лаборатории:

**Применение**

Для производства азотной кислоты, нитратов, мочевины, соды, минеральных удобрений.

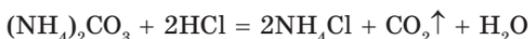
**Соли аммония (содержат ион  $\text{NH}_4^+$ )**
**Химические свойства**

- со щелочами:

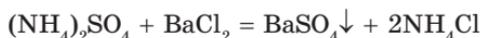


качественная реакция на  $\text{NH}_4^+$ , влажная лакмусовая бумажка становится синей;

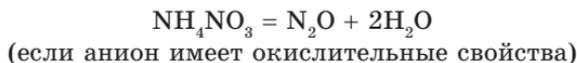
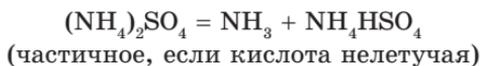
- с кислотами:



- с солями:



- распадается при нагревании:



**Физические свойства**

- > кристаллические вещества;
- > хорошо растворяются в воде;
- > полностью диссоциируют.

**Получение**

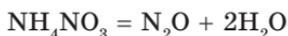
**Применение.** Минеральные удобрения.

**Оксиды азота****Оксид азота (I) N<sub>2</sub>O**

- > бесцветный газ;
- > имеет сладковатый вкус;
- > «веселящий» газ;
- > хорошо растворяется в воде;
- > несолеобразующий;
- > распадается при нагревании:



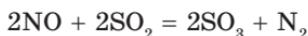
- > получение:

**Оксид азота (II) NO**

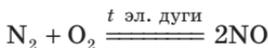
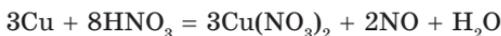
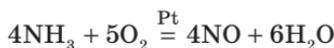
- > бесцветный газ;
- > без запаха;
- > плохо растворяется в воде;
- > плохо сжигается;
- > несолеобразующий;
- > легко окисляется:



- > может восстанавливаться:

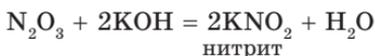


- получение



### Оксид азота (III) $\text{N}_2\text{O}_3$

- темно-синяя жидкость;
- кислотный оксид:



- получение:

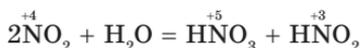


$\text{HNO}_2$  — азотистая кислота, соответствует оксиду  $\text{N}_2\text{O}_3$ , нестойкая:



### Оксид азота (IV) $\text{NO}_2$

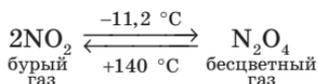
- бурый газ с резким запахом;
- ядовитый;
- хорошо растворяется в воде, реагирует с ней;



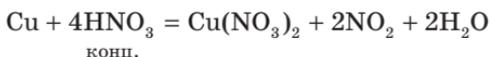
- с щелочами:



- димеризуется:

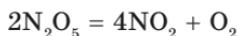


- получение:

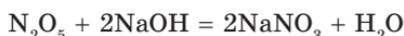


### Оксид азота (V) $N_2O_5$

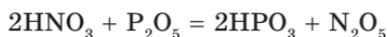
- бесцветные прозрачные кристаллы;
- нестойкий:



- кислотный оксид:

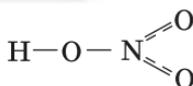


- сильный окислитель;
- получение:



- $HNO_3$  — азотная кислота, соответствует оксиду  $N_2O_5$ .

### Азотная кислота $HNO_3$



#### Физические свойства

- бесцветная жидкость;
- летучая, «дымит» на воздухе;
- хорошо смешивается с водой;
- $t_{кип} = 86^\circ C$ ;
- $t_{кр} = -42^\circ C$ .

#### Окислительные свойства $HNO_3$

$HNO_3$  — сильный окислитель, который окисляет и металлы, и неметаллы.

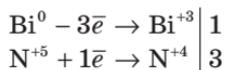
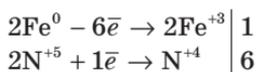
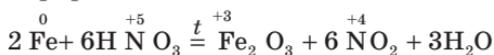
Реагент	$HNO_3$ (конц.)	$HNO_3$ (разб.)
Щелочные и щелочно-земельные металлы Li, Na, K, Rb, Cs, Sr, Ba	Выделяется $N_2O$	Образуется $NH_3$ , который в избытке азотной кислоты дает $NH_4NO_3$

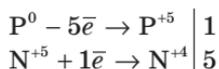
Окончание таблицы

Реагент	$\text{HNO}_3$ (конц.)	$\text{HNO}_3$ (разб.)
Активные металлы и металлы средней активности Mg, Zn, Ni, Co, Mn	Выделяется NO	$\text{N}_2\text{O}$ , $\text{N}_2$ , $\text{NH}_4\text{NO}_3$
Неактивные металлы Sn, Pb, Cu, Bi, Hg, Ag	Выделяется $\text{NO}_2$	NO
Fe, Cl, Al деактивируются (на холоде)	При нагревании NO или $\text{NO}_2$ с образованием оксидов	$\text{N}_2\text{O}$ , $\text{N}_2$ , $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , образуются соли металлов
Неметаллы	$\text{NO}_2$	NO
	Неметаллы окисляются до соответствующих кислот	

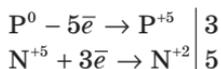
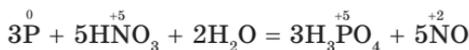
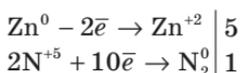
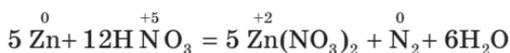
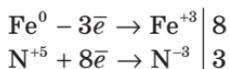
### Примеры уравнений реакций с $\text{HNO}_3$

➤ С концентрированной:



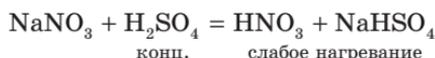


► С разбавленной:



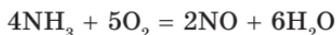
### Получение

► в лаборатории:

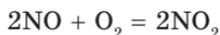


► в промышленности в 3 этапа:

1) окисление аммиака на платиновом катализаторе



2) окисление оксида азота(II)



3) поглощение  $\text{NO}_2$  водой в присутствии кислорода

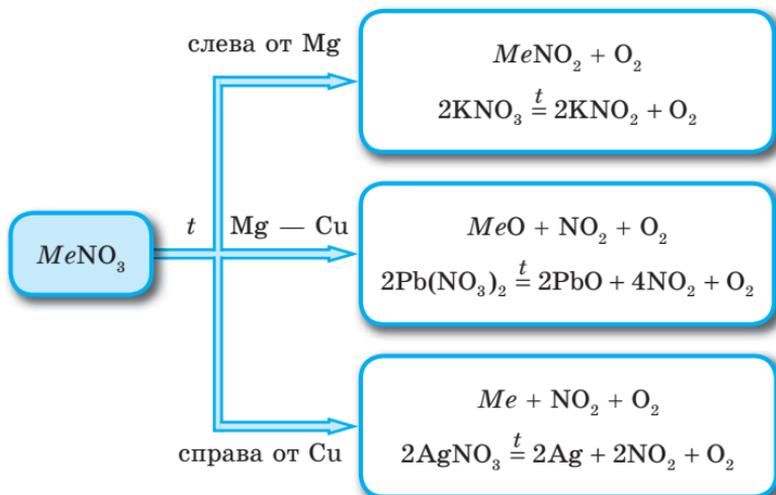


### Применение

Для производства минеральных удобрений, взрывчатых веществ, лекарственных препаратов, красителей, пластмасс, искусственных волокон.

## Соли азотной кислоты — нитраты

- хорошо растворяются в воде;
- разлагаются при нагревании:



Нитрат аммония  $NH_4NO_3 \xrightarrow{t} N_2O + 2H_2O$ .

## В природе

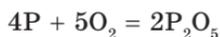
В составе соединений:

- фосфориты  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot Ca(OH)_2$ ;
- апатиты  $3Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaX_2$ ,  
где  $X = F^-, Cl^-$ ;
- белковые вещества.

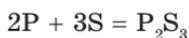
**P****15****Фосфор**

## Химические свойства

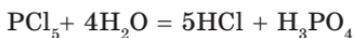
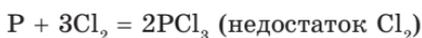
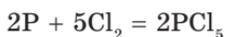
- с кислородом:



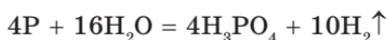
- с серой:



- с галогенами:



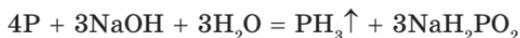
- с водой:



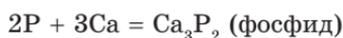
- с кислотами:



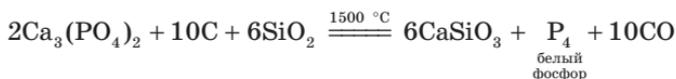
- со щелочами:



- с металлами:



### Получение



### Применение

- для производства оксидов фосфора, фосфорной кислоты;
- для производства спичек;
- в сплавах;
- в органическом синтезе.

Соединения фосфора с кислородом более стойкие, чем с азотом.

Соединение фосфора с водородом ( $\text{PH}_3$ ) менее стойкое, чем с азотом.

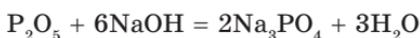
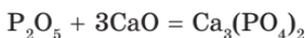
Аллотропия			
Характеристика	Аллотропные модификации		
	Белый фосфор	Красный фосфор	Черный фосфор
Кристаллическая решетка	молекулярная $P_4$	атомная	атомная
Цвет	белый	от красного до фиолетового	серо-черный
Запах	чеснока	нет	нет
Твердость	воскоподобный	твердый	относительно мягкий
$t_{пл}$	44 °C	плавится только под давлением, при $t > 280^\circ\text{C}$ переходит в пары белого фосфора	
Растворимость	слабо в $H_2O$ , хорошо в $CS_2$	нерастворимый	
Реакционная способность	высокая	низкая	средняя
Люминесценция	зеленоватое свечение	нет	нет

Соединения P<sup>5</sup>

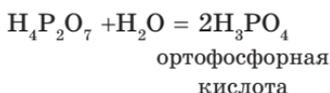
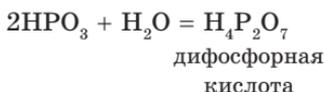
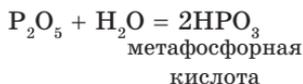
- наиболее стойкие;
- не проявляют окислительных свойств.

Оксид фосфора (V) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (P<sub>4</sub>H<sub>10</sub>)

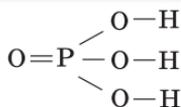
- белое кристаллическое вещество;
- один из самых эффективных осушителей;
- кислотный оксид;



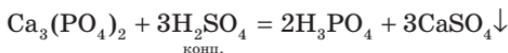
- растворяется в воде:



при нагревании:

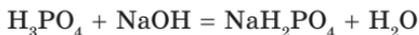
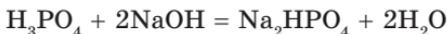
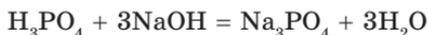
Ортофосфорная кислота H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

- белое твердое вещество;
- растворяется в воде;
- кислота средней силы;
- получение в промышленности:

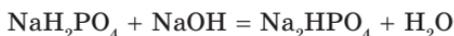
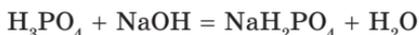


**Соли:**

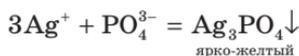
фосфаты	$\text{Na}_3\text{PO}_4$
гидрофосфаты	$\text{Na}_2\text{HPO}_4$
дигидрофосфаты	$\text{NaH}_2\text{PO}_4$



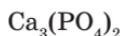
или



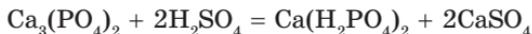
- качественная реакция на  $\text{PO}_4^{3-}$ :

**Фосфатные удобрения**

- «фосфоритная мука»:



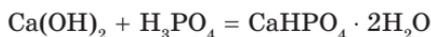
- простой суперфосфат:



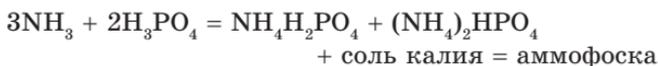
- двойной суперфосфат:



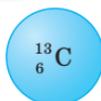
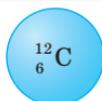
- преципитат:



- аммофос:



### Стабильные нуклиды углерода



### В природе

Как простое вещество:

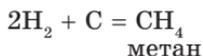
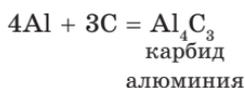
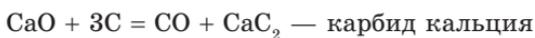
- > алмаз;
- > графит.

Как элемент в составе веществ:

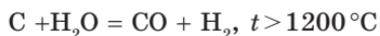
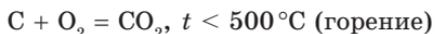
- > основная составляющая часть всех животных и растений;
- > углекислый газ  $\text{CO}_2$ ;
- > карбонаты;
- > нефть, природные газы.

### Химические свойства

Как окислитель:



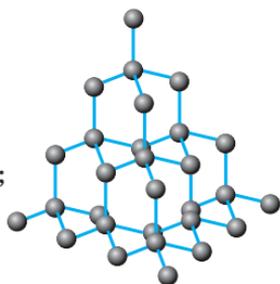
Как восстановитель:



## Аллотропия

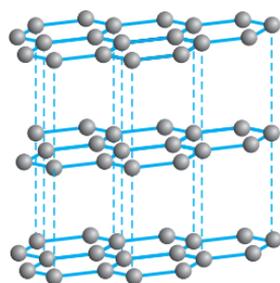
### Алмаз

- $sp^3$ -гибридизация атома C;
- прочные ковалентные связи;
- неметалл;
- атомная кристаллическая решетка;
- прозрачные кристаллы;
- имеет самую большую твердость среди природных соединений;
- изолятор.



### Графит

- $sp^2$ -гибридизация атома C;
- слоистая структура;
- атомная кристаллическая решетка;
- серого цвета;
- мягкий;
- имеет высокую электропроводность.



### Карбон

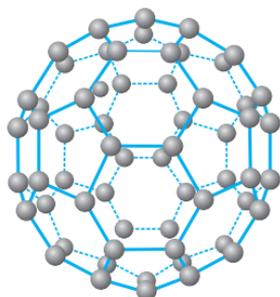


### Поликумулен



### Фуллерены

$C_{60}$  и  $C_{70}$  — полые сферы, напоминающие футбольные мячи, поверхность которых образована пяти- и шестиугольниками из атомов углерода.



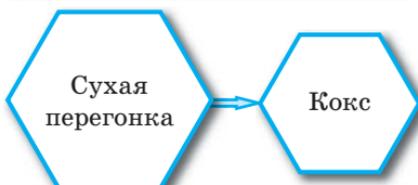
## Получение и использование

### Получение

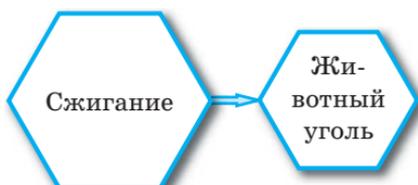
#### Древесина



#### Каменный уголь



#### Кости животных



### Использование

Способность к адсорбции — поглощению поверхностным слоем газов и растворенных веществ.

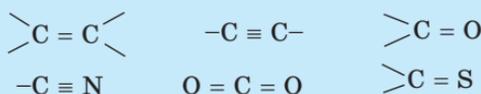
Мельчайший порошок графита:

- для приготовления чернил;
- в качестве наполнителя резины;
- в полиграфии.

Восстановитель в металлургии.

Используют в сахарной промышленности для очистки сахарного сиропа.

Углерод способен образовывать кратные связи (в отличие от Si, Ge).



## Соединения углерода

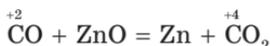
### Оксид углерода (II) CO (угарный газ) :C $\equiv$ O:

#### Физические свойства

- > бесцветный газ;
- > не имеет запаха;
- > плохо растворяется в воде;
- > очень ядовит — соединяется с гемоглобином крови, блокируя перенос кислорода.

#### Химические свойства

- > несолесобразующий оксид;
- > хороший восстановитель:



- > горит синим пламенем:

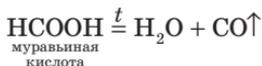


#### Получение

- > в промышленности:



- > в лаборатории:



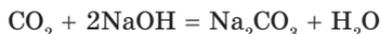
### Оксид углерода (IV) CO<sub>2</sub> (углекислый газ) O=C=O

#### Физические свойства

- > бесцветный газ;
- > не имеет запаха;
- > тяжелее воздуха;
- > растворяется в воде;
- > не поддерживает дыхания;
- > при  $t = -76^\circ\text{C}$  — сухой лед.

**Химические свойства**

- кислотный оксид:



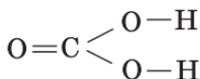
- как окислитель:

**Получение**

- в промышленности:



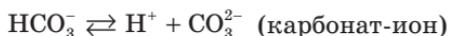
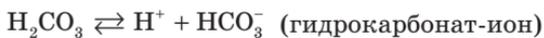
- в лаборатории:

**Угольная кислота  $\text{H}_2\text{CO}_3$** 

- слабая;
- существует только в растворе;
- в свободном состоянии нестойкая:



В растворе

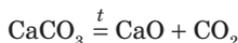
**Соли угольной кислоты****Карбонаты**

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  — кальцинированная сода;

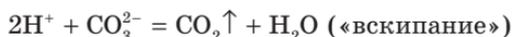
$\text{K}_2\text{CO}_3$  — поташ;

$\text{CaCO}_3$  — известняк, мел, мрамор;

- растворимы в воде только карбонаты щелочных металлов и  $\text{NH}_4^+$ ;
- сильный гидролиз;
- разлагаются при нагревании, кроме карбонатов щелочных металлов:



Качественная реакция на  $\text{CO}_3^{2-}$ :

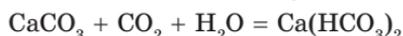
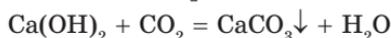


### Гидрокарбонаты

$\text{NaHCO}_3$  — пищевая сода,  $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ; легко растворяются в воде (исключение  $\text{NaHCO}_3$ ):



Качественная реакция на  $\text{CO}_2$ :



помутнение известковой (баритовой) воды с дальнейшим исчезновением муты.

Si

14

Кремний

### Аллотропия

#### Алмазоподобная структура

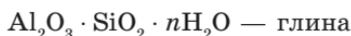
- металлический блеск;
- электропроводность;
- инертность.

#### Аморфный кремний

- бурый порошок;
- легче вступает в реакции, чем алмазоподобный.

### В природе

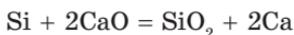
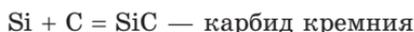
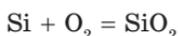
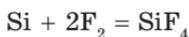
- второй элемент по распространенности в земной коре;
- существует только в связанном состоянии в виде оксида  $\text{SiO}_2$  (песок, кварц), в виде силикатов:



### Химические свойства

Достаточно инертен.

- Как восстановитель:



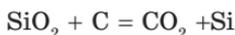
- Как окислитель:



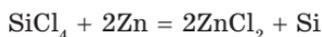
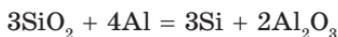
в большинстве металлов Si растворяется без химического взаимодействия.

### Получение

- в промышленности:



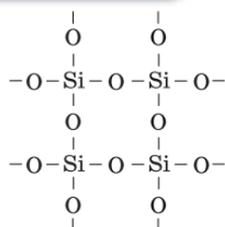
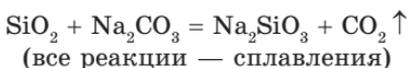
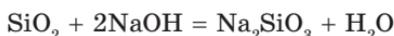
- в лаборатории:



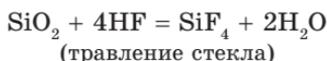
### Соединения кремния

#### Оксид кремния $\text{Si}^{+4}\text{O}_2$ (неорганический полимер)

- твердое, тугоплавкое вещество;
- кислотный оксид:



➤ инертный:



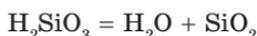
### Кремниевые кислоты $n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$

$\text{H}_2\text{SiO}_3$  — метакремниевая;

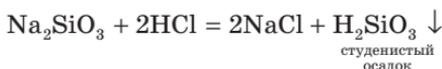
$\text{H}_4\text{SiO}_4$  — ортокремниевая;

$n > 1$  — поликремниевая,

все очень слабые, нестойкие



Получение:



### Силикаты — соли кремниевых кислот

- поддаются гидролизу — дают щелочную среду;
- соли Na, K — растворенные в воде — жидкое стекло;
- обычное стекло  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$  получают сплавлением смеси соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), известняка ( $\text{CaCO}_3$ ) и белого песка ( $\text{SiO}_2$ );
- $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{PbO} + \text{SiO}_2$  — хрусталь;
- цемент получают выжиганием смеси глины и известняка с размеливанием;
- керамику получают из природных глин путем формовки, сушки, выжигания.

### 1.3.7. Характерные химические свойства оксидов: основных, амфотерных, кислотных

Оксиды — сложные вещества, состоящие из двух элементов, один из которых кислород в степени окисления  $-2$ .



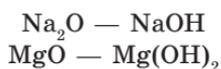
## Классификация оксидов

Оксиды

**несолеобразующие**  
(не образуют солей)  
 $N_2O$ ;  $NO$ ;  $CO$

**солеобразующие**  
(способные образовывать соли)

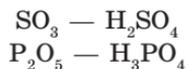
**основные** оксиды, которым соответствуют основания



**амфотерные** в зависимости от условий проявляют свойства оснований или кислот

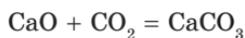


**кислотные** оксиды, которым соответствуют кислоты



## Химические свойства оксидов

- Основные и кислотные оксиды реагируют между собой с образованием соли:

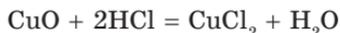


### Основные

- При взаимодействии с водой образуют щелочи:



- При взаимодействии с кислотами образуют соль и воду:



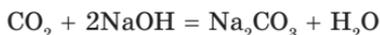
- Не взаимодействуют с основаниями.

### Кислотные

- При взаимодействии с водой большинство образует кислоты:



- Не взаимодействуют с кислотами.
- При взаимодействии с основаниями образуют соль и воду:



### Амфотерные

- Не взаимодействуют с водой.
- При взаимодействии с кислотами образуют соль и воду:



- При взаимодействии с основаниями образуют соль:

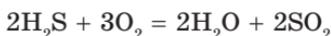


### Получение оксидов

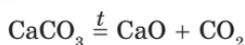
- Окисление простых веществ:



- Окисление сложных веществ:



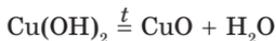
- Разложение солей:



Кроме карбонатов щелочных металлов:

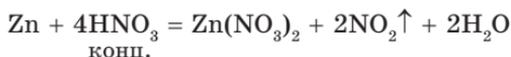


- Разложение оснований:



Щелочи не разлагаются.

- Взаимодействие кислот-окислителей с металлами и некоторыми неметаллами:



### 1.3.8. Характерные химические свойства оснований и амфотерных гидроксидов

#### Основания

**Основания** — сложные вещества, которые при диссоциации в водном растворе из отрицательных ионов образуют только гидроксид-ионы  $\text{OH}^-$ .



Растворимые в воде — щелочи



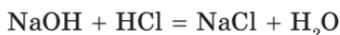
Нерастворимые в воде



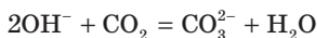
## Химические свойства

### Щелочи

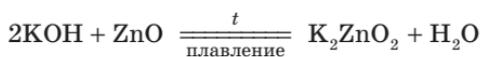
- Взаимодействие с кислотами (реакция нейтрализации):



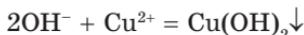
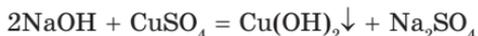
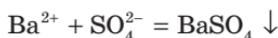
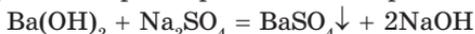
- Взаимодействие с кислотными оксидами:



- Взаимодействие с амфотерными оксидами:



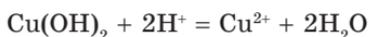
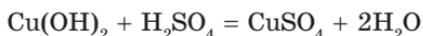
- Взаимодействие с растворами солей с образованием осадка:



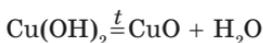
Термическое разложение — не разлагаются.

### Нерастворимые основания

- Взаимодействие с кислотами (реакция нейтрализации):

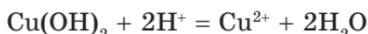
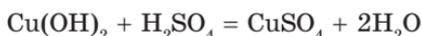


- Не взаимодействуют с кислотными оксидами.
- Не взаимодействуют с амфотерными оксидами.
- Не взаимодействуют с растворами солей.
- Термическое разложение — образуются соответствующий оксид и вода:

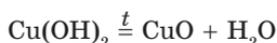


### Нерастворимые основания

- Взаимодействие с кислотами (реакция нейтрализации):



- Не взаимодействуют с кислотными оксидами.
- Не взаимодействуют с амфотерными оксидами.
- Не взаимодействуют с растворами солей.
- Термическое разложение — образуются соответствующий оксид и вода:



Растворы щелочей имеют  $p\text{H} > 7$ , изменяют окраску индикаторов:

фенолфталеин → малиновый

лакмус → синий

метиловый оранжевый → желтый.

### Физические свойства

- твердые кристаллические вещества:
- некоторые растворяются в воде (щелочи):
- водные растворы — мыльные на ощупь, едкие, разъедают кожу, ткани!

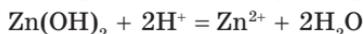
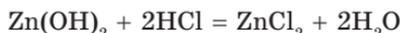
### Амфотерные гидроксиды

При диссоциации в воде образуются катионы водорода  $\text{H}^+$  и гидроксид-ионы  $\text{OH}^-$



**Химические свойства**

- ▶ с кислотами:

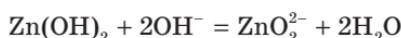
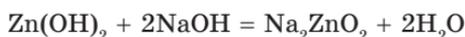


- ▶ со щелочами:

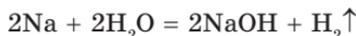
в растворе



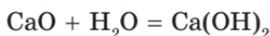
при сплавлении

**Получение****Щелочи**

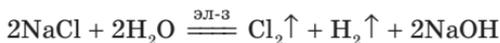
- ▶ металл + вода:



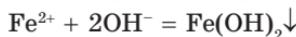
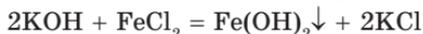
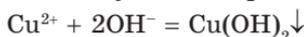
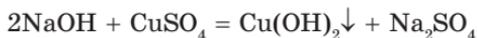
- ▶ оксид металла + вода:



- ▶ электролиз водных растворов солей щелочных металлов:

**Нерастворимые основания**

- ▶ щелочь + раствор соли:



### 1.3.9. Характерные химические свойства кислот

**Кислоты** — сложные вещества, которые при диссоциации в водном растворе из положительных ионов образуют только ионы водорода  $H^+$  (гидроксония  $H_3O^+$ ).

#### Бескислородные

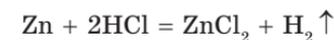
$HF$  — фтороводородная кислота  
 $HCl$  — хлороводородная кислота  
(соляная кислота)  
 $HBr$  — бромоводородная кислота  
 $HI$  — йодоводородная кислота  
 $H_2S$  — сероводородная кислота

#### Кислородсодержащие

$HNO_3$  — азотная кислота  
 $H_2SO_4$  — серная кислота  
 $H_2SO_3$  — сернистая кислота  
 $H_3PO_4$  — фосфорная кислота  
 $H_2SiO_3$  — кремниевая кислота  
 $H_2CO_3$  — угольная кислота

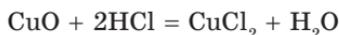
#### Химические свойства

- ▶  $pH < 7$
- ▶ растворы изменяют окраску индикаторов:
  - лакмус → красный
  - метиловый оранжевый → розовый
- ▶ взаимодействуют с металлами, стоящими в ряду напряжения до водорода:

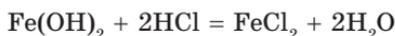


(кроме  $HNO_3$  и  $H_2SO_4$  (конц.))

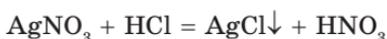
- взаимодействуют с основными и амфотерными оксидами:



- взаимодействуют с основаниями (реакция нейтрализации):



- взаимодействуют с солями, если образуется малорастворимая соль или летучее соединение:

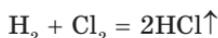


### Физические свойства

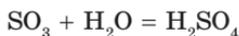
- твердые ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ , лимонная кислота) или жидкие ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ );
- большинство хорошо растворяется в воде;
- растворы имеют кислый вкус;
- разъедают кожу, ткани (едкие)!

### Получение

- прямое взаимодействие водорода с неметаллом с дальнейшим растворением в воде:



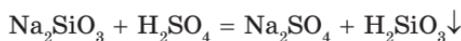
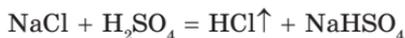
- кислотный оксид +  $\text{H}_2\text{O}$ :



- неметалл + сильный окислитель (для некоторых кислот):



- соль + менее летучая кислота:



### Названия кислот и образуемых ими солей

Кислота	Название кислоты	Название соли
$\text{HAlO}_2$	Метаалюминиевая	Метаалюминат
$\text{HAsO}_3$	Метамышьяковая	Метаарсенат
$\text{H}_3\text{As}_4$	Ортомышьяковая	Ортоарсенат
$\text{HAsO}_2$	Метамышьяковистая	Метаарсенит
$\text{H}_3\text{AsO}_3$	Ортомышьяковистая	Ортоарсенит
$\text{HBO}_2$	Метаборная	Метаборат
$\text{H}_3\text{BO}_3$	Ортоборная	Ортоборат
$\text{H}_2\text{B}_4\text{O}_7$	Четырехборная	Тетраборат
$\text{HBr}$	Бромоводород	Бромид
$\text{HBrO}$	Бромноватистая	Гипобромид
$\text{HBrO}_3$	Бромноватая	Бромат
$\text{HCOOH}$	Муравьиная	Формиат
$\text{HCN}$	Циановодород	Цианид
$\text{H}_2\text{CO}_3$	Угльная	Карбонат
$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	Щавелевая	Оксалат
$\text{H}_4\text{C}_2\text{O}_2$	Уксусная	Ацетат
$\text{HCl}$	Соляная	Хлорид
$\text{HClO}$	Хлорноватистая	Гипохлорит

Продолжение таблицы

Кислота	Название кислоты	Название соли
$\text{HClO}_2$	Хлористая	Хлорит
$\text{HClO}_3$	Хлорноватая	Хлорат
$\text{HClO}_4$	Хлорная	Перхлорат
$\text{HCrO}_2$	Метахромистая	Метахромит
$\text{H}_2\text{CrO}_4$	Хромовая	Хромат
$\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	Двухромовая	Дихромат
$\text{HI}$	Йодоводород	Йодид
$\text{HIO}$	Йодноватистая	Гипойодид
$\text{HIO}_3$	Йодноватая	Йодат
$\text{HIO}_4$	Йодная	Периодат
$\text{HMnO}_4$	Марганцовая	Перманганат
$\text{H}_2\text{MnO}_4$	Марганцовистая	Манганат
$\text{H}_2\text{MoO}_4$	Молибденовая	Молибдат
$\text{HN}_3$	Азидоводород (азотистоводородная кислота)	Азид
$\text{HNO}_2$	Азотистая	Нитрит
$\text{HNO}_3$	Азотная	Нитрат
$\text{HPO}_3$	Метафосфорная	Метафосфат

Окончание таблицы

Кислота	Название кислоты	Название соли
$\text{H}_3\text{PO}_4$	Ортофосфорная	Ортофосфат
$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	Двухфосфорная (пирофосфорная)	Дифосфат (пирофосфат)
$\text{H}_3\text{PO}_3$	Фосфористая	Фосфит
$\text{H}_3\text{PO}_2$	Фосфорноватистая	Гипофосфит
$\text{H}_2\text{S}$	Сероводород	Сульфид
$\text{HSCN}$	Родановодород	Роданид
$\text{H}_2\text{SO}_3$	Сернистая	Сульфит
$\text{H}_2\text{SO}_4$	Серная	Сульфат
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Тиосерная	Тиосульфат
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$	Двусерная (пиросерная)	Дисульфат (пиросульфат)
$\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_8$	Пероксодвусерная (надсерная)	Пероксодисульфат (персульфат)
$\text{H}_2\text{Se}$	Селеноводород	Селенид
$\text{H}_2\text{SeO}_3$	Селенистая	Селенит
$\text{H}_2\text{SeO}_4$	Селеновая	Селенат
$\text{H}_2\text{SiO}_3$	Кремниевая	Силикат
$\text{HVO}_3$	Ванадиевая	Ванадат
$\text{H}_2\text{WO}_4$	Вольфрамовая	Вольфрамат

### 1.3.10. Характерные химические свойства солей: средних, кислых, основных; комплексных (на примере соединений алюминия и цинка)

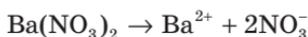
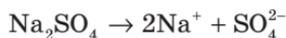
#### Соли

**Соли** — электролиты, которые в водных растворах диссоциируют на катионы металлов (или аммоний-катионы) и анионы кислотных остатков (а иногда еще и ионы водорода  $H^+$  и гидроксид-ионы  $OH^-$ ).

#### Классификация солей

##### ➤ Средние

Результат полного замещения атомов водорода кислоты атомами металла или группы  $OH$  основания кислотным остатком:



##### ➤ Кислые

Результат неполного замещения атомов водорода кислоты атомами металла:



##### ➤ Основные

Результат неполного замещения гидроксогрупп основания кислотными остатками:



##### ➤ Двойные

Состоят из ионов двух металлов и одного кислотного остатка:



##### ➤ Смешанные

Состоят из ионов одного металла и двух кислотных остатков:



► **Комплексные**

В состав входят сложные (комплексные) ионы:



### Номенклатура

$Na_2SO_4$  — сульфат натрия;

$Ba(NO_3)_2$  — нитрат бария;

$K_3PO_4$  — фосфат калия;

$AlCl_3$  — хлорид алюминия;

$FeBr_2$  — бромид железа (II);

$CuS$  — сульфид меди (II);

$NaHCO_3$  — гидрокарбонат натрия;

$NH_4H_2PO_4$  — дигидрофосфат аммония;

$MgOHCl$  — основной хлорид магния;

$KAl(SO_4)_2$  — сульфат алюминия-калия;

$K_4[Fe(CN)_6]$  — гексацианоферрат (II) калия;

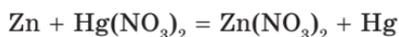
$Na_3[Fe(CN)_6]$  — гексацианоферрат (III) натрия;

$Na[Al(OH)_4]$  — тетрагидроксоалюминат натрия.

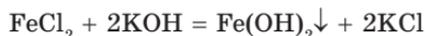
### Химические свойства средних солей

► взаимодействие с металлами

(смотри ряд стандартных электродных потенциалов — вытесняет тот, который стоит левее):



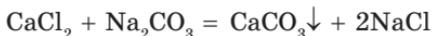
► взаимодействие с щелочами:



► взаимодействие с кислотами:



► взаимодействие растворов солей:



ионные  
реакции, один  
из продуктов  
должен быть  
удален

► некоторые распадаются при прокаливании:

карбонаты (кроме карбонатов щелочных металлов)



нитраты (в зависимости от положения металла в ряду стандартных электродных потенциалов):



кислые соли:



основные соли:



- кислые и основные соли обладают всеми общими химическими свойствами солей;
- кислые соли растворяются лучше, а основные — хуже соответствующих средних солей.

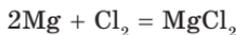
### Физические свойства

- твердые кристаллические вещества;
- имеют высокие  $t_{\text{пл}}$  и  $t_{\text{кип}}$ ;
- по растворимости в воде:
  - растворимые —  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KNO}_3$ ;
  - малорастворимые —  $\text{PbCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ;
  - практически нерастворимые —  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{PbS}$ .

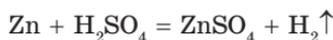
### Получение

#### Средние соли

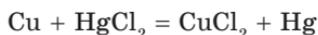
- из металлов:  
металл с неметаллом



металл с кислотой

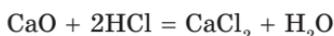


металл с солью

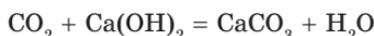


- из оксидов:

основные оксиды с кислотами



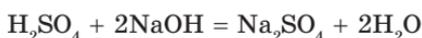
кислотные оксиды с щелочами



кислотные оксиды с основными

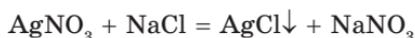


- реакция нейтрализации — кислота с основанием

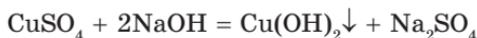


- из солей:

соли с солями



соли со щелочами

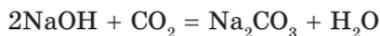
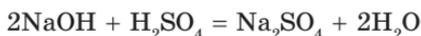


соли с кислотами

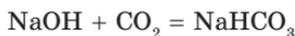
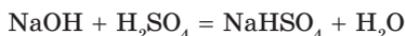


### Кислые соли

получают таким же способом, как и средние, но при других молярных соотношениях реагентов:



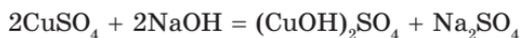
2 : 1 — средняя



1 : 1 — кислая

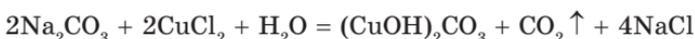
### Основные соли

- средних солей со щелочами:

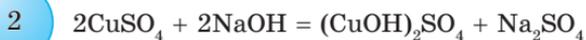
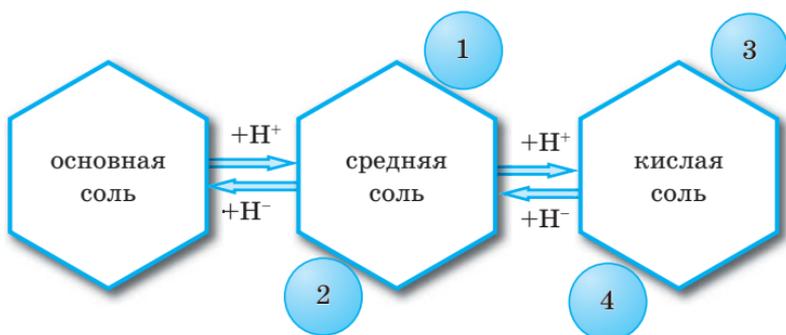


К раствору соли приливают раствор щелочи, а не наоборот.

- при взаимодействии средних солей, одна из которых образована сильным основанием и слабой кислотой, а другая — слабым основанием и сильной кислотой



### Общая схема взаимопревращений солей



## Комплексные соединения

**Комплексные соединения** содержат сложные (комплексные) ионы, способные к самостоятельному существованию при растворении или расплавлении комплекса.

### Классификация

По знаку электрического заряда комплексного иона

- катионные  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}\text{SO}_4$
- анионные  $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]^{2-}$
- катионно-анионные  $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$
- нейтральные  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]^0$

По природе лигандов

- гидроксокомплексы  $\text{Na}_2[\text{Al}(\text{OH})_4]$
- аквакомплексы  $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}_3$
- ацидокомплексы  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
- аминокислоты  $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$
- смешанные комплексы  $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]$

### Строение



Существуют комплексы без внешней сферы ( $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ ) или комплексы, в которых и внешняя, и внутренняя сферы представлены комплексными ионами ( $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6][\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ).

Таблица растворимости кислот, основ и солей в воде

Анионы	Катионы									
	H <sup>+</sup>	K <sup>+</sup> , Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>
OH <sup>-</sup>		P	—	P	M	M	H	H	H	H
F <sup>-</sup>	P	P	P	M	H	H	M	H	H	H
Cl <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Br <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
I <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
S <sup>2-</sup>	P	P	P	P	M	P	—	—	H	—
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	H	H	H	—	—	H	—
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	H	M	P	P	P	P	P
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	H	M	P	P	H	—	P
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	P	P	P	H	H	H	H	H	H	H
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	H	H	H	—	—	H	H
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	H	P	—	H	H	H	H	H	H	H
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	—	—	P	—
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	M	P	P	P

P — растворяется в воде;

M — мало растворяется в воде;

Катионы										Анионы
Cd <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup> , Co <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	
Н	Н	Н	Н	—	—	—	Н	Н	Н	OH <sup>-</sup>
Р	Р	М	М	Р	Р	—	Н	Н	Р	F <sup>-</sup>
Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Р	М	Р	Cl <sup>-</sup>
Р	Р	Р	Р	Н	Н	М	Р	М	Р	Br <sup>-</sup>
Р	Р	Р	Р	Н	Н	Н	Р	Н	Р	I <sup>-</sup>
Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	S <sup>2-</sup>
Н	Н	Н	Н	Н	—	Н	Н	Н	—	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Р	Р	Р	Р	М	М	Р	Р	Н	Р	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Н	Н	Р	Р	Н	Н	Н	Р	Н	Н	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	—	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Н	Н	Н	Н	Н	—	—	Н	Н	—	SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Р	Р	Р	Р	М	М	Р	Р	Р	—	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Р	Р	Р	Р	Р	М	Р	Р	Р	Р	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>

Н — не растворяется в воде;

прочерк — не существует или распадается в водной среде.

## Номенклатура

Указываются:

- 1) анион — в именительном падеже;
- 2) катион — в родительном падеже.

Например:

- катионный комплекс  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4$  — сульфат тетраамминкупрума (II);
- анионный комплекс  $\text{K}_2[\text{PtCl}_4]$  — тетрахлороплатинат (II) калия;
- нейтральный комплекс  $[\text{NiCO}]_4$  — тетракарбонилникель.

Таким образом, нужно знать:

- последовательность названия;
- названия греческих числительных для указания количества лигандов;

2 — ди-	7 — гепта-
3 — три-	8 — окта-
4 — тетра-	9 — нона-
5 — пента-	10 — дека-
6 — гекса-	

- названия лигандов

к названиям анионных лигандов добавляется гласная «о»:

Cl <sup>-</sup> — хлоро-	Br <sup>-</sup> — бромо-
O <sup>2-</sup> — оксо-	CN <sup>-</sup> — циано-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> — сульфато-	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> — нитрато-
OH <sup>-</sup> — гидроксо-	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup> — ацетато-

названия нейтральных лигандов не изменяются:

NH <sub>3</sub> — аммин-	H <sub>2</sub> O — аква-
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> — бензол-	NO — нитрозил-
N <sub>2</sub> H <sub>2</sub> — гидразин-	CO — карбонил-
O <sub>2</sub> — диоксигород-	

- название катиона-комплексобразователя:

катионный комплекс — в родительном падеже + С. О.

анионный комплекс — в именительном падеже +  
+ суффикс *ат* + С. О.;

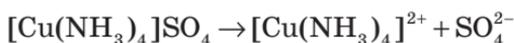
суффикс *ум* → суффикс *ат*,

если используется латинское название

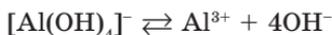
нейтральный комплекс — без изменений

### Химические свойства

- диссоциация  
первичная — по типу сильных электролитов:



вторичная (диссоциация комплексного иона) — по типу слабых электролитов, кроме нейтральных комплексов:



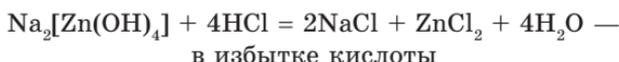
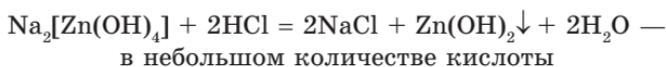
- термическое разложение:



- реакции, в которых образуются более устойчивые комплексы:



- реакции с кислотами:



- реакции разрушения комплекса при введении в раствор ионов, с которыми ион-комплексобразователь образует труднорастворимое соединение:



### Физические свойства

- твердые вещества;
- большинство растворяется в воде.

## 1.4. Органическая химия

### 1.4.1. Теория строения органических соединений.

**Изомерия — структурная и пространственная.**

**Гомологи и гомологический ряд**

Теория химического строения органических соединений

А. М. Бутлерова

- Атомы в молекулах соединены между собой в определенном порядке, в соответствии с их валентностью. Последовательность соединения атомов в молекуле — химическое строение.
- Зная свойства органических веществ, можно установить их химическое строение, и напротив, зная строение вещества, можно делать выводы о его свойствах.
- Атомы или группы атомов в молекулах взаимно влияют друг на друга непосредственно или через другие атомы.
- Свойства веществ зависят от количественного и качественного состава, а также от химического строения молекулы.

#### Основные понятия

#### Гомологический ряд

Ряд соединений, представители которого близки по химическим свойствам, характеризуются закономерным изменением физических свойств, имеют однотипную структуру и отличаются друг от друга одной или несколькими  $-\text{CH}_2-$  группами.

#### Гомологическое отличие

Группа атомов  $-\text{CH}_2-$ , на которую отличается от предыдущего каждое последующее соединение в гомологическом ряду.



**Гомологи**

Отдельные члены гомологического ряда

**Гомология**

Явление существования веществ — гомологов

**Изомеры**

Вещества, одинаковые по качественному и количественному составу, но разные по строению и поэтому имеющие разные химические и физические свойства

**Изомерия**

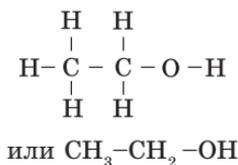
Явление существования веществ — изомеров

**Формула общая**

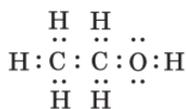
Отображает качественный и количественный состав вещества:  $C_2H_6O$

**Формула структурная**

Отображает последовательность соединения атомов в молекуле

**Формула электронная**

Формула, в которой ковалентную связь условно обозначают двумя точками

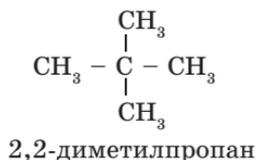
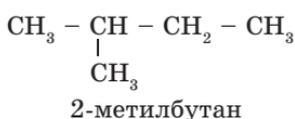
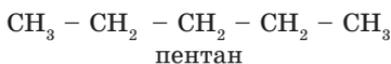


## Виды изомерии

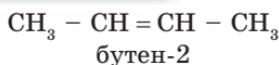
I. Структурная  
изомерия

Вещества различаются порядком связи атомов в молекулах

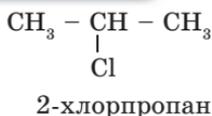
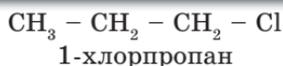
## Изомерия углеродного скелета



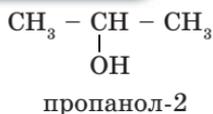
## Изомерия положения кратных связей



## Изомерия положения заместителей

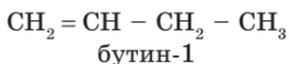


## Изомерия положения функциональных групп

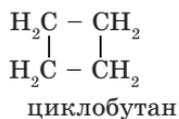


### Изомерия между классами соединений (межклассовая)

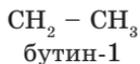
алкены



циклоалканы



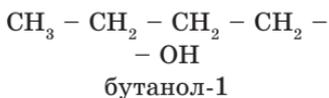
алкины



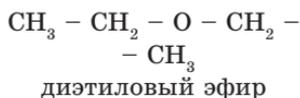
алкадиены



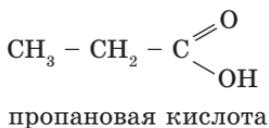
одноатомные спирты



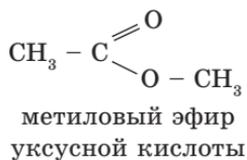
простые эфиры



карбоновые кислоты



сложные эфиры

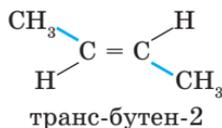
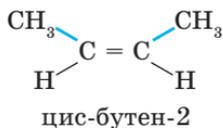


## II. Пространственная (стереоизомерия)

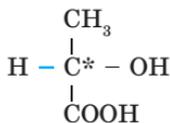
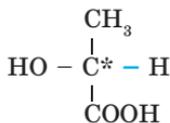
Вещества отличаются положением атомов (групп атомов) в пространстве

### Конфигурационная изомерия

#### геометрическая изомерия



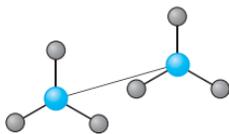
#### оптическая изомерия



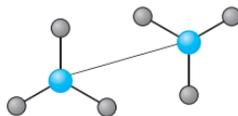
молочная кислота

### Конфигурационная изомерия

#### Конформации этана



заслоненная



заторможенная  
(шахматная)

### 1.4.2. Типы связей в молекулах органических веществ. Гибридизация атомных орбиталей углерода. Радикал. Функциональная группа

#### Связи в молекулах органических веществ (в основном ковалентные)

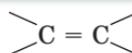
##### по кратности связи

одинарные



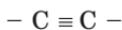
длина связи 0,154 нм

двойные



длина связи 0,134 нм

тройные



длина связи 0,120 нм

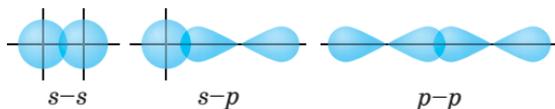
ароматические



длина связи 0,140 нм

##### по способу перекрывания электронных облаков

$\sigma$ -связи



электронные облака перекрываются на линии,  
которая соединяет центры атомов

$\pi$ -связи

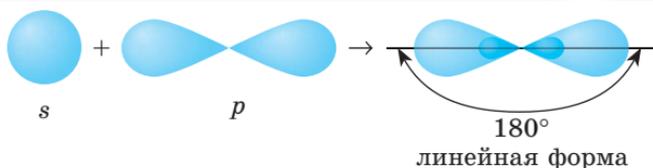


место перекрывания электронных  
облаков не лежит на линии, которая  
соединяет центры атомов

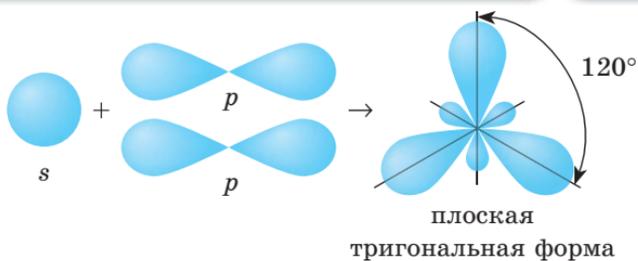
**Гибридизация** — процесс выравнивания орбиталей разных подуровней по форме и энергии.

### Схемы гибридизации

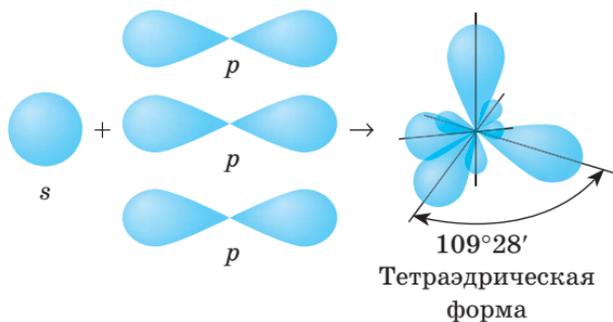
#### $sp$ -гибридизация



#### $sp^2$ -гибридизация



#### $sp^3$ -гибридизация



## Функциональная группа. Радикал

**Функциональная группа** — постоянная группа атомов, которая определяет характерные свойства вещества  $-\text{OH}$ ,  $-\text{COOH}$  и т. д.

**Радикал** — остаток молекулы углеводорода, который образуется вследствие удаления одного или нескольких атомов водорода:  $-\text{CH}_3$  — метил;  $-\text{C}_2\text{H}_5$  — этил;  $-\text{C}_3\text{H}_7$  — пропил.

### 1.4.3. Классификация и номенклатура органических соединений

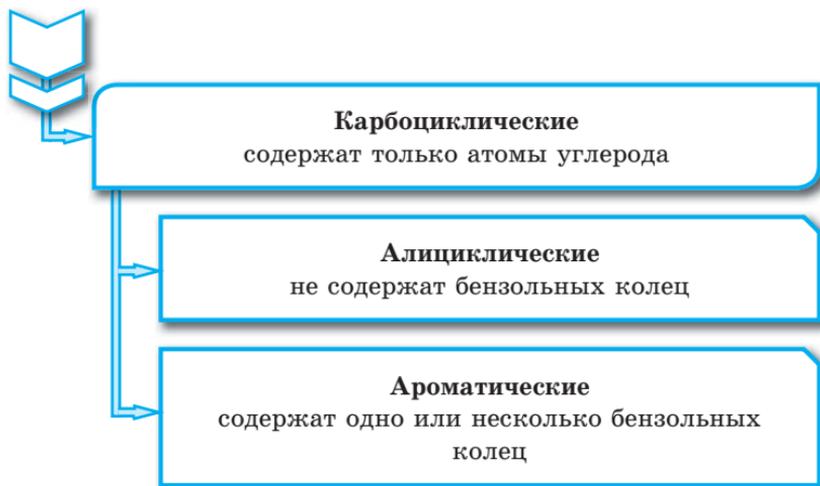
#### Классификация органических соединений

**Признаки классификации:**

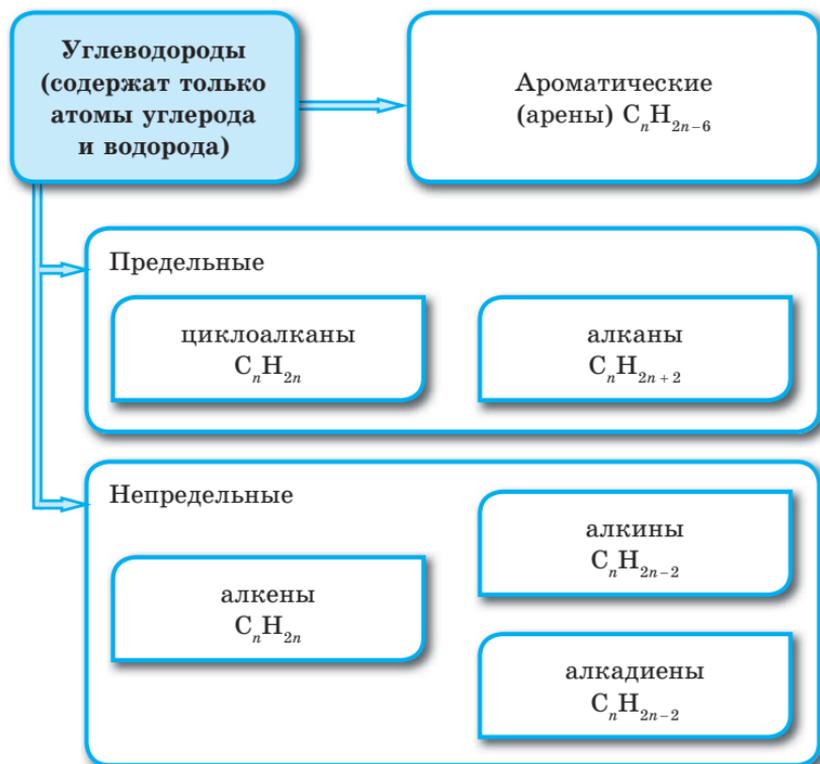
- строение углеродной цепи;
- природа функциональной группы.

#### Классификация по строению углеродной цепи





### Классификация углеводородов (по типу химических связей)



**Классификация по качественному  
составу функциональных групп**

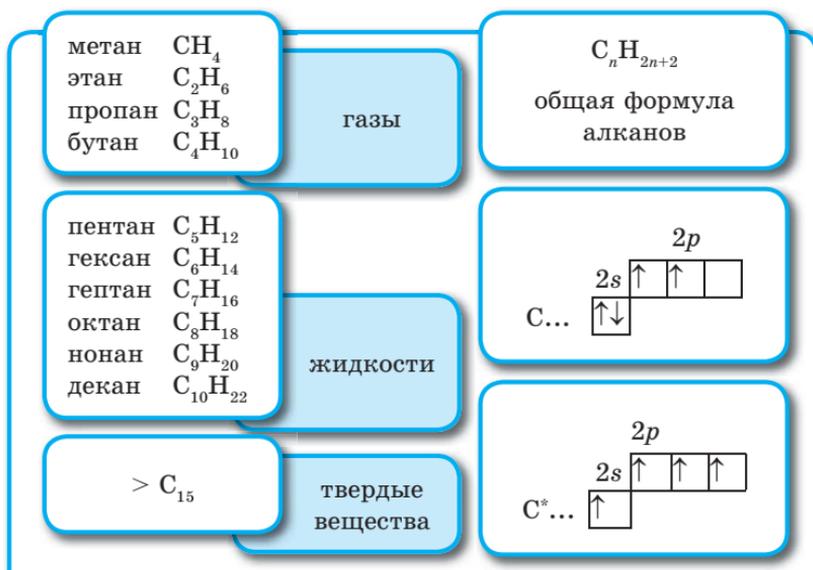
Класс органических соединений	Функциональная группа	Общая формула	Состав соединения
Галогенопроизводные углеводов	-F, -Cl -Br, -I (-Hal)	R-Hal	$C_n H_{2n+1} Hal$
Одноатомные спирты	-OH	R-OH	$C_n H_{2n+2} O$
Фенолы	-OH	Ar-OH	$C_n H_{2n-6} O$
Простые эфиры	-O-R	R-O-R'	$C_n H_{2n+2} O$
Альдегиды	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \backslash \\ H \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ // \\ R-C \\ \backslash \\ H \end{array}$	$C_n H_{2n} O$
Кетоны	$\begin{array}{c} O \\    \\ -C- \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\    \\ R-C-R' \end{array}$	$C_n H_{2n} O$
Карбоновые кислоты	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \backslash \\ OH \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ // \\ R-C \\ \backslash \\ OH \end{array}$	$C_n H_{2n} O_2$
Сложные эфиры	$\begin{array}{c} O \\ // \\ -C \\ \backslash \\ O-R \end{array}$	$\begin{array}{c} O \\ // \\ R-C \\ \backslash \\ O-R' \end{array}$	$C_n H_{2n} O_2$
Нитросоединения	-NO <sub>2</sub>	R-NO <sub>2</sub>	$C_n H_{2n+1} NO_2$
Амины (первичные)	-NH <sub>2</sub>	R-NH <sub>2</sub>	$C_n H_{2n+3} N$

### Названия основных функциональных групп

Формула	Название
-OH	гидроксильная
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C} \\ \backslash \\ \text{H} \end{array}$	альдегидная
-C=O	карбонильная
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{-C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	карбоксильная
-NO <sub>2</sub>	нитрогруппа
-NH <sub>2</sub>	аминогруппа

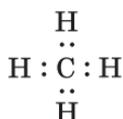
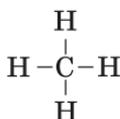
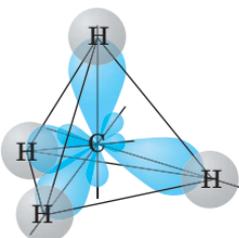
#### 1.4.4. Характерные химические свойства углеводородов: алканов, циклоалканов, алкенов, диенов, алкинов

##### Алканы



- $sp^3$ -гибридизация атомов углерода
- $109^\circ 28'$  — валентный угол
- химические связи — простые (одинарные)  $\sigma$ -связи
- длина связей C — C 0,154 нм  
C — H 0,109 нм
- тип изомерии — структурная

### CH<sub>4</sub> — метан

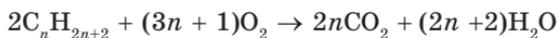


- бесцветный газ
- без запаха
- легче воздуха
- не растворяется в воде

### Химические свойства

#### — Реакции с разрывом C—C связей

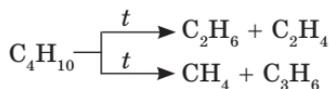
- горение (полное окисление):



- частичное окисление:

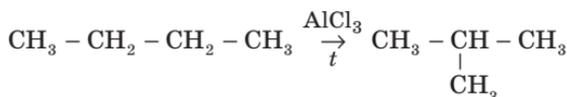


- крекинг (расщепление):



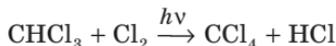
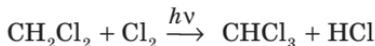
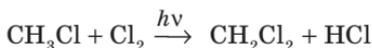
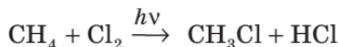
образуется смесь продуктов

- изомеризация:

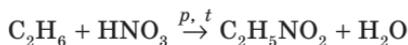


### Реакции с разрывом С–Н связей

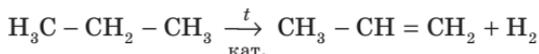
- замещение водорода галогеном, свободнорадикальный механизм реакции:



- замещение водорода нитрогруппой, реакция Коновалова:

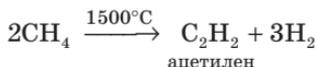
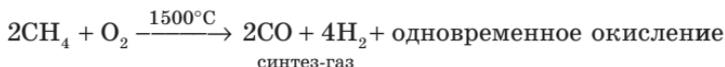
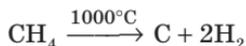


### Каталитическое дегидрирование — отщепление $\text{H}_2$

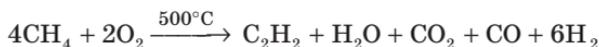


### Реакции, характерные для метана

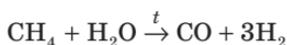
- пиролиз:



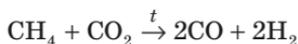
- неполное окисление:



- конверсия:  
с водяным паром

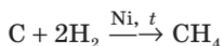


- с углекислым газом

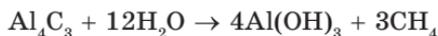


### Получение

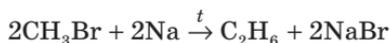
- природные источники: газ, нефть, уголь, древесина, торф;
- в промышленности:



- в лаборатории:



реакция декарбосилирования  
(реакция Дюма)



реакция Вюрца

разные галогенопроизводные → смесь углеводородов

### Применение

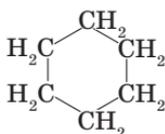
- промышленное и бытовое топливо;
- сырье для химической промышленности.

## Циклоалканы

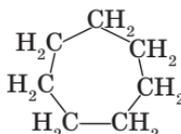
**Циклоалканы** — насыщенные углеводороды с циклической цепочкой атомов углерода.

$C_n H_{2n}$   
общая формула  
циклоалканов

## Наиболее устойчивые циклоалканы



циклогексан



циклопентан

## Алкены (этиленовые углеводороды)

**Алкены** — углеводороды, содержащие двойную связь  $C=C$  (одна  $\sigma$  — прочная, другая  $\pi$  — значительно слабее).

$C_n H_{2n}$   
общая формула  
алкенов

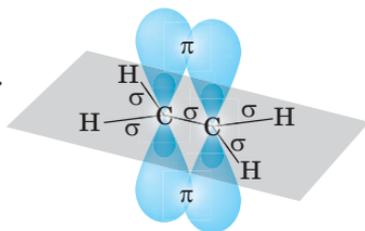
- $sp^2$ -гибридизация атомов углерода, соединенных двойной связью;
- $120^\circ$  — валентный угол;
- длина связи  $C=C$  0,134 нм.

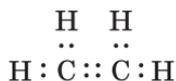
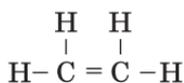
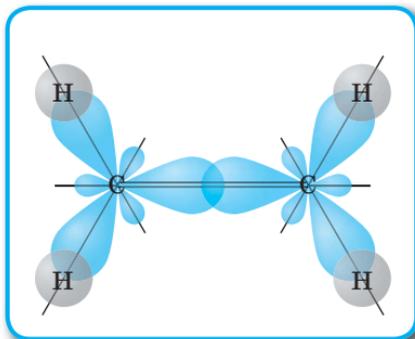
## Номенклатура

суффикс *-ен*

## Виды изомерии

- разветвление углеродного скелета;
- положение двойной связи;
- межклассовая (с циклоалканами);
- пространственная (цис- и транс-изомеры).

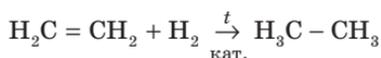


**C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> — этен, этилен**

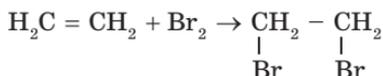
- бесцветный газ
- легче воздуха
- малорастворим в воде

**Химические свойства алкенов****Реакции присоединения**

- гидрирование:

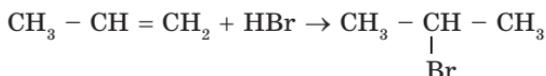


- галогенирование:



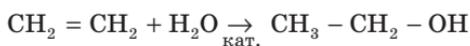
Обесцвечивание бромной воды — **качественная реакция** на кратную связь.

- гидрогалогенирование:

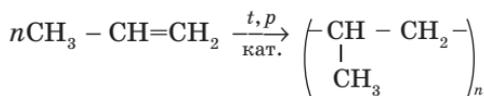


Происходит по **правилу Марковникова**: атом H из  $\text{HHal}$  или из  $\text{H}_2\text{O}$  (H-OH) присоединяется к атому C с большим количеством H.

- гидратация:

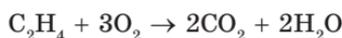


- полимеризация:

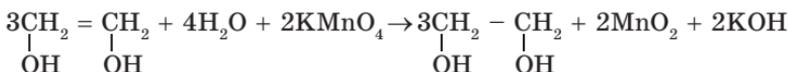


### Реакции окисления

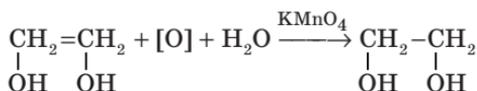
- неполное окисление (горение):



- мягкое окисление:



или

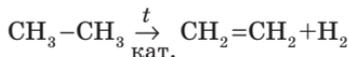


этиленгликоль

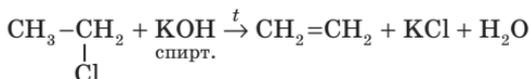
Обесцвечивание раствора перманганата калия — **качественная реакция** на кратную связь.

### Получение алкенов

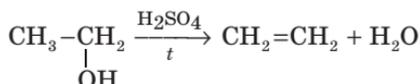
- крекинг нефти:  
термический (600–700 °С)  
каталитический (300–500 °С)
- дегидрирование алканов:



- дегидрогалогенирование алкилгалогенидов:



- дегидратация спиртов:



Дегидратация и дегидрогалогенирование происходят по правилу Зайцева: атом водорода отщепляется от атома С с меньшим количеством Н.

## Диены

Диены — углеводороды, содержащие две двойных  $C = C$  связи.

$C_n H_{2n-2}$   
общая формула  
диенов

## Номенклатура

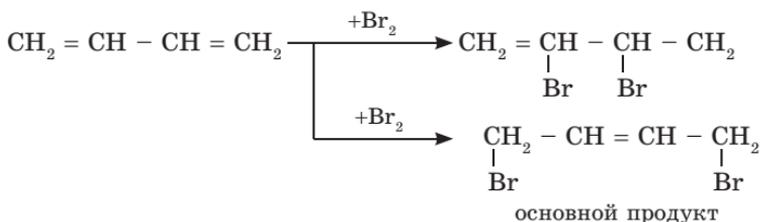
суффикс *-диен*

## Виды изомерии

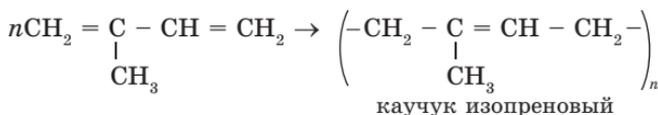
- разветвление углеродного скелета;
- положение двойной связи;
- межклассовая (с алкинами);
- пространственная (цис- и транс-).

## Химические свойства

- реакции присоединения (гидрирование, галогенирование):

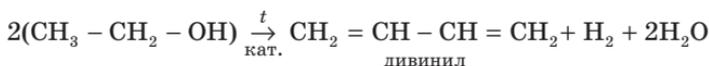


- реакция полимеризации (получение различных каучуков):

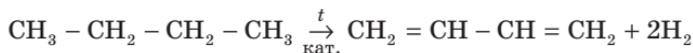


## Получение

- метод Лебедева:



- каталитическое дегидрирование:



### Алкены (ацетиленовые углеводороды)

**Алкены** — углеводороды, содержащие тройную связь  $\text{C} \equiv \text{C}$  (одну  $\sigma$  — прочную, две  $\pi$  — более слабые).

$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$   
общая формула  
алкенов

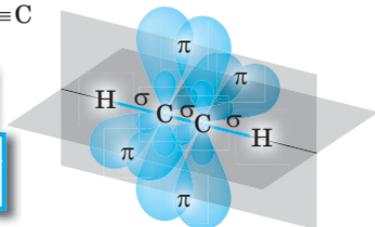
- *sp*-гибридизация атомов углерода, соединенных тройной связью;
- $180^\circ$  — валентный угол;
- 0,120 нм — длина связи  $\text{C} \equiv \text{C}$

#### Номенклатура

суффикс *-ин*

#### Виды изомерии

- разветвление углеродного скелета;
- положение тройной связи;
- межклассовая (с алкадиенами).



$\text{C}_2\text{H}_4$  — этен, этилен



- бесцветный газ
- легче воздуха
- малорастворим в воде

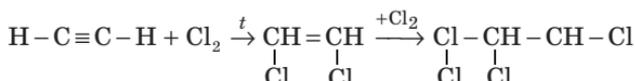
### Химические свойства

#### Реакции присоединения

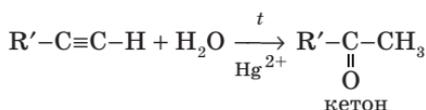
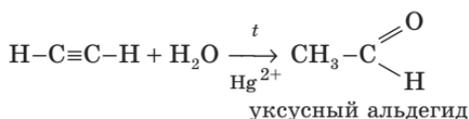
- гидрирование:



- галогенирование:

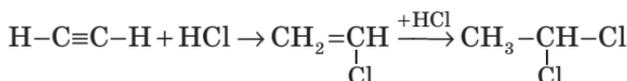


- гидратация (реакция Кучерова):



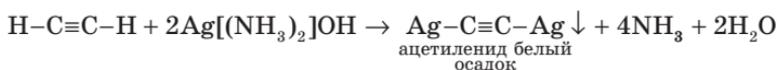
Происходит по правилу Марковникова.

- гидрогалогенирование:

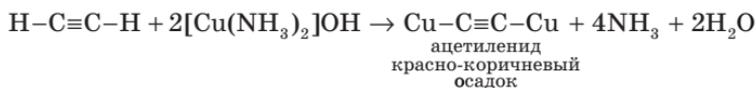


#### Реакции замещения H возле тройной связи

- с солями серебра:

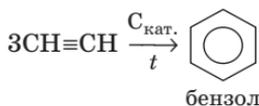


- с солями меди (I):

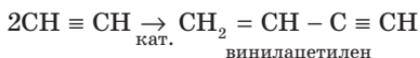


#### Реакции полимеризации

- циклическая (тримеризация):



- линейная (димеризация):



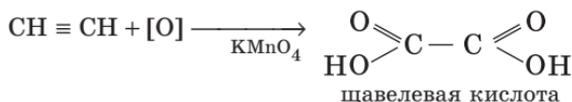
### Реакции окисления

- полное окисление (горение):



ацетилен на воздухе горит коптящим пламенем.

- частичное окисление (обесцвечивание раствора  $\text{KMnO}_4$ ):



### Получение

- $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$
- $2\text{CH}_4 \xrightarrow{t} \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$
- $\text{CH}_3 - \text{CHBr}_2 + 2\text{KOH} \rightarrow 2\text{KBr} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{C}_2\text{H}_2$   
спирт.

## 1.4.5. Характерные химические свойства ароматических углеводородов: бензола и толуола

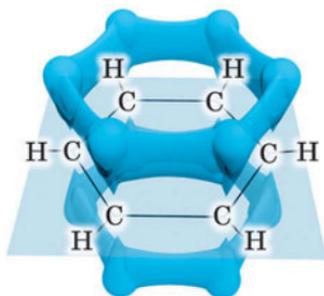
Ароматические углеводороды — углеводороды, содержащие ароматическую связь.

$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$   
общая формула  
ароматических  
углеводородов

- $sp^2$ -гибридизация атомов углерода;
- $120^\circ$  — валентный угол;
- длина связи C—C 0,140 нм.

### Номенклатура

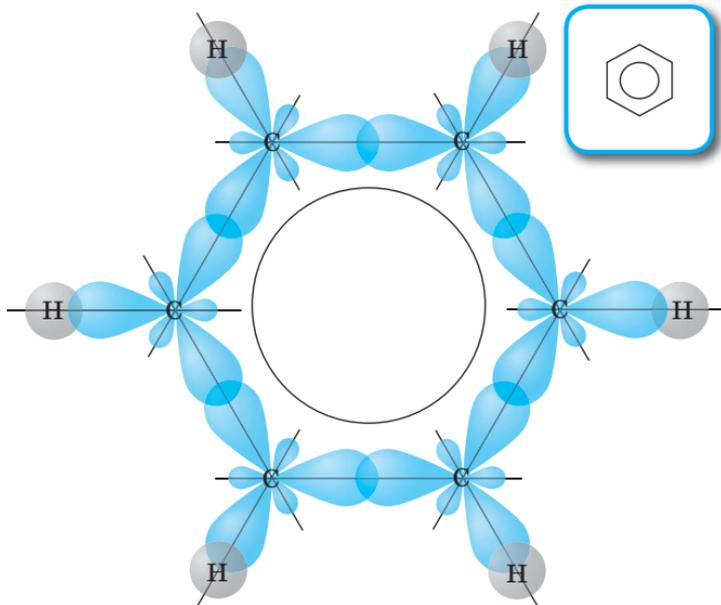
- $\text{C}_6\text{H}_6$  — бензол
- гомологи бензола — замещенные производные бензола (метилбензол, этилбензол)



### Виды изомерии

- изомерия радикалов;
- количество радикалов;
- положение радикалов в бензольном ядре.

### Бензол $C_6H_6$



- жидкость без цвета
- имеет специфический запах
- летучая
- не растворяется в воде

### Особенности строения молекулы бензола и бензольного ядра

- молекула бензола — это плоский правильный шестичленный цикл, в котором все шесть атомов углерода и шесть атомов водорода размещены в одной плоскости и образуют правильный шестиугольник с углом  $120^\circ$ ;

- молекула бензола — симметрична и неполярна, в ней отсутствуют одинарные и двойные связи, все шесть С–С связей являются  $\sigma$ -связями с одинаковой длиной;
- молекула бензола имеет делокализованную систему  $\pi$ -электронов в ароматическом ядре, являющуюся основным признаком ароматичности органического соединения;
- устойчивость бензольного кольца объясняется перекрытием облаков всех шести  $p$ -электронов.

### Химические свойства

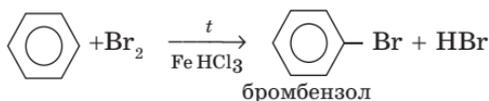
Устойчив к окислителям:



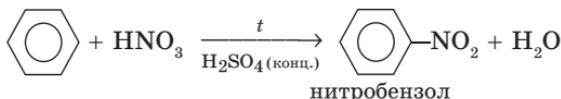
(на воздухе горит коптящим пламенем)

#### Реакции замещения

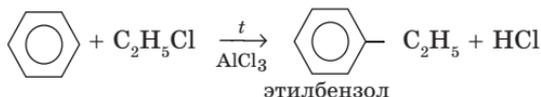
- с галогенами:



- с азотной кислотой:

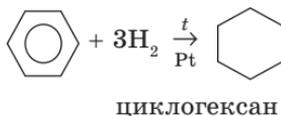


- с галогеналканами:

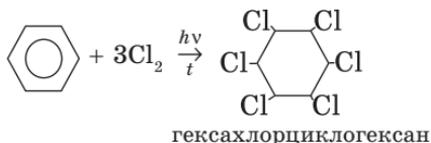


#### Реакции присоединения

- гидрирование:

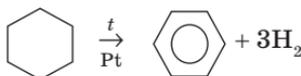


- хлорирование (бромирование):

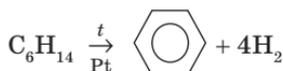


### Получение

- из нефти, каменноугольной смолы;
- дегидрирование циклогексана:



гексана



- тримеризация ацетилена (способ Зелинского):

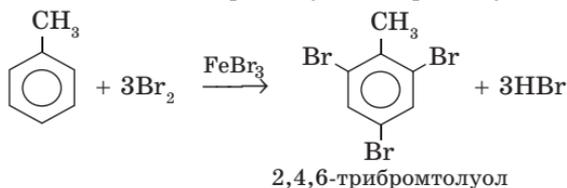
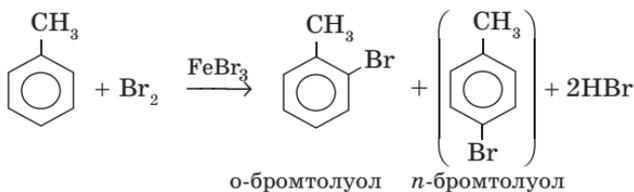


### Химические свойства толуола

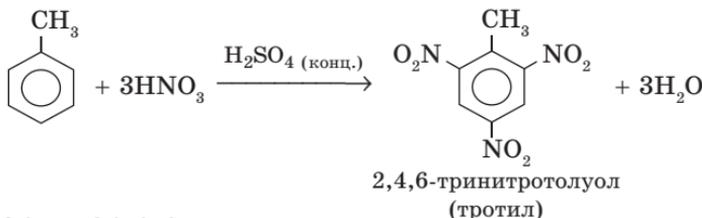
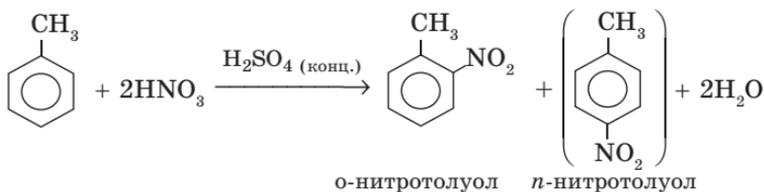


#### Реакции замещения

- с галогенами:

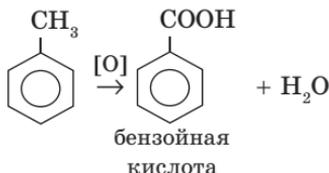


► с азотной кислотой:



### Реакции окисления

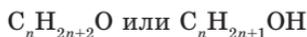
протекают легко, в отличие от бензола (окислители —  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ):



## 1.4.6. Характерные химические свойства предельных одноатомных и многоатомных спиртов; фенола

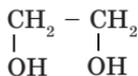
### Спирты

Спирты ( $R - \text{OH}$ ) — содержат одну или несколько гидроксильных групп  $\overset{\delta^-}{\text{O}} \leftarrow \overset{\delta^+}{\text{H}}$ .

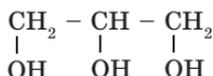


Общий состав предельных одноатомных спиртов

### Многоатомные спирты



этандиол (этиленгликоль) — предельный двухатомный спирт



пропантриол (глицерин) — предельный трехатомный спирт

### Номенклатура

суффикс *-ол*

### Виды изомерии

- разветвление углеродного скелета;
- положение функциональной группы;
- межклассовая (с простыми эфирами).

### Химические свойства

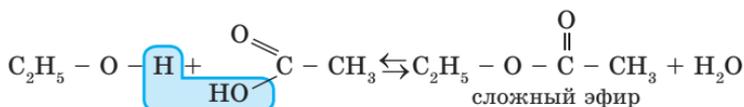
#### Реакции с разрывом связи O—H

- с активными металлами:



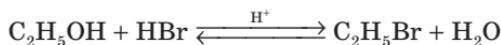
(аналогично многоатомные спирты)

- с кислотами:

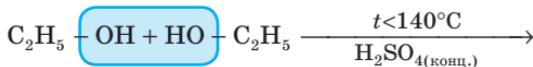


#### Реакции с разрывом связи C—O

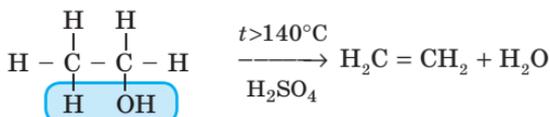
- с галогеноводородами:



- межмолекулярная дегидратация:

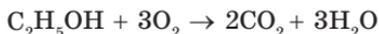


- внутримолекулярная дегидратация:

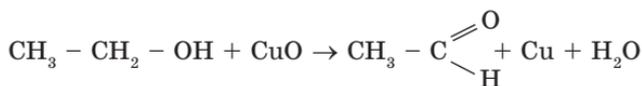


### Реакции окисления

- полное окисление:

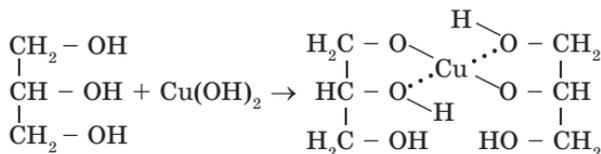


- окисление до альдегидов:



### Качественная реакция на многоатомные спирты

- образование ярко-синего раствора со свежеприготовленным  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ :



### Физические свойства

Определяются наличием водородных связей.

#### Метанол $\text{CH}_3\text{OH}$ (метиловый спирт)

- жидкость без цвета, прозрачная;
- сильно ядовитая;
- растворяется в воде.

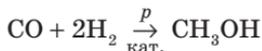
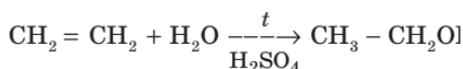
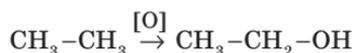
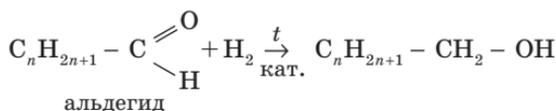
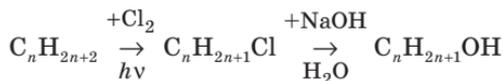
#### Этанол $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ (винный спирт)

- жидкость без цвета, прозрачная;
- имеет специфический запах;
- неограниченно растворяется в воде.

#### Глицерин (пропантриол)

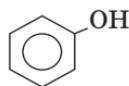
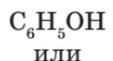
- жидкость без цвета;
- вязкая;
- гигроскопичная;
- сладкая на вкус.

## Получение



## Фенолы

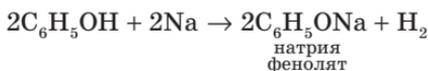
**Фенолы** — производные ароматических углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода, непосредственно связанных с ароматическим кольцом, замещены гидроксильными группами.



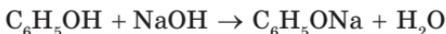
## Химические свойства

— Обусловленные —ОН группой

➤ с активными металлами:



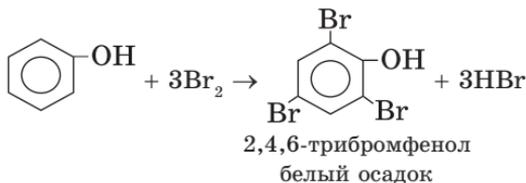
- со щелочами:



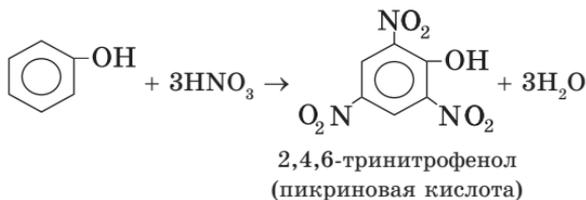
- с  $\text{FeCl}_3$  — качественная реакция, образуется фенолят железа (III) фиолетового цвета.

#### Обусловленные бензольным ядром

- с бромной водой — качественная реакция:



- с концентрированной азотной кислотой:

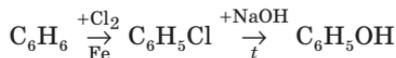


#### Физические свойства

- кристаллическое вещество;
- имеет специфический запах;
- на воздухе краснеет вследствие окисления;
- плохо растворяется в холодной воде, при  $t \geq 60^\circ\text{C}$  — без ограничений;
- ядовит;
- антисептик (карболовая кислота).

#### Получение

- выделение из каменноугольной смолы:



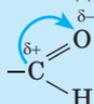
### Применение

- медицина;
- производство фенолформальдегидных пластмасс;
- производство лекарств, взрывчатых веществ, красителей.

### 1.4.7. Характерные химические свойства альдегидов, предельных карбоновых кислот, сложных эфиров

#### Альдегиды

Альдегиды  $\left( \text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H} \right)$  — углеводороды содержат альдегидную группу



общая формула предельных альдегидов



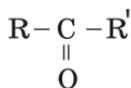
### Номенклатура

- суффикс *-аль*;
- историческая: муравьиный, уксусный, пропионовый, масляный, валериановый и т. д. альдегид.

### Изомерия

- разветвление углеродного скелета;
  - межклассовая (с кетонами).
- Кетоны содержат карбонильную группу:

Общая формула:





### Физические свойства

#### — Метаналь (формальдегид, муравьиный альдегид)

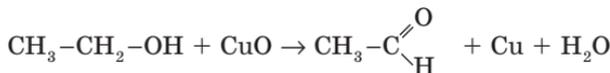
- бесцветный газ;
- имеет резкий запах;
- ядовит;
- хорошо растворяется в воде, 40%-ный раствор — формалин.

#### — Этаналь (ацетальдегид, уксусный альдегид)

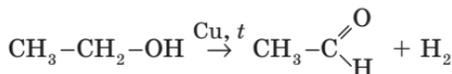
- жидкость без цвета;
- имеет резкий запах;
- хорошо растворяется в воде;
- $t_{\text{кип}} = 21^\circ\text{C}$ .

### Получение

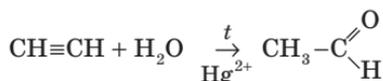
- окисление первичных спиртов:



- дегидрирование первичных спиртов:



- реакция Кучерова:



### Карбоновые кислоты

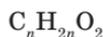
Карбоновые кислоты  $\left( \text{R}-\text{C}\begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} \right) -$

содержат одну или несколько кар-

боксильных групп  $-\text{C}\begin{array}{l} \delta^+ \\ // \\ \text{O} \\ \delta^- \\ \text{O}-\text{H} \end{array}$  осла-

бление связи O—H, отщепление протона.

общая  
формула  
предельных  
одноосновных  
кислот

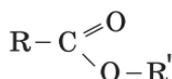


### Номенклатура

- суффикс *-ова* и слово *кислота*;
- историческая: муравьиная, уксусная, пропионовая, масляная, валериановая и т. д. кислота.

### Изомерия

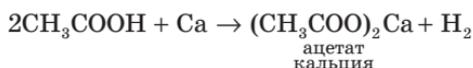
- разветвление углеродного скелета;
  - межклассовая (со сложными эфирами).
- Общая формула сложных эфиров:



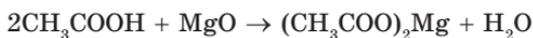
### Химические свойства

#### Реакции образования солей

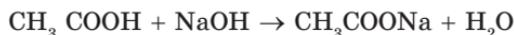
- с металлами:



- с основными оксидами:



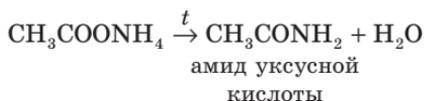
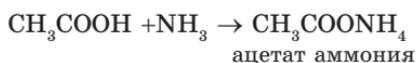
- с основаниями:



- с солями-карбонатами:

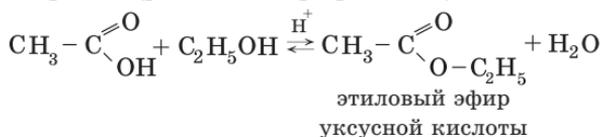


- с аммиаком:

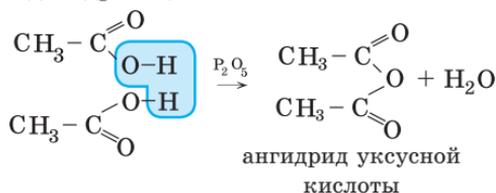
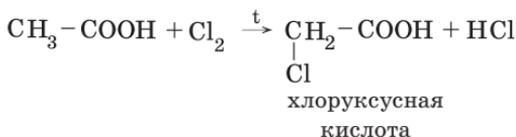


**Реакции при участии группы OH**

- со спиртами (реакция этерификации):



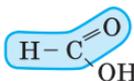
- реакция дегидратации:

**Реакции замещения водорода в радикале**

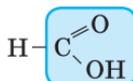
происходит в α-положении.

**Муравьиная кислота HCOOH**

- жидкость без цвета;
- имеет резкий запах;
- растворяется в воде;
- приводит к ожогам при контакте с кожей:

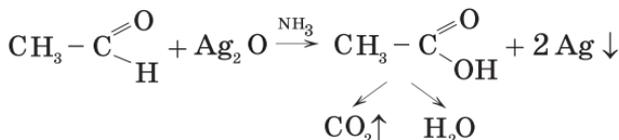
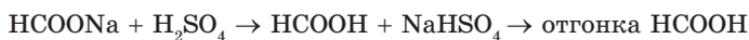
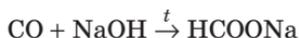


альдегидная группа



карбокислная группа

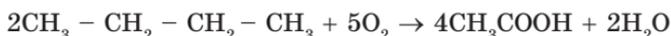
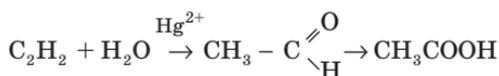
содержит две функциональные группы — характерной является реакция «серебряного зеркала»:

**Получение**

### Уксусная кислота $\text{CH}_3\text{COOH}$

- ▶ жидкость без цвета;
- ▶ имеет резкий запах;
- ▶ хорошо растворяется в воде, 70%-ный раствор — уксусная эссенция;
- ▶ безводная — кристаллическая (ледяная кислота),  
 $t_{\text{зам}} = 16,7^\circ\text{C}$ ;
- ▶ имеет все свойства карбоновых кислот.

#### Получение



### Высшие кислоты

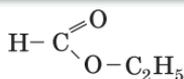
входят в состав жиров;

пальмитиновая кислота  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$  } их смесь — стеарин  
 стеариновая кислота  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  }  
 олеиновая кислота  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$

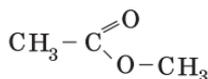
### Сложные эфиры

Сложные эфиры  $\left( \text{R} - \text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{O} - \text{R}' \end{array} \right)$  — функциональные производные кислородосодержащих кислот.

### Номенклатура



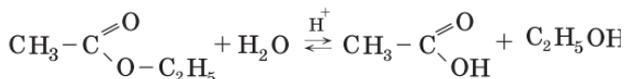
этилформиат  
 этиловый эфир муравьиной  
 кислоты  
 муравьиноэтиловый эфир



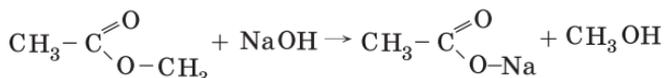
метилацетат  
 метиловый эфир уксусной  
 кислоты  
 уксуснометиловый эфир

**Химические свойства**

- кислотный гидролиз:



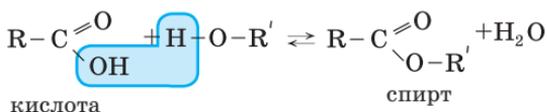
- щелочной гидролиз — омыление (необратимый гидролиз):

**Физические свойства**

- летучие жидкости;
- малорастворимы в воде;
- имеют приятный запах.

**Получение**

- реакция этерификации:



### 1.4.8. Характерные химические свойства азотсодержащих органических соединений: аминов и аминокислот

**Амины**

Амины — производные аммиака ( $\text{NH}_3$ ), в которых атомы водорода (один, два или все три) замещены углеводородными радикалами.

$\text{R}-\text{NH}_2$   
первичный амин

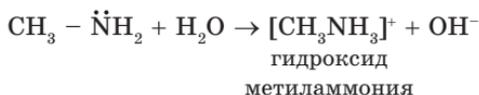
$\text{R}-\text{NH}-\text{R}'$   
вторичный амин

$\text{R}-\underset{\text{R}''}{\text{N}}-\text{R}'$   
третичный амин

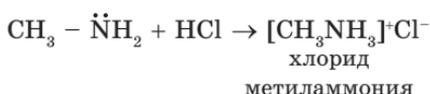
## Химические свойства

### Насыщенные амины

- ▶ взаимодействие с водой — изменяют цвет индикаторов, проявляя основные свойства:



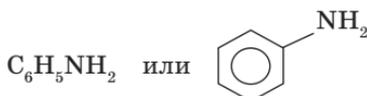
- ▶ с минеральными кислотами:



- ▶ реакция горения:

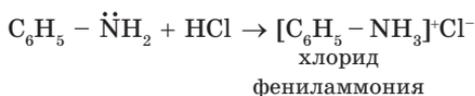


### Анилин (ароматический амин)

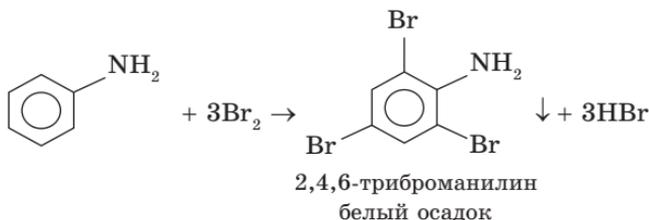


ослабление основных свойств

- ▶ с минеральными кислотами:



- ▶ с бромной водой:

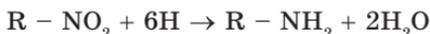


## Физические свойства

- ▶ низшие амины — газы с запахом аммиака;
- ▶ средние — жидкости;
- ▶ высшие — твердые вещества без запаха.

### Получение

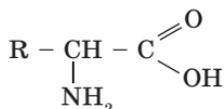
- реакция восстановления (реакция Зинина):



### Аминокислоты

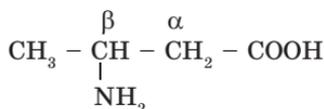
Аминокислоты — органические соединения, содержащие одновременно карбоксильную и аминогруппы.

Наибольшее значение имеют  $\alpha$ -аминокислоты



### Номенклатура

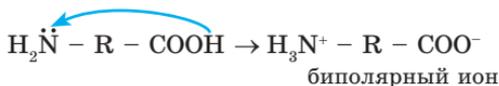
- слово *амино* + название кислоты;
- исторические названия.



$\beta$ -аминомасляная кислота  
3-аминобутановая кислота

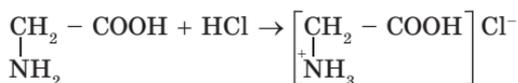
### Химические свойства

- в растворе имеют амфотерные свойства:



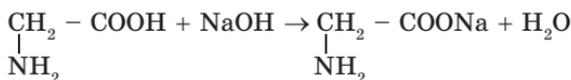
#### Реакции аминогруппы

- образование солей с кислотами:



#### Реакции карбоксильной группы

- образование солей с основаниями:

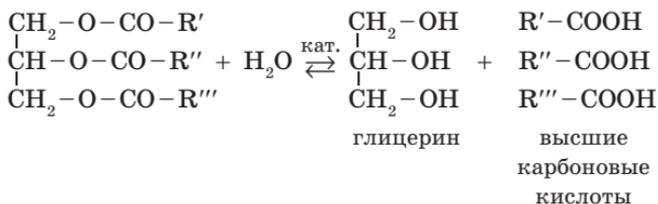




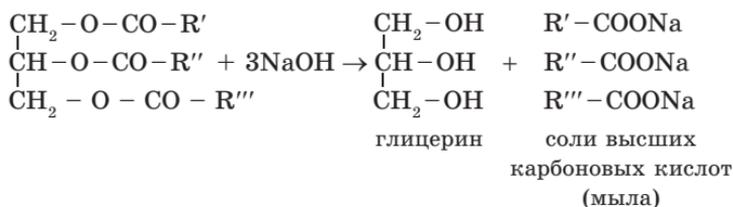


### Химические свойства

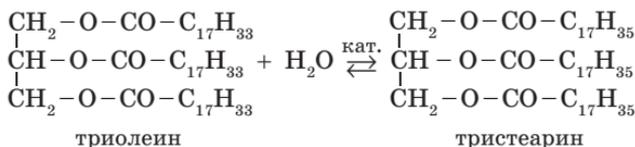
- гидролиз:



- щелочной гидролиз (омыление):



- гидрирование:



- окисление:

при хранении жиров на воздухе происходит окисление. Образуются свободные карбоновые кислоты, а ненасыщенные карбоновые кислоты окисляются с образованием альдегидов и кетонов.



**Глюкоза как многоатомный спирт**

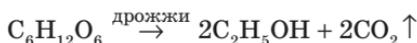
- с  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  без  $t \rightarrow$  ярко-синий раствор.

**Специфические свойства**

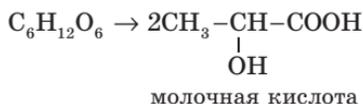
- полное окисление:



- спиртовое брожение:



- молочнокислое брожение:



- маслянокислое брожение:

**Дисахариды**

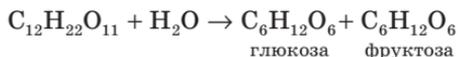
Образуют при гидролизе две молекулы моносахаридов.

- Сахароза:



изомеры  $\rightarrow$  мальтоза, лактоза

- Гидролиз:



Сахароза +  $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightarrow$  ярко-синее окрашивание

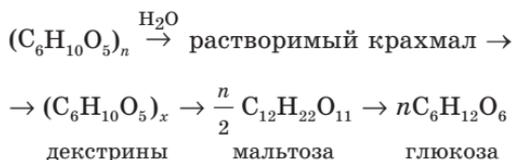
**Полисахариды**

Высокомолекулярные соединения, при полном гидролизе образуют молекулы моносахаридов:



### Крахмал

- количество изомеров — несколько тысяч;
- молекулы бывают линейными и разветвленными;
- белый аморфный порошок;
- не растворяется в холодной воде, в горячей образует клейстер;
- подвергается гидролизу:



- при воздействии йода на крахмал образуется вещество синего цвета.

### Целлюлоза

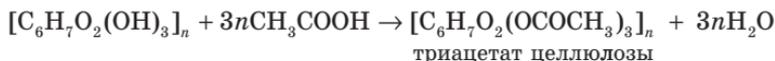
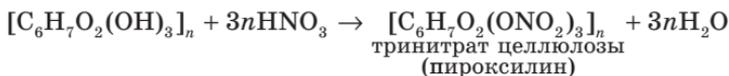
- количество изомеров — до миллиона;
- молекулы имеют только линейную структуру;
- белое волокнистое вещество;
- не растворяется ни в воде, ни в органических растворителях;
- подвергается гидролизу:



- реакция горения:

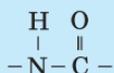


- при нагревании без доступа воздуха разлагается на древесный уголь и летучие органические вещества (метанол, уксусную кислоту и др.);
- реакция этерификации:



## Белки

**Белки** — сложные высокомолекулярные природные соединения, построенные из остатков  $\alpha$ -аминокислот, соединенных в определенной последовательности пептидными связями.



Самая важная составляющая часть живых организмов, входят в состав рогового слоя, кожи, мышечной и нервной тканей.

**Белок** — полипептид

- первичная структура — последовательность остатков  $\alpha$ -аминокислот в молекуле, соединенных пептидными связями;
- вторичная структура — упаковка спиральной полипептидной цепи в пространстве;
- третичная структура — трехмерная конфигурация, образованная сложением вторичных структур;
- четвертичная структура — биологические комплексы нескольких полипептидных цепей.

### Химические свойства

- реакция гидролиза — с образованием  $\alpha$ -аминокислот;
- амфотерность — взаимодействие с кислотами и основаниями;
- денатурация — разрушение вторичной и третичной структур под действием нагревания, радиации, сильных кислот, щелочей и т. д.;
- цветные реакции:  
биуретовая реакция

белок +  $\text{CuSO}_4$  +  $\text{NaOH}$  → фиолетовое окрашивание

ксантопротеиновая реакция

белок +  $\text{HNO}_3$  (конц.) → желтое окрашивание  
(если белок содержит бензольные кольца)

## 1.5. Химическая реакция

### 1.5.1. Классификация химических реакций в неорганической и органической химии

**Химическая реакция** — явление, при котором происходит превращение одних веществ в другие без изменения ядер атомов.

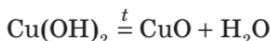
#### Классификация химических реакций по признакам

##### По числу и составу исходных веществ и продуктов реакции

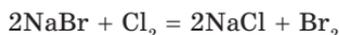
- соединения:



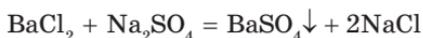
- разложения:



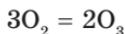
- замещения:



- обмена:



- без изменения качественного состава — образование аллотропных модификаций:



##### По тепловому эффекту (ТЭР)

- экзотермические:

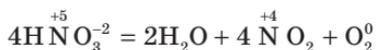


- эндотермические:

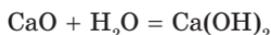


##### По изменению степени окисления элементов

- окислительно-восстановительные:

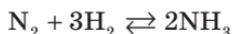


- без изменения степени окисления элементов:



### По обратимости реакции

- обратимые:

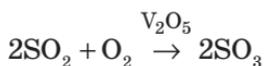


- необратимые:



### По наличию катализатора

- каталитические:



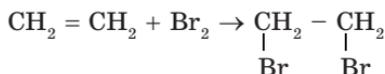
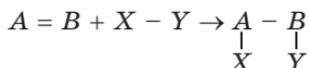
- некаталитические:



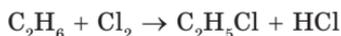
Существуют и другие классификации: по агрегатному состоянию веществ, по механизму и т. д.

## Типы органических реакций

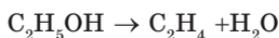
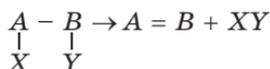
### Реакции присоединения

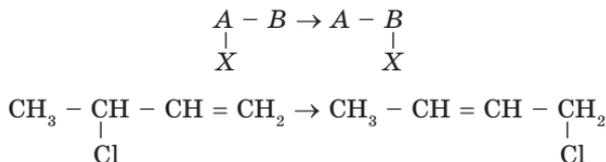


### Реакции замещения

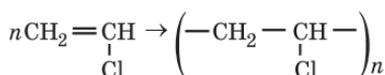


### Реакции отщепления

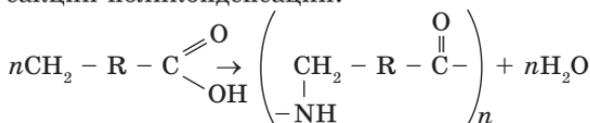


**Реакции перегруппировки****Реакции образования полимеров**

➤ Реакции полимеризации:



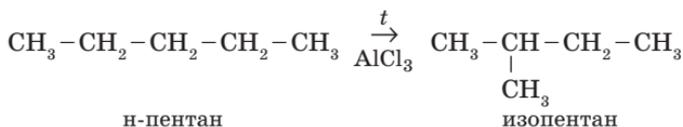
➤ Реакции поликонденсации:

**Реакции окисления и восстановления**

Сопровождаются изменением степени окисления атома углерода, являющегося реакционным центром:

**Реакции без изменения качественного и количественного состава молекул**

Реакции изомеризации:



### 1.5.2. Тепловой эффект химической реакции. Термохимические уравнения

Тепловой эффект химической реакции — это количество теплоты ( $Q$ ), которое выделяется или поглощается в химической реакции.

Экзотермическая реакция	Эндотермическая реакция
тепло в реакции выделяется	тепло в реакции поглощается
$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{HCl} + Q$	$\text{N}_2 + \text{O}_2 = \text{NO} - Q$

**Термохимическое уравнение** — уравнение химической реакции, в котором указан тепловой эффект реакции:



### 1.5.3. Скорость реакции, ее зависимость от различных факторов

**Химическая кинетика** — изучает скорость и механизмы химических реакций.

**Скорость химической реакции (средняя)** — изменение количества вещества ( $\Delta v$ ) реагента или продукта реакции за определенный отрезок времени ( $\Delta t$ ):

$$v = \pm \frac{\Delta v}{\Delta t},$$

«-» — для реагентов; «+» — для продуктов реакции.

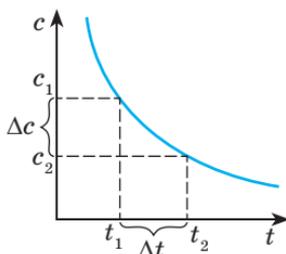
- Для реакций в растворе количество вещества относят к единице объема реакционного пространства:

$$v = \pm \frac{1}{V} \frac{\Delta v}{\Delta t} = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

- Для гетерогенных реакций количество вещества относят к единице поверхности:

$$v = \pm \frac{1}{S} \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

- График зависимости концентрации реагентов от времени реакции:



**Истинная скорость реакции** — скорость химической реакции в определенный момент времени.

Скорость определяется:

- количеством столкновений частиц;
- энергией частиц.

### Факторы, влияющие на скорость химической реакции

- **Концентрация реагирующих веществ.** Закон действующих масс (К. Гульдберг, П. Вааге, 1864–1867) для реакции  $nA + mB \rightarrow C$ :

$$V = kC^n(A) \cdot C^m(B)$$

$C(A)$ ,  $C(B)$  — концентрации реагирующих веществ.

- **Температура.** Правило Вант-Гоффа: при повышении температуры на каждые 10 градусов скорость большинства химических реакций увеличивается в 2–4 раза:

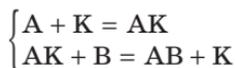
$$\frac{v_2}{v_1} = \gamma^{\frac{t_2 - t_1}{10}}$$

$v_2$ ,  $v_1$  — скорости реакций соответственно при температурах  $t_2$  и  $t_1$ ;  $\gamma$  — температурный коэффициент реакции (2 ÷ 4).

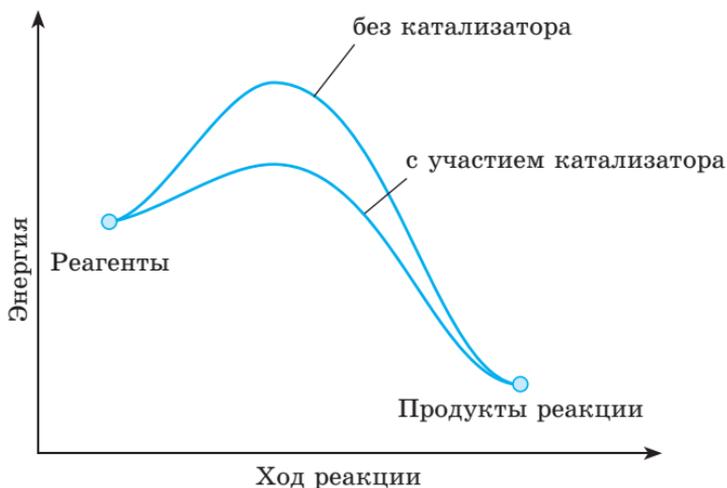
- **Размер реагирующих частиц.** Твердые вещества реагируют быстрее, если они измельчены.
- **Давление.** Для газообразных веществ увеличение давления приводит к увеличению скорости реакции.
- **Катализатор или ингибитор.** Наличие катализатора — ускоряет реакцию, ингибитора — замедляет.

### Механизм действия катализатора

Для реакции  $A + B = AB$  (при участии катализатора  $K$ )

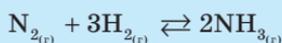
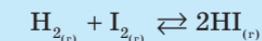


$AK$  — промежуточное соединение



#### 1.5.4. Обратимые и необратимые химические реакции. Химическое равновесие. Смещение химического равновесия под действием различных факторов

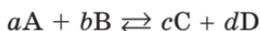
**Обратимые реакции** — реакции, происходящие в обоих направлениях: прямом ( $\rightarrow$ ) и обратном ( $\leftarrow$ ):



**Химическое равновесие (динамическое равновесие)** — состояние реагирующей системы, когда скорости прямой и обратной реакции равны.

### Константа равновесия

Для реакции



$$v_{\text{пр}} = k_{\text{пр}} [A]^a [B]^b, v_{\text{об}} = k_{\text{об}} [C]^c [D]^d, v_{\text{пр}} = v_{\text{об}}$$

$$k_{\text{пр}} [A]^a [B]^b = k_{\text{об}} [C]^c [D]^d$$

$$\frac{k_{\text{пр}}}{k_{\text{об}}} = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b} \text{ или } K_p = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

[A], [B], [C], [D] — равновесные концентрации веществ А, В, С, D.

**Смещение химического равновесия** — переход из одного равновесного состояния в другое.

**Принцип Ле Шателье** — если на систему, находящуюся в состоянии химического равновесия, осуществляется воздействие (изменяется температура, давление или концентрация веществ), то в первую очередь происходит та реакция, которая уменьшает это воздействие.

**Р**

- Если давление растет, равновесие смещается в сторону уменьшения объема реагирующей системы.
- Если давление снижается, равновесие смещается в сторону увеличения объема реагирующей системы.

**Т**

- Если температура растет, равновесие смещается в сторону эндотермической реакции.
- Если температура снижается, равновесие смещается в сторону экзотермической реакции.

**С**

- Если растет концентрация одного из реагентов, равновесие смещается в сторону прямой реакции.
- Если снижается концентрация одного из реагентов, равновесие смещается в сторону обратной реакции.

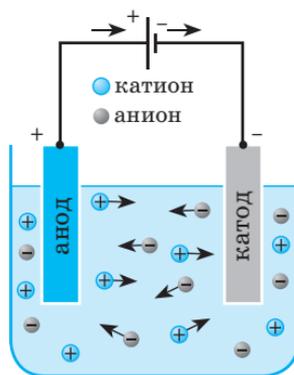
### 1.5.5. Электролитическая диссоциация электролитов в водных растворах. Сильные и слабые электролиты

#### Теория электролитической диссоциации (ТЭД)

**Электролиты** — вещества, растворы или расплавы которых проводят электрический ток.



- Во время растворения в воде электролиты распадаются (диссоциируют) на ионы (электролитическая диссоциация).
- Во время действия электрического тока движение ионов становится направленным.



**Диссоциация** — обратимый процесс: параллельно с распадом вещества на ионы происходит процесс соединения ионов (**ассоциация**):

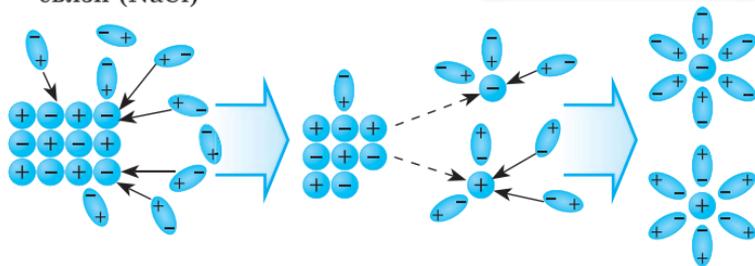


**Степень диссоциации:**

$$\alpha = \frac{n(\text{число распавшихся молекул})}{N(\text{общее число молекул})}$$

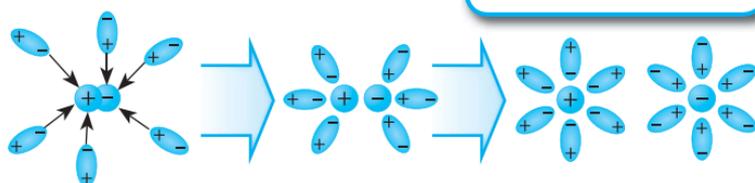
### Механизм диссоциации

- с ионным типом химической связи (NaCl)



+ - — диполь воды  
 + — ионы  $\text{Na}^+$   
 - — ионы  $\text{Cl}^-$

- с ковалентным типом химической связи (HCl)



+ - — диполь воды  
 + — ионы  $\text{H}^+$   
 - — ионы  $\text{Cl}^-$

### Электролиты по степени диссоциации

- почти все соли
- щелочи
- кислоты  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HBr}$

**Сильные электролиты**

30%

- $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$

**Электролиты средней силы**

$\alpha$

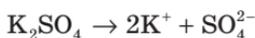
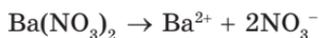
- вода
- соли тяжелых металлов
- нерастворимые основания
- кислоты  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , другие органические кислоты

**Слабые электролиты**

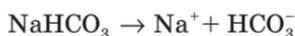
3%

### Диссоциация солей

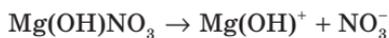
➤ средних:



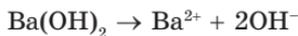
➤ кислых:



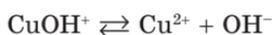
➤ основных:



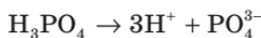
### Диссоциация оснований



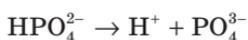
➤ ступенчато:



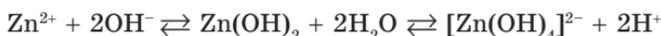
### Диссоциация кислот



ступенчато:

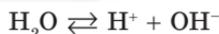


### Диссоциация амфотерных электролитов



Диссоциируют как кислоты и как основания, поэтому способны реагировать и с основаниями, и с кислотами.

### Диссоциация воды



Установлено опытным путем: в 1 л воды при  $t = 25^\circ\text{C}$  диссоциируют  $10^{-7}$  моль/л молекул воды, образуется  $10^{-7}$  моль/л  $\text{H}^+$  и  $10^{-7}$  моль/л  $\text{OH}^-$

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ моль/л}$$

$[\text{H}^+]$ ,  $[\text{OH}^-]$  — равновесные концентрации ионов водорода и гидроксид-ионов

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} \rightarrow K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$$

$K_w$  — ионное произведение воды

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] \text{ или } [\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

pH — водородный показатель — десятичный логарифм концентрации ионов водорода, взятый с противоположным знаком

pH	↗	< 7	$[\text{H}^+] >$	$[\text{OH}^-]$ кислая среда
	→	= 7	$[\text{H}^+] =$	$[\text{OH}^-]$ нейтральная среда
	↘	> 7	$[\text{H}^+] <$	$[\text{OH}^-]$ щелочная среда

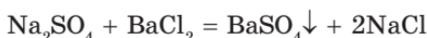
### 1.5.6. Реакции ионного обмена

**Реакции ионного обмена** — реакции между ионами в водных растворах электролитов.

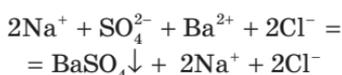
**Условия:**

- выпадение осадка ↓;
- выделение газа ↑;
- образование слабых электролитов.

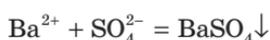
- Молекулярное уравнение:



- Полное ионное уравнение:



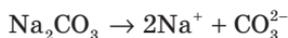
- Сокращенное ионное уравнение:



### 1.5.7. Гидролиз солей. Среда водных растворов: кислая, нейтральная, щелочная

**Гидролиз** — процесс взаимодействия соли с водой, приводящий к образованию слабого электролита.

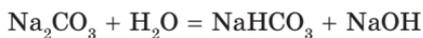
— Соль образована сильным основанием и слабой кислотой



- I ст.  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$   
pH > 7, среда щелочная

- II ст.  $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$

практически не происходит, поэтому



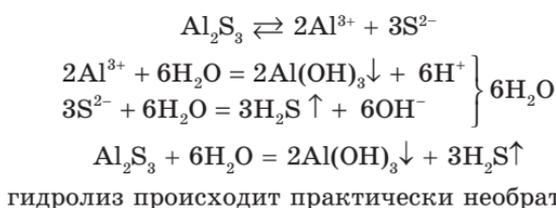
**Гидролиз по аниону**

— Соль образована сильным основанием и сильной кислотой



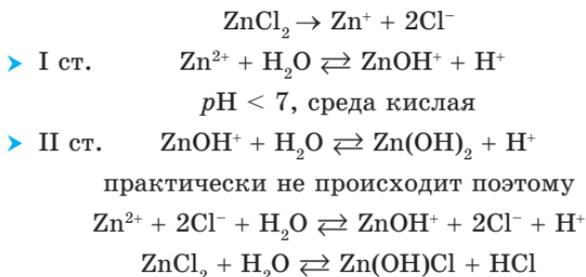
Гидролиз невозможен, pH = 7, среда нейтральная.

— Соль образована слабым основанием и слабой кислотой



**Полный гидролиз**

— Соль образована слабым основанием и сильной кислотой



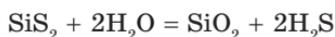
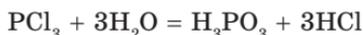
**Гидролиз по катиону**

- Чем слабее кислота или основание, образующие соль, тем сильнее эта соль гидролизуется.
- Разбавление раствора соли усиливает ее гидролиз.
- Гидролиз по катиону (аниону) усиливается при добавлении к раствору соли основания (кислоты).
- При повышении температуры раствора соли ее гидролиз усиливается.

— Гидролиз ковалентных соединений

Для большинства соединений:

в воде на ионы не распадаются, а подвергаются полному гидролитическому разложению

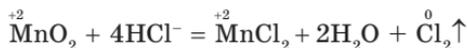


### 1.5.8. Реакции окислительно-восстановительные. Коррозия металлов и способы защиты от нее

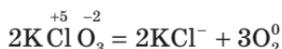
**Окислительно-восстановительные реакции (ОВР)** — химические реакции, во время которых происходит изменение С. О. элементов.

#### Виды ОВР

- **Межмолекулярные реакции** — реакции, в которых окислитель и восстановитель содержатся в разных веществах:



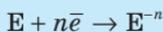
- **Внутримолекулярные реакции** — реакции, в которых окислитель и восстановитель (атомы разных элементов) входят в состав одного вещества:



- **Диспропорционирование** — реакции, в которых атомы одного элемента, находящиеся в одном веществе, являются и окислителем, и восстановителем:



**Окислитель** — элемент, принимающий электроны, сам восстанавливается.



#### Важнейшие окислители

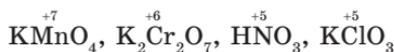
- неметаллы, которые во время ОВР переходят в отрицательно заряженные ионы:



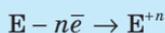
- катионы металлов и водорода, которые во время ОВР переходят в нейтральное состояние:



- ионы и молекулы, которые содержат атомы металлов и неметаллов в высоких С. О.:

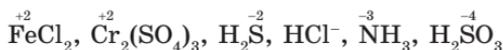


**Восстановитель** — элемент, отдающий электроны, сам окисляется.



### Важнейшие восстановители

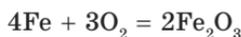
- Металлы.
- Некоторые неметаллы ( $\text{H}_2$ , В, С), которые переходят во время ОВР в состояние с положительной С. О.
- Сложные вещества, в состав которых входят элементы с низкими С. О., переходящие во время ОВР в более высокие С. О.:



**Коррозия металлов** — самопроизвольное разрушение металлов и сплавов под действием окружающей среды.

### Виды коррозии

- **Химическая** — разрушение металлов сухими газами или жидкостями-неэлектролитами (бензином, керосином и т. п.):



При соприкосновении с кислородом на поверхности некоторых металлов образуется защитная оксидная пленка, которая препятствует дальнейшему разрушению металла (Zn, Al, Cr, Ni, Pb, Sn и др.).

- **Электрохимическая коррозия** — разрушение металлов в среде электролита, сопровождающееся перемещением электронов от одного участка металла к другому, то есть появлением электрического тока в системе.

**Причина коррозии** — наличие в металле или сплаве примесей других металлов или неметаллов, что ведет к образованию гальванических пар и разрушению более активного металла.

Важнейшие окислители, вызывающие электрохимическую коррозию, катионы водорода и растворенный кислород.

### Защита металлов от коррозии

#### — Защитные поверхностные покрытия

- неметаллические — лаки, краски, эмали, неокисляющиеся масла;
- химические — искусственно создаваемые пленки — оксидные, силицидные, полимерные и т. д.;
- металлические — хромирование, никелирование, цинкование, лужение и т. д.

Создание сплавов с антикоррозионными свойствами — легирование металлов (добавки хрома, никеля, алюминия, вольфрама и т. д.).

#### — Электрохимические способы защиты

- протекторная (анодная) защита — соединение защищаемой конструкции с куском более активного металла (протектора), который в процессе коррозии является анодом и разрушается;
- электрозащита (катодная) — подключение изделия из металла к катоду внешнего источника тока, что исключает возможность его анодного разрушения.

### Изменение состава среды

- введение в электролит ингибиторов — веществ, замедляющих коррозию;
- деаэрация — удаление растворенного в воде кислорода.

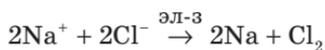
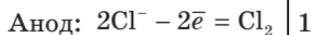
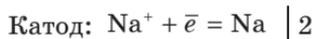
## 1.5.9. Электролиз расплавов и растворов (солей, щелочей, кислот)

**Электролиз** — окислительно-восстановительный процесс, происходящий на электродах при прохождении постоянного электрического тока сквозь раствор или расплав электролита.

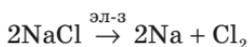
Электроды: катод (-) и анод (+).

### На аноде — окисление

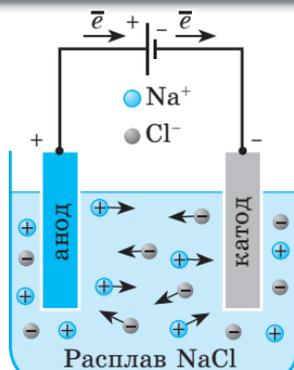
Электролиз расплава NaCl



или



### На катоде — восстановление

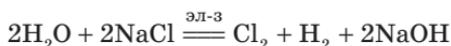
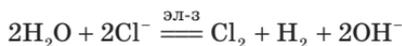
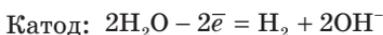


### Электролиз растворов

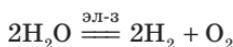
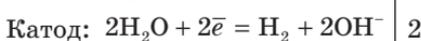
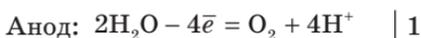
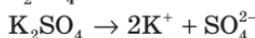
Значительно осложняется из-за присутствия воды

- водный раствор NaCl:

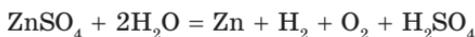
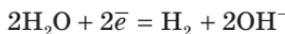
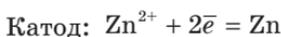
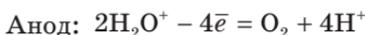
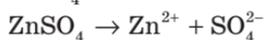




▶ водный раствор  $\text{K}_2\text{SO}_4$ :



▶ водный раствор  $\text{ZnSO}_4$ :



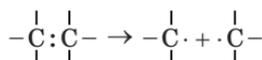
### 1.5.10. Механизмы реакций замещения и присоединения в органической химии. Правило В. В. Марковникова

Механизмы реакций замещения и присоединения в органической химии

Последовательность элементарных стадий, через которые проходят реагенты, превращаясь в продукты реакций. Зависят от способа разрыва связей в реагенте.

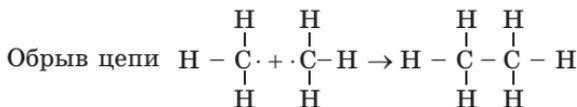
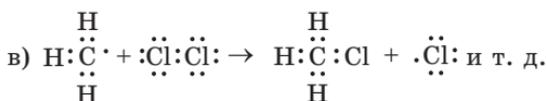
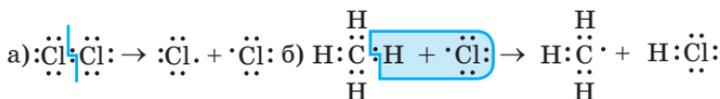
## Способы разрыва ковалентной связи

## Радикальный механизм

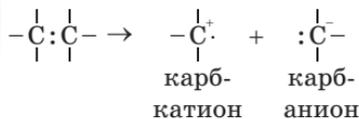


свободные радикалы,  
т. к. имеют неспаренный  
электрон

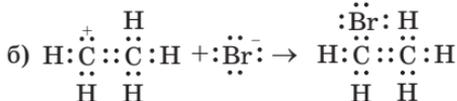
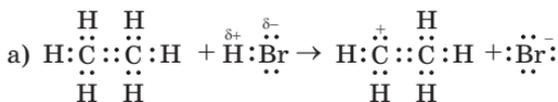
## Реакции замещения



## Ионный механизм

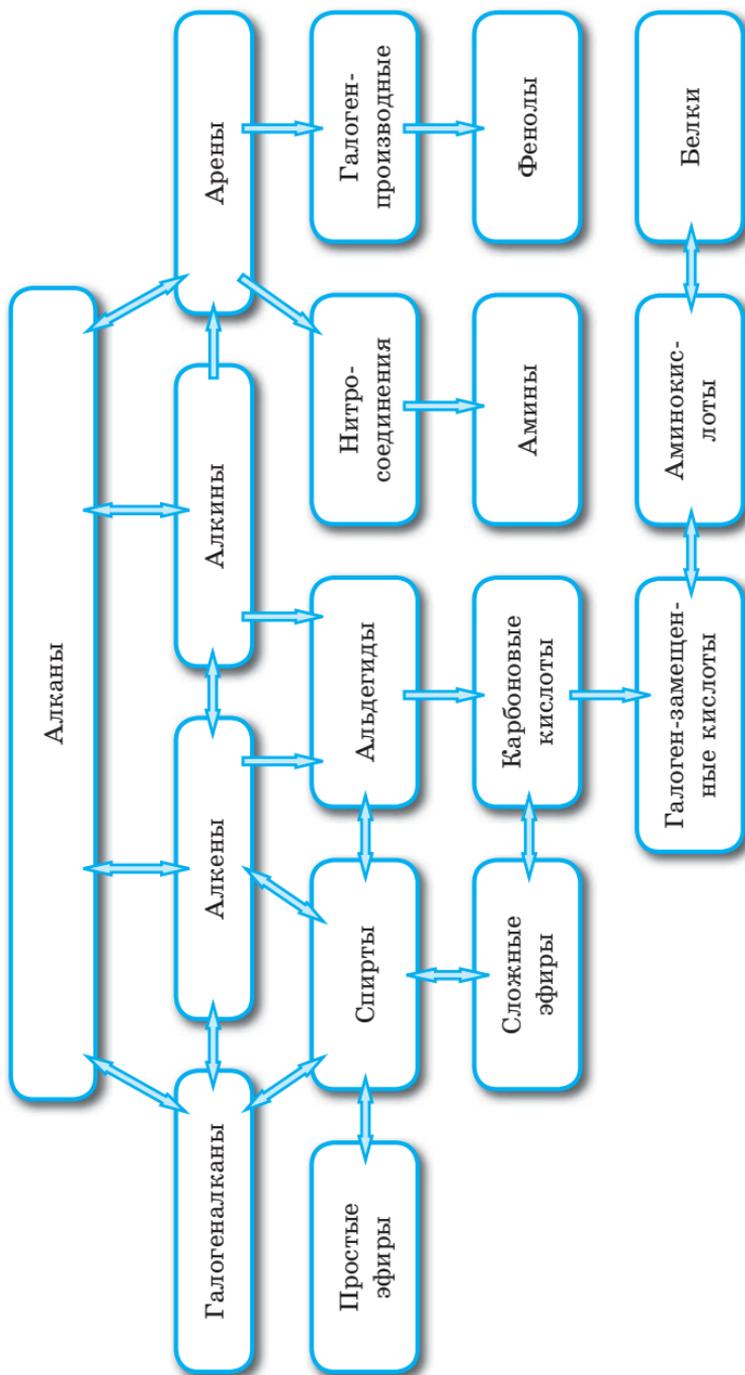


## Реакции присоединения





## Взаимосвязь различных классов органических веществ



## 2.1. Экспериментальные основы химии

### 2.1.1. Правила работы в лаборатории.

**Правила безопасности при работе с едкими, горючими и токсичными веществами, средствами бытовой химии**

#### Правила работы в лаборатории

1. Каждый опыт выполняйте строго по инструкции, в соответствии с рекомендациями преподавателя.
2. Опыты с использованием или образованием вредных летучих веществ, а также газов с резким запахом проводите в вытяжном шкафу с включенным мотором.
3. За ходом опыта в пробирке наблюдайте через ее стенки. Нельзя смотреть на вещества в отверстие пробирки, особенно во время нагревания.
4. Работая с огнем, будьте особенно внимательны и осторожны!
5. Нагревайте пробирку с раствором или веществом равномерно. При этом запрещено наливать или насыпать в нее какое-либо вещество, ставить горячую пробирку в пластмассовый штатив.
6. Категорически запрещается брать вещества руками, пробовать их на вкус, рассыпать, разбрызгивать или поджигать.
7. Знакомясь с запахом вещества, делайте движения ладонью от отверстия сосуда к носу.
8. Для опытов используйте только чистую лабораторную посуду.
9. При попадании на кожу какого-либо вещества стряхните его, смойте достаточным количеством проточной воды и сразу обратитесь к учителю (лаборанту).
10. После проведения опытов уберите рабочее место и тщательно вымойте руки с мылом.
11. Не употребляйте пищу в химической лаборатории!
12. При несчастном случае немедленно обратитесь к учителю.

### Правила безопасности при работе с едкими, горючими и токсичными веществами, средствами бытовой химии



При разбавлении кислот водой помните: наливают кислоту медленно, при перемешивании, в воду, а не наоборот.

Кусочки щелочи можно брать только пинцетом или щипцами. Растворяют щелочь в фарфоровой посуде, прибавляя к воде небольшие порции вещества при помешивании.

Пролитые кислоту или щелочь следует засыпать чистым сухим песком и перемешать его до полного впитывания жидкости. Влажный песок убирают совком в широкий стеклянный сосуд для последующей промывки и нейтрализации.

При попадании на кожу раствора кислоты необходимо стряхнуть капли, обмыть кожу сильной струей холодной воды, обработать 3%-ным содовым раствором и смазать вазелином.

Работы, связанные с выделением вредных паров или газов, проводить только в вытяжном шкафу при включенной вентиляции.

При попадании на кожу раствора щелочи необходимо стряхнуть капли, смыть сильной струей холодной воды, обработать 1%-ным раствором уксусной кислоты.

Внимательно читайте инструкцию и неукоснительно соблюдайте правила обращения с любым средством бытовой химии.

Неукоснительно следуйте инструкции, касающейся срока годности любого препарата, особенно, если это — лекарства.

### 2.1.2. Научные методы исследования химических веществ и превращений. Методы разделения смесей и очистки веществ

Методы исследования объектов, изучаемых в химии



### 2.1.3. Определение характера среды водных растворов веществ. Индикаторы

**Индикатор** — вещество, способное изменять окраску в растворах кислот и щелочей.

#### Изменение окраски индикаторов в зависимости от среды раствора

Индикатор	Нейтральная среда	Кислая среда	Щелочная среда
Лакмус	фиолетовый	красный	синий
Фенолфталеин	бесцветный	бесцветный	малиновый
Метиловый оранжевый	оранжевый	розовый	желтый

### 2.1.4. Качественные реакции на неорганические вещества и ионы. Идентификация органических соединений

#### Качественные реакции на катионы

Катион	Условие, реактив, анион	Признаки, сокращенное ионное уравнение реакции
$H^+$	1. Лакмус	1. <b>Красный</b> цвет раствора
	2. Метиловый оранжевый	2. <b>Розовый</b> цвет раствора
$NH_4^+$	Щелочь, $OH^-$ , $t$	Выделение газа с резким запахом $NH_4^+ + OH^- = NH_3 \uparrow + H_2O$

Продолжение таблицы

Катион	Условие, реактив, анион	Признаки, сокращенное ионное уравнение реакции
Ag <sup>+</sup>	Соляная кислота, растворы хлоридов, Cl <sup>-</sup>	Белый творожистый осадок $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl\downarrow$
Li <sup>+</sup>	Пламя	Красное окрашивание
Na <sup>+</sup>	Пламя	Желтое окрашивание
K <sup>+</sup>	Пламя	Фиолетовое окрашивание
Ca <sup>2+</sup>	1. Пламя	1. Кирпично-красное окрашивание
	2. Растворы карбонатов, CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	2. Белый осадок $Ca^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow CaCO_3\downarrow$
Ba <sup>2+</sup>	1. Пламя	1. Желто-зеленое окрашивание
	2. Серная кислота, растворы сульфатов, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2. Белый (мелкокристаллический) осадок $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4\downarrow$
Cu <sup>2+</sup>	1. Пламя	1. Зеленое окрашивание
	2. Вода	2. Гидратированные ионы Cu <sup>2+</sup> имеют голубую окраску

Окончание таблицы

Катион	Условие, реактив, анион	Признаки, сокращенное ионное уравнение реакции
	3. Щелочь, $\text{OH}^-$	3. Синий осадок $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow$
$\text{Fe}^{2+}$	1. Щелочь, $\text{OH}^-$	1. Зеленоватый осадок $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_2 \downarrow$
	2. Красная кровяная соль $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$	2. Синий осадок (турнбулева синь) $3\text{Fe}^{2+} + 2[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} =$ $= \text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2 \downarrow$
$\text{Fe}^{3+}$	1. Щелочь, $\text{OH}^-$	1. Бурый осадок $\text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$
	2. Роданид аммония $\text{NH}_4\text{SCN}$ , $\text{SCN}^-$	2. Кровяво-красный осадок $\text{Fe}^{3+} + 3\text{CNS}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_3 \downarrow$
	3. Желтая кровяная соль $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	3. Темно-синий осадок (берлинская лазурь) $4\text{Fe}^{3+} + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} =$ $= \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \downarrow$
$\text{Al}^{3+}$	Щелочь, $\text{OH}^-$	Желеобразный осадок белого цвета, «растворяется» в избытке раствора щелочи $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$

### Качественные реакции на анионы

Анион	Условие, реактив, катионц	Признаки, сокращенное ионное уравнение реакции
$\text{Cl}^-$	Нитрат серебра, $\text{Ag}^+$	<b>Белый</b> творожистый осадок $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl}\downarrow$
$\text{Br}^-$	Нитрат серебра, $\text{Ag}^+$	<b>Желтоватый</b> творожистый осадок $\text{Ag}^+ + \text{Br}^- \rightarrow \text{AgBr}\downarrow$
$\text{I}^-$	Нитрат серебра, $\text{Ag}^+$	<b>Желтый</b> творожистый осадок $\text{Ag}^+ + \text{I}^- \rightarrow \text{AgI}\downarrow$
$\text{SO}_4^{2-}$	Растворимые соли бария, $\text{Ba}^{2+}$	<b>Белый</b> осадок $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$
$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})}$ и $\text{Cu}$ , $t$	Выделение <b>бурого</b> газа $\text{Cu} + \text{NO}_3^- + 2\text{H}^+ = \text{Cu}^{2+} + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
$\text{PO}_4^{3-}$	Нитрат серебра, $\text{Ag}^+$	<b>Ярко-желтый</b> осадок $3\text{Ag}^+ + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4\downarrow$
$\text{CrO}_4^{2-}$	Растворимые соли бария, $\text{Ba}^{2+}$	<b>Желтый</b> осадок $\text{Ba}^{2+} + \text{CrO}_4^{2-} = \text{BaCrO}_4\downarrow$
$\text{S}^{2-}$	Растворимые соли меди, $\text{Cu}^{2+}$	<b>Черный</b> осадок $\text{Cu}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{CuS}\downarrow$
$\text{CO}_3^{2-}$	Кислоты, $\text{H}^+$	Бурное выделение газа без запаха $2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$

Окончание таблицы

Анион	Условие, реактив, катионц	Признаки, сокращенное ионное уравнение реакции
OH <sup>-</sup>	1. Лакмус	1. Синий цвет раствора
	2. Фенолфталеин	2. Малиновый цвет раствора
	3. Метилловый оранжевый	3. Желтый цвет раствора

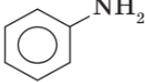
## Качественные реакции на органические вещества

Вещество	Реактив, условие	Признаки реакции
CH <sub>2</sub> = CH <sub>2</sub>	1. Раствор KMnO <sub>4</sub> , H <sup>+</sup>	1. Обесцвечивание раствора
	2. Раствор Br <sub>2</sub> (бромная вода)	2. Обесцвечивание раствора
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	CuO	Изменение цвета проволоки, выделение паров с фруктовым запахом
$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	Cu(OH) <sub>2</sub>	Образование ярко-синего раствора
	1. Раствор Br <sub>2</sub> (бромная вода)	1. Выпадение белого осадка

Продолжение таблицы

Вещество	Реактив, условие	Признаки реакции
	2. Раствор $\text{FeCl}_3$	2. <b>Фиолетовое</b> окрашивание
$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C} \\ \backslash \\ \text{OH} \end{array}$	1. $\text{Cu}(\text{OH})_2, t$	1. Образование <b>красного</b> (морковного) осадка $\text{Cu}_2\text{O}$
	2. $\text{Ag}_2\text{O}$ (аммиачный раствор), $t$	2. Образование « <b>серебряного зеркала</b> »
$\text{CH}_3\text{COOH}$	1. Лакмус	1. <b>Красное</b> окрашивание
	2. Раствор $\text{Na}_2\text{CO}_3$	2. Выделение газа, $\text{CO}_2$
$\text{HCOOH}$	1. Лакмус	1. <b>Красное</b> окрашивание
	2. Раствор $\text{KMnO}_4, \text{H}^+$	2. Обесцвечивание раствора
	3. Раствор $\text{Na}_2\text{CO}_3$	3. Выделение газа, $\text{CO}_2$
	4. $\text{Ag}_2\text{O}$ , аммиачный раствор	4. Образование « <b>серебряного зеркала</b> », выделение $\text{CO}_2$
$\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$	1. Раствор $\text{Br}_2$ (бромная вода)	1. Обесцвечивание раствора

Окончание таблицы

Вещество	Реактив, условие	Признаки реакции
	2. Раствор $\text{KMnO}_4$	2. Обесцвечивание раствора
$\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$ раствор мыла	1. $\text{H}^+$	1. Образование <b>белых</b> хлопьев
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	2. $\text{Cu}(\text{OH})_2$	2. <b>Ярко-синее</b> окрашивание; при нагревании образование красного (морковного) осадка
	3. $\text{Ag}_2\text{O}$ (аммиачный раствор), $t$	3. Образование « <b>серебряного зеркала</b> »
$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ крахмал	Раствор $\text{I}_2$	<b>Синее</b> окрашивание
	Раствор $\text{Br}_2$ (бромная вода)	Выпадение <b>белого</b> осадка
Белок яичный (раствор)	1. $\text{HNO}_3$	1. Образование осадка <b>желтого</b> цвета
	2. $\text{Cu}(\text{OH})_2$	2. <b>Фиолетовое</b> окрашивание

## 2.2. Общие способы получения веществ

### Общие научные принципы химических производств

#### Создание оптимальных условий проведения химических реакций:

- противоток веществ;
- прямоток веществ;
- увеличение площади соприкосновения реагирующих веществ;
- наличие катализатора;
- повышение давления;
- повышение концентрации реагирующих веществ.

#### Полное и комплексное использование сырья:

- циркуляция;
- создание смежных производств (по переработке отходов).

#### Использование теплоты химических реакций:

- теплообмен;
- утилизация теплоты реакции.

#### Принцип непрерывности:

- механизация производства;
- автоматизация производства.

#### Защита окружающей среды и человека:

- автоматизация вредных производств;
- герметизация аппаратов;
- утилизация отходов;
- нейтрализация выбросов в атмосферу.

Частные принципы

### 2.2.1. Общие способы получения металлов. Общие научные принципы химического производства (на примере промышленного получения аммиака, серной кислоты, метанола)

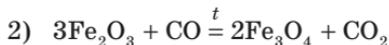
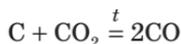
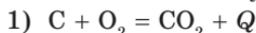
**Чугун** — сплав железа, содержащий более 1,7% углерода, а также кремний, марганец, серу и фосфор.

#### Производство чугуна

- **сырье** — железная руда, кокс, флюсы;
- **химия процесса** — последовательное восстановление железа из его оксидов:



восстановитель — угарный газ CO:



- **аппарат** — доменная печь.

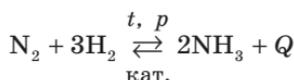
**Сталь** — сплав железа, содержащий 0,1–2% углерода и небольшие количества кремния, марганца, фосфора и серы.

#### Производство стали

- **сырье** — чугун, железный лом;
- **химия процесса** — окисление примесей (C, Si, Mn, P, S) содержащихся в чугуне;
- **способы выплавки стали**:
  - 1) кислородно-конверторный;
  - 2) мартеновский;
  - 3) в электропечах.

### Промышленное производство аммиака

- сырье — азот (из воздуха), водород (из метана);
- химия процесса



- оптимальные условия реакции

$$t = 450\text{--}500^\circ\text{C}$$

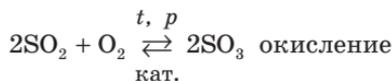
$$p = 25\text{--}60 \text{ МПа}$$

катализатор — восстановленное железо;

- аппараты — колонна синтеза, теплообменники, турбокомпрессоры, циркуляционный компрессор.

### Промышленное производство серной кислоты

- сырье — пирит  $\text{FeS}_2$ , самородная сера, сероводород, сульфиды;
- химия процесса



катализатор  $\text{V}_2\text{O}_5$

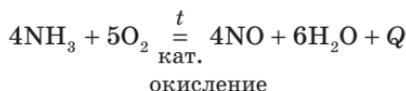


поглощают  $\text{SO}_3$  не водой, а  $\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{конц.})}$  во избежание образования сернокислотного тумана. Образуется олеум (раствор  $\text{SO}_3$  в  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

- аппараты
  - 1) печь для обжига в кипящем слое;
  - 2) циклон;
  - 3) электрофильтр;
  - 4) сушильная башня;
  - 5) теплообменник;
  - 6) контактный аппарат;
  - 7) поглотительная башня.

### Промышленное производство азотной кислоты

- > сырье — аммиак;
- > химия процесса



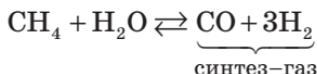
катализатор — платино-родиевый сплав



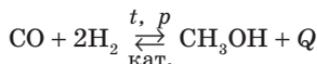
- > аппараты
  - 1) контактный аппарат;
  - 2) окислительная башня;
  - 3) поглотительная башня;
  - 4) мешалка.

### Промышленное получение метанола

- > сырье — метан;
- > химия процесса



конверсия метана

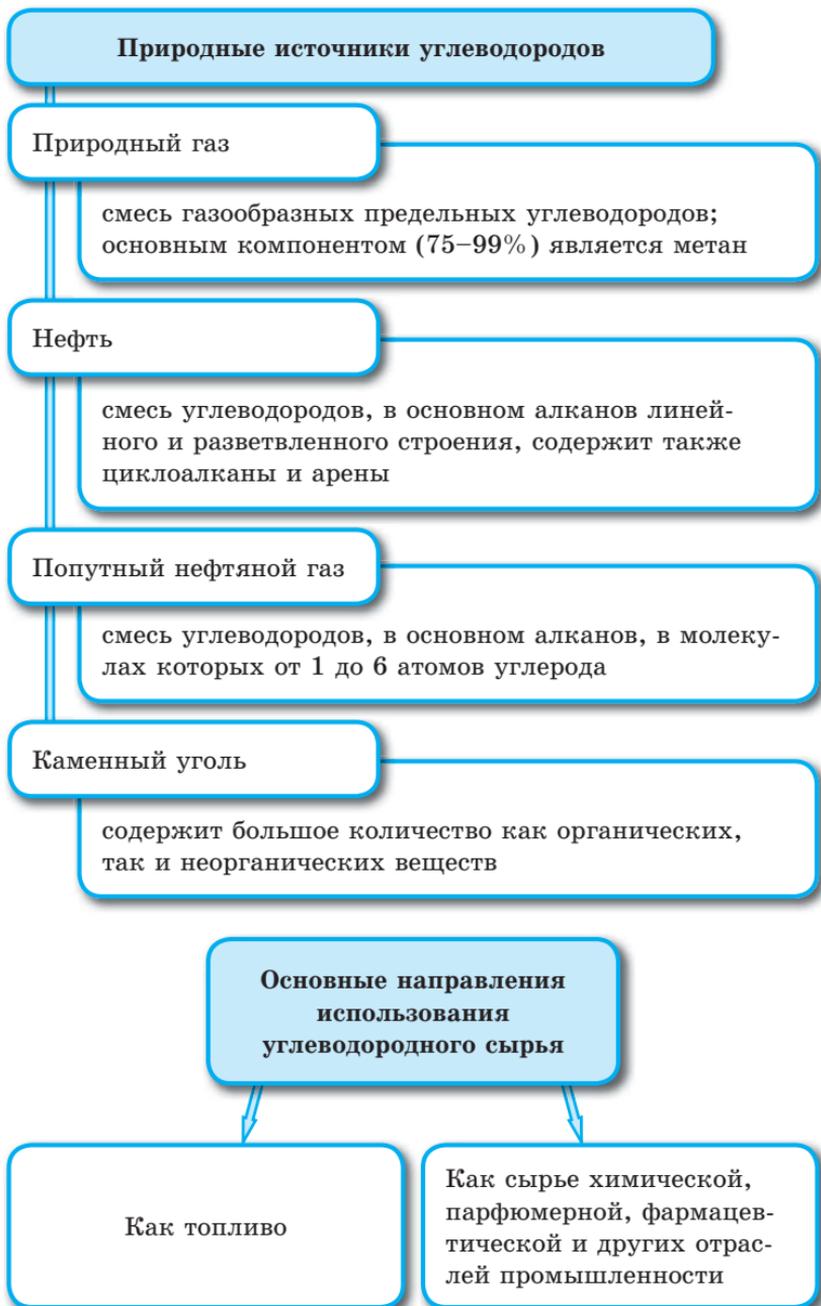


$$t = 250\text{--}300\text{ }^\circ\text{C}, p = 10\text{МПа}$$

Возможны побочные реакции.

Катализаторы (селективные) — оксиды цинка, хрома, меди;

- > аппараты:
  - 1) колонна синтеза;
  - 2) теплообменник;
  - 3) турбокомпрессор;
  - 4) холодильник;
  - 5) сепаратор.

**2.2.2. Природные источники и переработка углеводородов**

## Переработка нефти

### Перегонка нефти (ректификация)

Физический способ разделения смеси компонентов нефти с различными температурами кипения.

Аппарат — ректификационная колонна.

Фракции перегонки нефти:

- ректификационные газы;
- бензин;
- лигроин;
- керосин;
- газойль;
- мазут.

Неперегоняемая часть — гудрон.

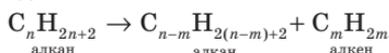


### Крекинг

Термическое разложение нефтепродуктов, которое ведет к образованию углеводородов с меньшим числом атомов углерода в молекуле:



или в общем виде



### Виды крекинга

- термический;
- каталитический;
- крекинг высокого давления;
- восстановительный крекинг.

**Октановое число** — число, характеризующее детонационную стойкость бензина.

## Попутный нефтяной газ

Разделяют на фракции:

- сухой газ — смесь метана и этана;
- пропан-бутановая смесь;
- газовый бензин — смесь пентана и гексана.

### Каменный уголь

Основной способ переработки — коксование (прокаливание без доступа воздуха).

#### Продукты коксования каменного угля

Кокс

Каменноугольная смола

- бензол
- гомологи бензола
- фенол
- ароматические спирты
- нафталин и многие другие вещества

Аммиачная вода

- аммиак
- фенол
- сероводород и др.

Коксовый газ

- водород
- метан
- углекислый газ
- азот
- этилен и др.

### 2.2.3. Высокомолекулярные соединения.

**Реакции полимеризации и поликонденсации. Полимеры. Пластмассы, волокна, каучуки**

Основные методы синтеза высокомолекулярных соединений

Высокомолекулярные соединения (ВМС, полимеры) — вещества, молекулы которых состоят из множества повторяющихся структурных звеньев, соединенных между собой химическими связями.

## Основные направления использования ВМС

### Пластмассы

материалы, изготавливаемые на основе полимеров, способные при нагревании приобретать заданную форму и сохранять ее после охлаждения

**Термопластичные** — пластмассы, в которых при повышении температуры и давления не происходит существенных химических изменений

**Термореактивные** — полимеры, которые в результате нагревания изменяют свои физико-химические свойства

### Каучуки

группа полимеров, которые при стандартных условиях находятся в высокоэластичном состоянии, т. е. способны изменять свою форму под действием внешних сил и быстро возвращаться в исходное состояние после прекращения этого действия

Используются для получения резины — высокоэластичного материала, технические свойства которого значительно лучше, чем у каучука

### Волокна

высокомолекулярные соединения, которые характеризуются упорядоченным, ориентированным размещением линейных молекул вдоль оси волокна, что обуславливает их высокую механическую прочность

#### Природные

- растительные
- животные

#### Химические

- искусственные
- синтетические

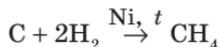


### 2.2.4. Реакции, характеризующие основные свойства и способы получения

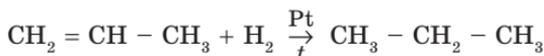
Реакции, характеризующие основные способы получения углеводов

#### Получение алканов

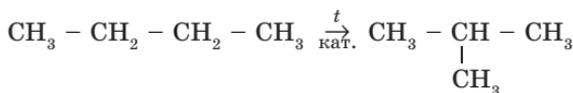
- ▶ природные источники: газ, нефть, каменный уголь, древесина, торф;
- ▶ в промышленности для метана:



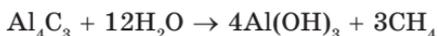
а также гидрирование алкенов:



изомеризация:



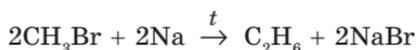
- ▶ в лаборатории:  
гидролиз карбидов



реакция декарбосилирования (реакция Дюма)



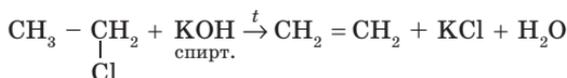
реакция Вюрца



разные галогенпроизводные → смесь углеводов

### Получение алкенов

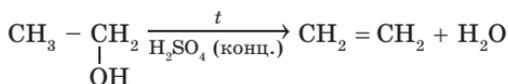
- крекинг нефти:  
термический (600–700 °С)  
каталитический (300–500 °С)
- дегидрогалогенирование алкилгалогенидов:



- дегидрирование алканов:



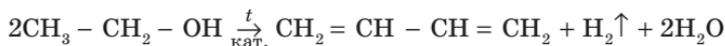
- дегидратация спиртов:



**Дегидратация и дегидрогалогенирование** происходят по **правилу Зайцева**: атом водорода отщепляется от атома углерода с меньшим количеством атомов водорода.

### Получение алкадиенов

- метод Лебедева:

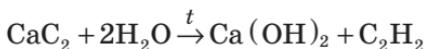


- каталитическое дегидрирование:



### Получение алкинов

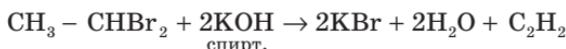
- карбидный способ:



- ▶ неполное разложение метана:

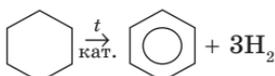


- ▶ действием спиртового раствора щелочи на дигалогенпроизводные:

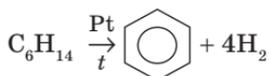


### Получение аренов (бензола)

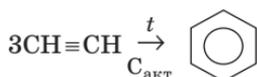
- ▶ из нефти, из каменноугольной смолы;
- ▶ дегидрирование циклогексана:



- ▶ дегидрирование и циклизация гексана:

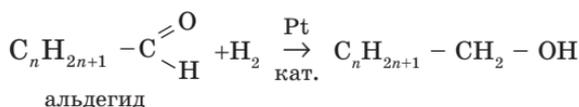
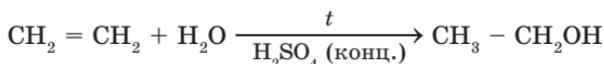
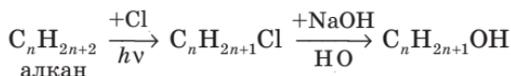


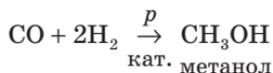
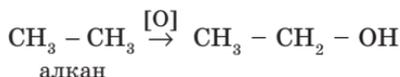
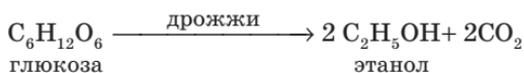
- ▶ тримеризация ацетилена (способ Зелинского):



Реакции, характеризующие основные способы получения кислородсодержащих соединений

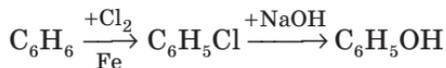
### Получение спиртов





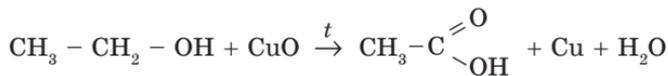
### Получение фенола

- выделение из каменноугольной смолы:

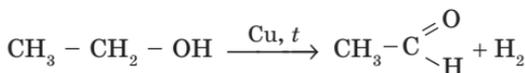


### Получение альдегидов

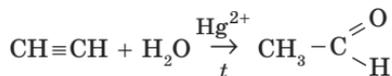
- окисление первичных спиртов:



- дегидрирование первичных спиртов:

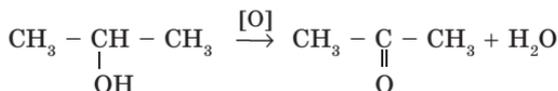


- реакция Кучерова (получение этанала):

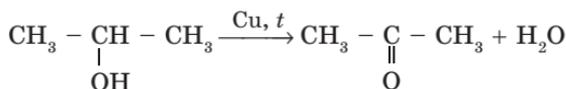


### Получение кетонов

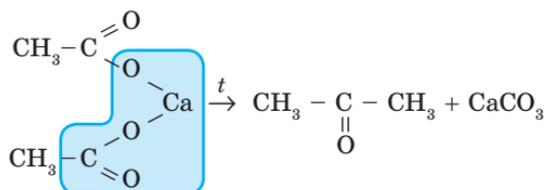
- окисление вторичных спиртов:



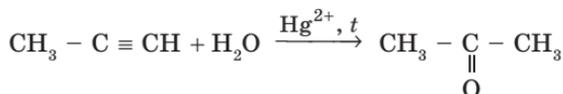
- дегидрирование вторичных спиртов:



- пиролиз кальциевых солей карбоновых кислот:

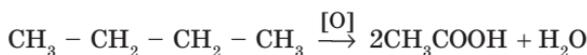


- гидратация гомологов ацетилена (алкинов):

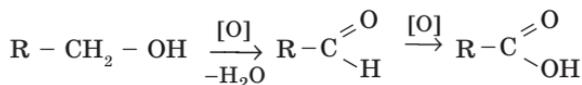


### Получение карбоновых кислот

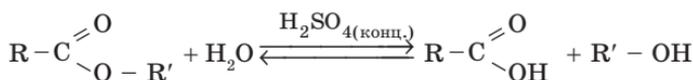
- окисление насыщенных углеводородов воздухом или кислородом в присутствии катализаторов, давления и высокой температуры:



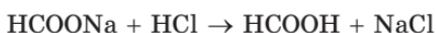
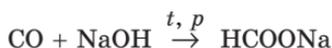
- окисление первичных спиртов и альдегидов:



- гидролиз производных карбоновых кислот (например, сложных эфиров):

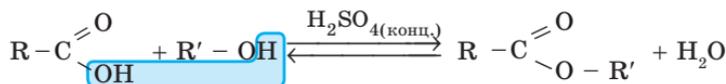


- специфический способ (для муравьиной кислоты):



### Получение сложных эфиров

► реакция этерификации:



## 2.3. Расчеты по химическим формулам и уравнениям реакций

### Физические величины

Физическая величина	Обозначение	Формулы для определения физической величины	Единицы измерения
Относительная атомная масса элемента	$A_r$	$A_r(\text{E}) = \frac{m_a(\text{E})}{\frac{1}{12} m_a(\text{C})}$	—
Относительная молекулярная масса вещества	$M_r$	$M_r = \frac{m(\text{молекулы})}{\frac{1}{12} m_a(\text{C})}$	—
Молярная масса	$M$	$M = \frac{m}{\nu}$	г/моль; кг/моль
Масса вещества	$m$	$m = M \cdot \nu = V \cdot \rho$	г; кг
Количество вещества	$\nu$ ( $n$ )	$\nu = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m} = \frac{N}{N_A}$	моль
Объем газа	$V$	$V = \frac{m}{\rho} = V_m \cdot \nu$	л; м <sup>3</sup>
Молярный объем	$V_m$	$V_m = \frac{V}{\nu} = \frac{M}{\rho}$	л/моль

Окончание таблицы

Физическая величина	Обозначение	Формулы для определения физической величины	Единицы измерения
Плотность	$\rho$	$\rho = \frac{m}{V} = \frac{M}{V_m}$	г/мл; г/см <sup>3</sup> ; кг/м <sup>3</sup>
Относительная плотность газов	$D$	$D = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{M_1}{M_2}$	—
Массовая доля элемента в веществе	$W$	$W(E) = \frac{A_r(E) \cdot n}{M_{r(\text{вещества})}}$ , где $n$ — индекс элемента	—
Массовая доля части в целом	$w$	$w(\text{части}) = \frac{m(\text{части})}{m(\text{целого})}$	—
Выход вещества	$\eta$	$\eta = \frac{v_{\text{практ.}}}{v_{\text{теор.}}}$	—
Объемная доля газа в смеси	$\varphi$	$\varphi(\text{газа}) = \frac{v(\text{газа})}{v(\text{смеси})}$	—

### Некоторые важнейшие физические постоянные

➤ Заряд электрона

$$(1,6021892 + 0,0000046) \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

➤ Масса покоя электрона

$$(1,109534 \pm 0,000047) \cdot 10^{-37} \text{ кг}$$

➤ Атомная единица массы (а.е.м.)

$$(1,6605655 + 0,0000086) \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

- **Абсолютный нуль температуры**  
 $-273,15\text{ }^\circ\text{C}$
- **Постоянная Авогадро**  
 $(6,022045 + 0,000031) \cdot 10^{23}\text{ моль}^{-1}$
- **Постоянная Фарадея**  
 $(9,648456 \pm 0,000027) \cdot 10^4\text{ Кл} \cdot \text{моль}^{-1}$
- **Универсальная газовая постоянная**  
 $(8,31441 + 0,00026)\text{ Дж} \cdot \text{моль}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$
- **Молярный объем идеального газа при нормальных условиях (температуре  $0\text{ }^\circ\text{C}$  и давлении  $101\ 325\text{ Па}$ )**  
 $(22,41383 + 0,0070) \cdot 10^{-3}\text{ м}^3 \cdot \text{моль}^{-1}$

### Количественные законы химии

**Закон сохранения массы веществ** — общая масса веществ, которые вступают в химическую реакцию, равна общей массе веществ, которые образуются во время реакции.  
 Для реакции  $aA + bB = cC + dD$ .

$$m(A) + m(B) = m(C) + m(D)$$

Общее количество атомов до и после реакции остается неизменным.

**Закон постоянства состава веществ** — всякое чистое вещество, имеющее молекулярное строение, имеет постоянный качественный и количественный состав независимо от способа его получения.

- **Дальтони́ды** — вещества, имеющие постоянный состав независимо от способа их получения.
- **Бертолиды** — нестехиометрические соединения, состав которых зависит от способа получения:



**Относительные молекулярные массы ( $M_r$ ) некоторых неорганических соединений (округленные)**

Анионы	Катионы							
	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>
O <sup>2-</sup>	—	—	62	94	153	56	40	102
OH <sup>-</sup>	18	35	40	56	171	74	58	78
Cl <sup>-</sup>	36,5	53,5	58,5	74,5	208	111	95	133,5
Br <sup>-</sup>	81	98	103	119	297	200	184	267
I <sup>-</sup>	128	145	150	166	391	294	278	408
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	63	80	85	101	261	164	148	213
S <sup>2-</sup>	34	68	78	110	169	72	56	150
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	82	116	126	158	217	120	104	294
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	98	132	142	174	233	136	120	342
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	62	96	106	138	197	100	84	234
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	78	112	122	154	213	116	100	282
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	98	149	164	212	601	310	262	122

Катионы								Анионы
Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	
152	72	160	71	81	80	232	223	O <sup>2-</sup>
103	90	107	89	99	98	125	241	OH <sup>-</sup>
158,5	127	162,5	126	136	135	143,5	278	Cl <sup>-</sup>
292	216	296	215	225	224	188	367	Br <sup>-</sup>
433	310	437	309	319	318	235	461	I <sup>-</sup>
238	180	242	179	189	188	170	331	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
200	88	208	87	97	96	248	239	S <sup>2-</sup>
344	136	352	135	145	144	296	287	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
392	152	400	151	161	160	312	303	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
284	116	292	115	125	124	276	267	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
332	132	340	131	141	140	292	283	SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
147	358	151	355	385	382	419	811	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>

**Закон кратных отношений** — если химические элементы А и В могут соединяться между собой, образуя несколько разных соединений, то массы элемента А, который связывается с постоянным количеством элемента В, относятся как небольшие целые числа.

Оксиды азота	$m(\text{N})/m(\text{O})$
$\text{N}_2\text{O}$	14/8
$\text{NO}$	7/8
$\text{N}_2\text{O}_3$	4,67/8
$\text{NO}_2$	3,5/8
$\text{N}_2\text{O}_5$	2,8/8

Массы азота в этих соединениях относятся как  
5 : 4 : 3 : 2 : 1

**Закон Авогадро** — равные объемы разных газов при одинаковых условиях содержат одинаковое количество молекул.

#### Следствия из закона Авогадро

- Один моль любого газа при одинаковых условиях занимает одинаковый объем (молярный объем  $V_m$ ).
- Масса одного и того же объема газа тем больше, чем больше масса его молекул. Отношения масс одинаковых объемов газов при одинаковых условиях равно отношению их молярных масс.

#### Нормальные условия (н. у.)

$$T = 273\text{K} = 0^\circ\text{C}$$

$$P = 101,325 \text{ кПа} = 760 \text{ мм рт. ст.}$$

$$V_m = \text{const} = 22,4 \text{ л/моль}$$

**Формулы для расчетов**

$$V_m = \frac{V(\text{газа})}{\nu(\text{газа})},$$

где  $V_m$  — молярный объем газа (л/моль);  $V$  — объем газа (л);  $\nu$  — количество вещества газа (моль)

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2} \quad D = \frac{m_1}{m_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

где  $m_1, m_2$  — массы одинаковых объемов газов;  $M_1, M_2$  — молярные массы разных газов;  $D$  — относительная плотность.

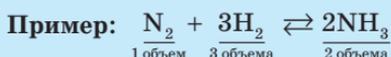
**Пример:** Относительная плотность газа по водороду:

$$D_{\text{H}_2} = \frac{M(\text{газа})}{M(\text{H}_2)}$$

Относительная плотность газа по воздуху:

$$D_{\text{пов}} = \frac{M(\text{газа})}{M(\text{воздуха})}; \bar{M}(\text{воздуха}) = 29 \text{ г/моль}$$

**Закон объемных отношений газов** — объемы газов, вступающих в химическую реакцию и образующихся во время реакции, относятся между собой как небольшие целые числа (как их коэффициенты).

**Закон Бойля – Мариотта**

При постоянной температуре

$$PV = \text{const}$$

$P$  — давление;  $V$  — объем

**Закон Гей-Люссака**

При постоянном давлении

$$\frac{V}{T} = \text{const}$$

$V$  — объем;  $T$  — температура (К)

**Объединенный закон**

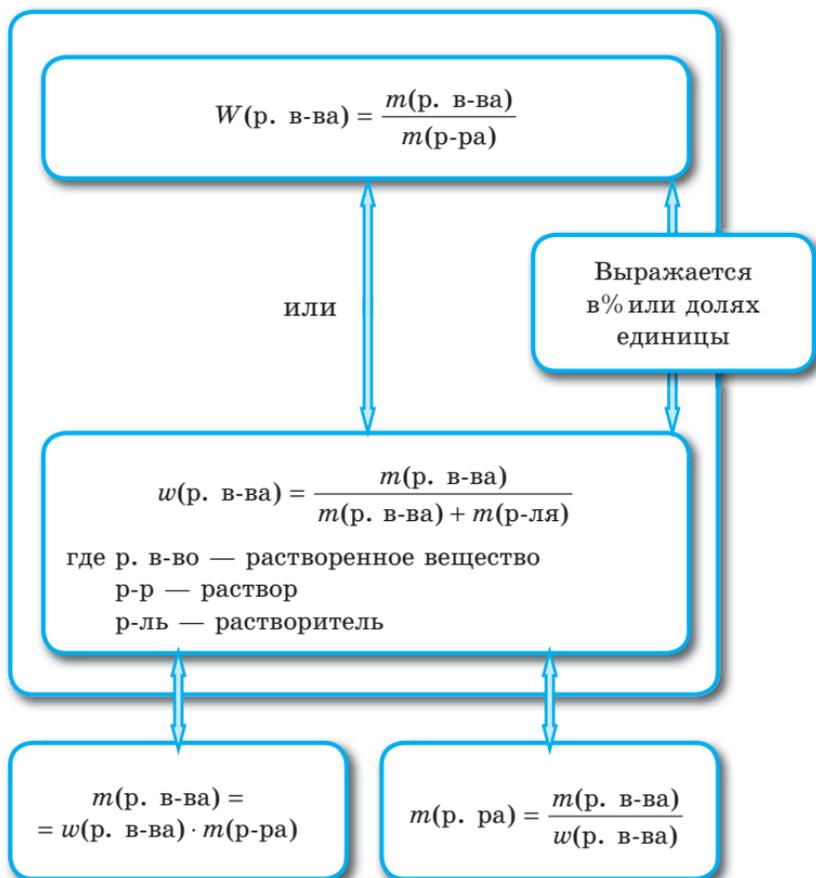
$$\frac{PV}{T} = \text{const}$$

## Уравнение Менделеева – Клапейрона

$$pV = \nu RT \text{ или } pV = \frac{m}{M} RT$$

где  $p$  — давление (кПа);  $V$  — объем (л);  $\nu$  — количество вещества газа (моль);  $m$  — масса (г);  $M$  — молярная масса (г/моль);  $T$  — температура (К);  $R$  — универсальная газовая постоянная  $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ .

### 2.3.1. Вычисление массы растворенного вещества, содержащегося в определенной массе раствора с известной массовой долей



**Задача 1**

Приготовить 400 г водного раствора с массовой долей хлорида натрия в нем 5%.

Дано:

$$m(\text{р-ра}) = 400 \text{ г}$$

$$w(\text{NaCl}) = 5\%$$

$$m(\text{NaCl}) \text{ — ?}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) \text{ — ?}$$

Решение:

$$1) \quad w(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{m(\text{р-ра})},$$

отсюда

$$m(\text{NaCl}) = w(\text{NaCl}) \cdot m(\text{р-ра})$$

$$m(\text{NaCl}) = 0,05 \cdot 400 \text{ г} = 20 \text{ г}$$

$$2) \quad m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{р-ра}) - m(\text{NaCl})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 400 \text{ г} - 20 \text{ г} = 380 \text{ г}$$

Ответ:  $m(\text{NaCl}) = 20 \text{ г}$ ,  $m(\text{H}_2\text{O}) = 380 \text{ г}$ .

**Задача 2**

Найти массовую долю растворенного вещества в растворе, полученном при смешивании 450 г воды и 50 г сахара.

Дано:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 450 \text{ г}$$

$$m(\text{сах.}) = 50 \text{ г}$$

$$w(\text{сах.}) \text{ — ?}$$

Решение:

$$w(\text{сах.}) = \frac{m(\text{сах.})}{m(\text{р-ра})} = \frac{m(\text{сах.})}{m(\text{сах.}) + m(\text{H}_2\text{O})}$$

$$w(\text{сах.}) = \frac{50 \text{ г}}{50 \text{ г} + 450 \text{ г}} = 0,1 \text{ (10\%)}$$

Ответ:  $w(\text{сах.}) = 10\%$ .

### 2.3.2. Расчеты: объемных отношений газов при химических реакциях

Расчеты объемных отношений газов при химических реакциях основаны на законе Гей-Люссака.

## Задача 3

Какой объем аммиака получится, если в реакцию синтеза вступает азот объемом  $10 \text{ м}^3$  (объемы всех газов изменялись при одинаковых условиях)?

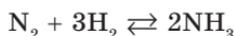
Дано:

$$V(\text{N}_2) = 10 \text{ м}^3$$

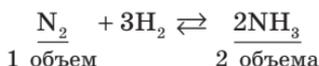
$$V(\text{NH}_3) \text{ — ?}$$

Решение:

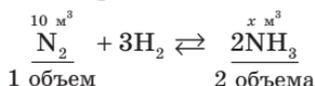
1) Записать уравнение реакции:



2) Определить соотношение объемов необходимых газов:



3) Вписать в уравнение реакции данные условия задачи:



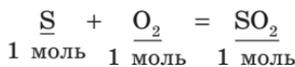
4) Составить пропорцию и решить ее  $\frac{10}{1} = \frac{x}{2}$ :

$$x = 10 \cdot 2 = 20 \text{ м}^3 = V(\text{NH}_3)$$

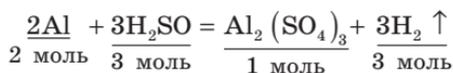
Ответ:  $V(\text{NH}_3) = 20 \text{ м}^3$ .

### 2.3.3. Расчет массы вещества или объема газов по известному количеству вещества, массе или объему одного из участвующих в реакции веществ

Коэффициенты в уравнениях указывают на соотношения количеств веществ реагентов и продуктов реакции.



$$n(\text{S}) : n(\text{O}_2) : n(\text{SO}_2) = 1 : 1 : 1$$



$$n(\text{Al}) : n(\text{H}_2\text{SO}_4) : n(\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3) : n(\text{H}_2) = 2 : 3 : 1 : 3$$

При решении задач почти всегда используются расчеты по формулам.

### Задача 4

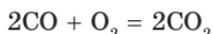
Найти количество вещества  $n$ , массу  $m$ , объем  $V$  (н. у.) и количество молекул  $N$  углекислого газа, образовавшегося в реакции горения угарного газа, если в реакцию вступил угарный газ количеством вещества 5 моль.

Дано:  
 $n(\text{CO}) = 5$  моль

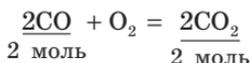
$n(\text{CO}_2) = ?$   
 $m(\text{CO}_2) = ?$   
 $V(\text{CO}_2) = ?$   
 $N(\text{CO}_2) = ?$

Решение:

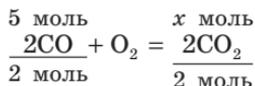
1) Записать уравнение реакции:



2) Под формулами веществ подставить их количества (соотношение) согласно коэффициентам в уравнении реакции:



3) Над этими же формулами вписать количества веществ из условия задачи:



4) Составить и решить пропорцию:

$$\frac{5}{2} = \frac{x}{2} \Rightarrow x = n(\text{CO}_2) = \frac{5 \cdot 2}{2} = 5 \text{ моль}$$

5) По формуле  $m = M \cdot n$ :

$$m(\text{CO}_2) = M(\text{CO}_2) \cdot n(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль} \cdot 5 \text{ моль} = 220 \text{ г}$$

6) По формуле  $V = V_m \cdot n$ :

$$V(\text{CO}_2) = V_m \cdot n(\text{CO}_2) = 22,4 \text{ л/моль} \cdot 5 \text{ моль} = 112 \text{ л}$$

7) По формуле  $N = N_A \cdot n$ :

$$\begin{aligned} N(\text{CO}_2) &= N_A \cdot n(\text{CO}_2) = \\ &= 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}} \cdot 5 \text{ моль} = 30,1 \cdot 10^{23} = 3,01 \cdot 10^{24} \end{aligned}$$

Ответ:  $n(\text{CO}_2) = 5$  моль;  $m(\text{CO}_2) = 220$  г;  
 $V(\text{CO}_2) = 112$  л;  $N(\text{CO}_2) = 3,01 \cdot 10^{24}$ .

## Задача 5

Найти количество вещества  $n$ , массу  $m$ , объем  $V$  (н. у.) и количество молекул  $N$  водорода, образовавшегося в реакции взаимодействия натрия массой 2,3 г с водой.

Дано:  
 $m(\text{Na}) = 2,3 \text{ г}$

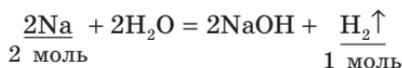
$n(\text{H}_2) — ?$   
 $m(\text{H}_2) — ?$   
 $V(\text{H}_2) — ?$   
 $N(\text{H}_2) — ?$

Решение:

1) Записать уравнение реакции:



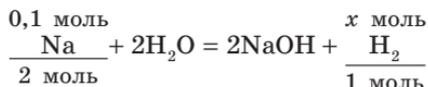
2) Под формулами веществ подставить их количества (соотношение) согласно коэффициентам в уравнении реакции:



3) Найти количество вещества натрия по формуле  $n = \frac{m}{M}$

и вписать над формулой в уравнение реакции:

$$n(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{M(\text{Na})} = \frac{2,3 \text{ г}}{23 \text{ г / моль}} = 0,1 \text{ моль,}$$



4) Составить и решить пропорцию:

$$\frac{0,1}{2} = \frac{x}{1} \Rightarrow x = n(\text{H}_2) = \frac{0,1}{2} = 0,05 \text{ моль}$$

5) Пункты 5—7 по образцу задачи 4.

## Задача 6

Найти количество вещества  $n$ , массу  $m$  и количество молекул  $N$  оксида магния, образовавшегося в результате сгорания магния в кислороде объемом 11,2 л (н. у.).

Дано:  
 $V(\text{O}_2) = 11,2 \text{ л}$

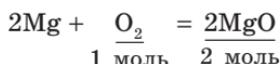
$n(\text{MgO})$  — ?  
 $m(\text{MgO})$  — ?  
 $N(\text{MgO})$  — ?

Решение:

1) Записать уравнение реакции:



2) Под формулами веществ подставить их количества (соотношение) согласно коэффициентам в уравнении реакции:

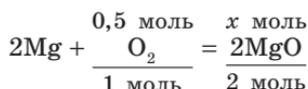


3) Найти количество вещества кислорода по формуле:

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

и вписать над формулой в уравнение реакции:

$$n(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_m} = \frac{11,2 \text{ л}}{22,4 \text{ л / моль}} = 0,5 \text{ моль}$$



4) Составить и решить пропорцию:

$$\frac{0,5}{1} = \frac{x}{2} \Rightarrow x = n(\text{MgO}) = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ моль}$$

5) Пункты 5—7 по образцу задачи 4.

### 2.3.4. Расчет теплового эффекта реакции

#### Задача 7

Сгорание бензола количеством вещества 1 моль сопровождается выделением 3301,2 кДж теплоты. Составьте термохимическое уравнение реакции и рассчитайте, какое количество теплоты выделяется при горении бензола массой 19,5 г.

Дано:

$$Q' = 3301,2 \text{ кДж}$$

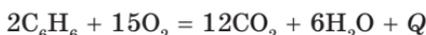
$$n'(C_6H_6) = 1 \text{ моль}$$

$$m''(C_6H_6) = 19,5 \text{ г}$$

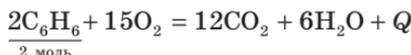
$$Q''(C_6H_6) = ?$$

Решение:

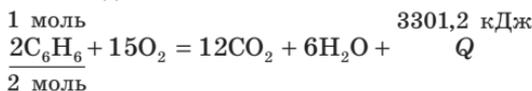
1) Составить уравнение реакции:



2) Под формулой подписать количество вещества в соответствии с коэффициентом:



3) Над формулой и тепловым эффектом записать данные из условия задачи:

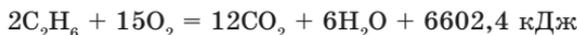


4) Составить пропорцию и решить ее:

$$\frac{1}{2} = \frac{3301,2}{Q}$$

$$Q = 3301,2 \cdot 2 = 6602,4 \text{ кДж}$$

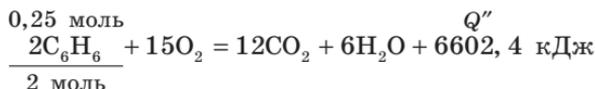
5) Записать термохимическое уравнение реакции горения бензола:



6) По формуле  $n = \frac{m}{M}$  найти количество вещества, которое соответствует 19,5 г бензола:

$$n(C_6H_6) = \frac{m(C_6H_6)}{M(C_6H_6)} = \frac{19,5 \text{ г}}{78 \text{ г / моль}} = 0,25 \text{ моль}$$

7) Вписать данные в термохимическое уравнение реакции:



8) Составить и решить пропорцию:

$$\frac{0,25}{2} = \frac{Q''}{6602,4}$$

$$Q'' = \frac{0,25 \cdot 6602,4}{2} = 825,3 \text{ кДж}$$

Ответ:  $2C_6H_6 + 15O_2 = 12CO_2 + 6H_2O + 6602,4 \text{ кДж}$ ;

$$Q'' = 825,3 \text{ кДж.}$$

### 2.3.5. Расчет массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке (имеет примеси)

Расчет массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ дано в избытке

Имеются данные по двум веществам, вступающим в реакцию. Найти количества исходных веществ и сделать вывод, какое вещество в избытке.

#### Задача 8

Рассчитайте количество вещества  $n$  и массу  $m$  сульфида алюминия, которые можно получить из алюминия массой 5,4 г и серы массой 16 г.

Дано:

$$m(\text{Al}) = 5,4 \text{ г}$$

$$m(\text{S}) = 16 \text{ г}$$

$$m(\text{Al}_2\text{S}_3) \text{ — ?}$$

Решение:

1) Составить уравнение реакции:



2) Подписать под уравнение количества необходимых веществ (соотношение) в соответствии с коэффициентами:

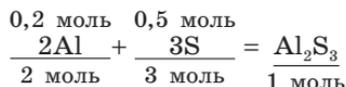


3) По формуле  $n = \frac{m}{M}$  найти количества исходных веществ:

$$n(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{M(\text{Al})} = \frac{5,4 \text{ г}}{27 \text{ г / моль}} = 0,2 \text{ моль},$$

$$n(\text{S}) = \frac{m(\text{S})}{M(\text{S})} = \frac{16 \text{ г}}{32 \text{ г / моль}} = 0,5 \text{ моль}$$

4) Вписать данные в уравнение реакции



5) Составить неравенство

$$\frac{0,2}{2} ? \frac{0,5}{3} \Rightarrow 0,1 < 0,17 \Rightarrow \text{сера в избытке}$$

6) Составить пропорцию

$$\frac{0,2 \text{ моль}}{2 \text{ моль}} \frac{2\text{Al}}{3\text{S}} + 3\text{S} = \frac{x \text{ моль}}{1 \text{ моль}} \frac{2\text{Al}_2\text{S}_3}{1 \text{ моль}}$$

$$\frac{0,2}{2} = \frac{x}{1} \Rightarrow x = n(\text{Al}_2\text{S}_3) = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ моль}$$

7) Найти по формуле  $m = M \cdot \nu$  массу сульфида алюминия:

$$m(\text{Al}_2\text{S}_3) = M(\text{Al}_2\text{S}_3) \cdot n(\text{Al}_2\text{S}_3) = 150 \text{ г/моль} \cdot 0,1 \text{ моль} = 15 \text{ г}$$

Ответ:  $n(\text{Al}_2\text{S}_3) = 0,1 \text{ моль}$ ;  $m(\text{Al}_2\text{S}_3) = 15 \text{ г}$ .

**Расчеты массы (объема, количества вещества) продуктов реакции, если одно из веществ имеет примеси**

$$W(\text{примесей}) = \frac{m(\text{примесей})}{m(\text{смеси})},$$

$$W(\text{чистого в-ва}) = \frac{m(\text{чистого в-ва})}{m(\text{смеси})}.$$

### Задача 9

Рассчитайте количество вещества  $n$ , массу  $m$ , объем  $V$  оксида углерода(IV) (н. у.), который можно получить из угля массой 800 г, массовая доля негорючих примесей в котором составляет 4%.

Дано:

$$m(\text{угля}) = 800 \text{ г}$$

$$W(\text{прим.}) = 4\%$$

$$n(\text{CO}_2) \text{ — ?}$$

$$m(\text{CO}_2) \text{ — ?}$$

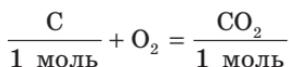
$$V(\text{CO}_2) \text{ — ?}$$

Решение:

1) Составить уравнение реакции:



2) Под формулами веществ подставить их количества (соотношение) согласно коэффициентам в уравнении реакции:



3) Найти массу примесей в угле по формуле:

$$W(\text{прим.}) = \frac{m(\text{прим.})}{m(\text{угля})},$$

$$\text{отсюда } m(\text{прим.}) = m(\text{угля}) \cdot W(\text{прим.}),$$

$$m(\text{прим.}) = 800 \text{ г} \cdot 0,04 = 32 \text{ г}$$

4) Найти массу чистого углерода, который вступит в реакцию:

$$m(\text{C}) = m(\text{угля}) - m(\text{прим.}) = 800 - 32 = 768 \text{ г}$$

5) Пункты 5—7 по образцу задачи 4.

### 2.3.6. Расчет массы (объема, количества вещества) продукта реакции, если одно из веществ дано в виде раствора с определенной массовой долей растворенного вещества

$$W(\text{р. в-ва}) = \frac{m(\text{р. в-ва})}{m(\text{р-ра})}.$$

#### Задача 10

Рассчитайте количество вещества  $n$ , массу  $m$  и объем  $V$  углекислого газа (н. у.), который выделяется при действии раствора массой 490 г с массовой долей серной кислоты 10% на карбонат натрия.

Дано:

$$m(\text{p-ра}) = 490 \text{ г}$$

$$V(\text{H}_2\text{SO}_4) = 10\%$$

$$n(\text{CO}_2) \text{ — ?}$$

$$m(\text{CO}_2) \text{ — ?}$$

$$V(\text{CO}_2) \text{ — ?}$$

Решение:

Решать аналогично задаче 9.

Массу безводной (чистой) кислоты найти по формуле:

$$\begin{aligned} m(\text{H}_2\text{SO}_4) &= m(\text{p-ра}) \cdot W(\text{H}_2\text{SO}_4) = \\ &= 490 \text{ г} \cdot 0,1 = 49 \text{ г} \end{aligned}$$

### 2.3.7. Нахождение молекулярной формулы вещества

**Простейшая формула (эмпирическая)** — отображает соотношение количества атомов или ионов в соединении.

**Истинная формула** — показывает действительный состав молекулы.

#### Задача 11

Выведите простейшую формулу соединения, в котором массовые доли углерода, водорода и кислорода соответственно равны 39,98%, 6,6% и 53,2%.

Дано:

$$W(\text{C}) = 39,98\%$$

$$W(\text{H}) = 6,6\%$$

$$W(\text{O}) = 53,2\%$$

$$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z \text{ — ?}$$

Решение:

1) Найти молярное соотношение между атомами углерода, водорода и кислорода.

Пусть масса вещества  $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$  — 100 г, тогда:

$$m(\text{C}) = 39,98 \text{ г}, m(\text{H}) = 6,6 \text{ г}, m(\text{O}) = 53,2 \text{ г},$$

$$x : y : z = n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} : \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} =$$

$$= \frac{39,98 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} : \frac{6,6 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} : \frac{53,2 \text{ г}}{16 \text{ г/моль}} =$$

$$= 3,3 \text{ моль} : 6,6 \text{ моль} : 3,3 \text{ моль}$$

- 2) Привести к целым числам молярное соотношение атомов углерода, водорода и кислорода:

$$x : y : z = 3,3 : 6,6 : 3,3 = \frac{3,3}{3,3} : \frac{6,6}{6,6} : \frac{3,3}{3,3} = 1 : 2 : 1 \Rightarrow \text{CH}_2\text{O}$$

Ответ:  $\text{CH}_2\text{O}$ .

### Задача 12

Определите молекулярную формулу вещества, в котором массовая доля углерода 85,7%, массовая доля водорода 14,3%, а молярная масса вещества равна 84 г/моль.

Дано:

$$W(\text{C}) = 85,7\%$$

$$W(\text{H}) = 14,3\%$$

$$M(\text{C}_x\text{H}_y) = 84 \text{ г/моль}$$

$$\text{C}_x\text{H}_y \text{ — ?}$$

Решение:

Ход решения в пунктах 1—2 соответствует задаче 10.

- 1) Найти молярное соотношение между атомами углерода и водорода.

Пусть масса вещества  $\text{C}_x\text{H}_y$  — 100 г, тогда:

$$m(\text{C}) = 85,7 \text{ г}, m(\text{H}) = 14,3 \text{ г},$$

$$x : y = n(\text{C}) : n(\text{H}) = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{85,7 \text{ г}}{12 \text{ г/моль}} : \frac{14,3 \text{ г}}{1 \text{ г/моль}} = 7,14 \text{ моль} : 14,3 \text{ моль}$$

- 2) Привести к целым числам молярное соотношение атомов углерода и водорода:

$$x : y : z = 7,14 : 14,3 = \frac{7,14}{7,14} : \frac{14,3}{7,14} = 1 : 2 \Rightarrow \text{CH}_2 \text{ —}$$

простейшая формула.

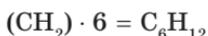
- 3) Найти молярную массу простейшей формулы:

$$M(\text{CH}_2) = 14 \text{ г/моль}$$

- 4) Найти соотношение между величинами истинной молярной массы и молярной массы простейшей формулы:

$$\frac{M(\text{C}_x\text{H}_y)}{M(\text{CH}_2)} = \frac{84 \text{ г/моль}}{14 \text{ г/моль}} = 6$$

5) Установить истинную формулу соединения:



Ответ:  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ .

### Задача 13

Определите молекулярную формулу вещества, в котором массовая доля углерода 80%, массовая доля водорода 20%, если относительная плотность соединения по водороду 15.

Дано:

$$W(\text{C}) = 80\%$$

$$W(\text{H}) = 20\%$$

$$D_{\text{H}_2}(\text{C}_x\text{H}_y) = 15$$

$\text{C}_x\text{H}_y$  — ?

Решение:

Алгоритм решения задачи аналогичен алгоритму задачи 11, однако, для нахождения истинной молярной массы вещества необходимо воспользоваться формулой относительной плотности:

$$\begin{aligned} D_{\text{H}_2}(\text{C}_x\text{H}_y) &= \frac{M(\text{C}_x\text{H}_y)}{M(\text{H}_2)} \Rightarrow M(\text{C}_x\text{H}_y) = D_{\text{H}_2}(\text{C}_x\text{H}_y) \cdot M(\text{H}_2) = \\ &= 15 \cdot 2 \text{ г/моль} = 30 \text{ г/моль} \end{aligned}$$

### 2.3.8. Расчет массовой или объемной доли выхода продукта реакции от теоретически возможного

$$\eta = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}} = \frac{V_{\text{практ.}}}{V_{\text{теор.}}} = \frac{n_{\text{практ.}}}{n_{\text{теор.}}}$$

«Выход вещества»

Выражается в% или долях единицы.

### Задача 14

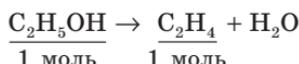
В результате пропускания этанола массой 230 г над катализатором получили этилен массой 126 г. Рассчитайте массовую долю выхода этилена.

Дано:  
 $m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 230$   
 г  
 $m_{\text{пр.}}(\text{C}_2\text{H}_4) = 126$  г

$\eta = ?$

Решение:

1) Составить уравнение реакции и вписать соотношение количеств веществ:

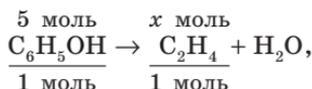


2) Рассчитать количество вещества этанола по формуле

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

$$n(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}{M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})} = \frac{230 \text{ г}}{46 \text{ г / моль}} = 5 \text{ моль}$$

3) Составить пропорцию и найти теоретический выход этилена:



$$\frac{5}{1} = \frac{x}{1} \Rightarrow x = n_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_4) = 5 \text{ моль}$$

4) Найти  $m_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_4)$  по формуле  $m = M \cdot v$ :

$$m_{\text{теор.}}(\text{C}_2\text{H}_4) = M \cdot n_{\text{теор.}} = 28 \text{ г/моль} \cdot 5 \text{ моль} = 140 \text{ г}$$

5) Найти выход по формуле  $\eta = \frac{m_{\text{практ.}}}{m_{\text{теор.}}}$ :

$$\eta = \frac{126 \text{ г}}{140 \text{ г}} = 0,9 \text{ (90\%)}$$

или

4) Найти  $n_{\text{пр.}}(\text{C}_2\text{H}_4)$  по формуле  $n = \frac{m}{M}$ :

$$n_{\text{пр.}}(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{m_{\text{пр.}}(\text{C}_2\text{H}_4)}{M(\text{C}_2\text{H}_4)} = \frac{126 \text{ г}}{28 \text{ г / моль}} = 4,5 \text{ моль.}$$

5) Найти выход по формуле  $\eta = \frac{n_{\text{практ.}}}{n_{\text{теор.}}}$ :

$$\eta = \frac{4,5 \text{ моль}}{5 \text{ моль}} = 0,9 \text{ (90\%)}$$

Ответ:  $\eta = 90\%$ .

### 2.3.9. Расчет массовой доли (массы) химического соединения в смеси

$$w(\text{компонента}) = \frac{m(\text{компонента})}{m(\text{смеси})}$$

$w$  выражается в % или в долях единицы

$$m(\text{компонента}) = m(\text{смеси}) \cdot W(\text{компонента})$$

$$m(\text{смеси}) = \frac{m(\text{компонента})}{W(\text{компонента})}$$

$$m(\text{смеси}) = m_1(\text{компонента}) + m_2(\text{компонента}) + \dots$$

#### Задача 15

Смешали цемент массой 300 г и песок массой 900 г. Какова массовая доля песка в приготовленной смеси.

Дано:

$$m(\text{цемента}) = 300 \text{ г}$$

$$m(\text{песка}) = 900 \text{ г}$$

$$w(\text{песка}) = ?$$

Решение:

$$w(\text{песка}) = \frac{m(\text{песка})}{m(\text{смеси})} =$$

$$= \frac{m(\text{песка})}{m(\text{цемента}) + m(\text{песка})} = \frac{900 \text{ г}}{300 \text{ г} + 900 \text{ г}} =$$

$$= \frac{900 \text{ г}}{1200 \text{ г}} = 0,75 \text{ (75\%)}$$

Ответ:  $w(\text{песка}) = 75\%$ .

Справочное издание  
анықтамалық баспа

Для старшего школьного возраста  
мектеп жасындағы ересек балаларға арналған

ВСЕШКОЛЬНЫЙ КУРС В СХЕМАХ И ТАБЛИЦАХ

**Варавва Наталья Эдуардовна**

**ХИМИЯ**

(орыс тілінде)

Ответственный редактор *А. Жилинская*  
Ведущий редактор *Т. Судакова*  
Художественный редактор *Е. Брынчик*

ООО «Издательство «Эксмо»  
123308, Москва, ул. Зорге, д. 1. Тел. 8 (495) 411-68-86, 8 (495) 956-39-21.  
Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru)

Өндіруші: «ЭКСМО» АҚБ Баспасы, 123308, Мәскеу, Ресей, Зорге көшесі, 1 үй.  
Тел. 8 (495) 411-68-86, 8 (495) 956-39-21  
Home page: [www.eksmo.ru](http://www.eksmo.ru) E-mail: [info@eksmo.ru](mailto:info@eksmo.ru).

Тауар белгісі: «Эксмо»

Қазақстан Республикасында дистрибьютор және өнім бойынша  
арыз-талаптарды қабылдаушының  
өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС, Алматы қ., Домбровский көш., 3-а, литер Б, офис 1.  
Тел.: 8 (727) 2 51 59 89,90,91,92, факс: 8 (727) 251 58 12 вн. 107; E-mail: [RDC-Almaty@eksmo.kz](mailto:RDC-Almaty@eksmo.kz)  
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Сертификация туралы ақпарат сайтта: [www.eksmo.ru/certification](http://www.eksmo.ru/certification)

Сведения о подтверждении соответствия издания  
согласно законодательству РФ о техническом регулировании  
можно получить по адресу: <http://eksmo.ru/certification/>

Өндірген мемлекет: Ресей  
Сертификация қарастырылған

Подписано в печать 29.04.2014. Произведено 14.05.2014.  
Формат 84x108<sup>1/32</sup>. Печать офсетная. Усл. печ. л. 12,6.  
Тираж экз. Заказ



ISBN 978-5-699-71191-8



9 785699 711918 >



**Оптовая торговля книгами «Эксмо»:**

ООО «ТД «Эксмо», 142700, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное,  
Белокаменное ш., д. 1, многоканальный тел. 411-50-74.  
E-mail: [reception@eksmo-sale.ru](mailto:reception@eksmo-sale.ru)

**По вопросам приобретения книг «Эксмо» зарубежными оптовыми  
покупателями обращаться в отдел зарубежных продаж ТД «Эксмо»**

E-mail: [international@eksmo-sale.ru](mailto:international@eksmo-sale.ru)

*International Sales: International wholesale customers should contact  
Foreign Sales Department of Trading House «Eksmo» for their orders.  
[international@eksmo-sale.ru](mailto:international@eksmo-sale.ru)*

**По вопросам заказа книг корпоративным клиентам, в том числе в специальном  
оформлении, обращаться по тел. +7 (495) 411-68-59, доб. 2261, 1257.**

E-mail: [vipzakaz@eksmo.ru](mailto:vipzakaz@eksmo.ru)

**Оптовая торговля бумажно-беловыми и канцелярскими товарами для школы и офиса  
«Канц-Эксмо»:** Компания «Канц-Эксмо»: 142702, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное-2,  
Белокаменное ш., д. 1, а/я 5. Тел./факс +7 (495) 745-28-87 (многоканальный).  
e-mail: [kanc@eksmo-sale.ru](mailto:kanc@eksmo-sale.ru), сайт: [www.kanc-eksmo.ru](http://www.kanc-eksmo.ru)

**В Санкт-Петербурге:** в магазине «Парк Культуры и Чтения БУКВОЕД», Невский пр-т, д.46.

Тел.: +7(812)601-0-601, [www.bookvoed.ru/](http://www.bookvoed.ru/)

**Полный ассортимент книг издательства «Эксмо» для оптовых покупателей:**

**В Санкт-Петербурге:** ООО СЗКО, пр-т Обуховской Обороны, д. 84Е. Тел. (812) 365-46-03/04.

**В Нижнем Новгороде:** ООО ТД «Эксмо НН», 603094, г. Нижний Новгород, ул. Карпинского, д.  
29, бизнес-парк «Грин Плаза». Тел. (831) 216-15-91 (92, 93, 94).

**В Ростове-на-Дону:** ООО «РДЦ-Ростов», пр. Стачки, 243А. Тел. (863) 220-19-34.

**В Самаре:** ООО «РДЦ-Самара», пр-т Кирова, д. 75/1, литера «Е». Тел. (846) 269-66-70.

**В Екатеринбурге:** ООО «РДЦ-Екатеринбург», ул. Прибалтийская, д. 24а.  
Тел. +7 (343) 272-72-01/02/03/04/05/06/07/08.

**В Новосибирске:** ООО «РДЦ-Новосибирск», Комбинатский пер., д. 3.  
Тел. +7 (383) 289-91-42.

E-mail: [eksmo-nsk@yandex.ru](mailto:eksmo-nsk@yandex.ru)

**В Киеве:** ООО «РДЦ Эксмо-Украина», Московский пр-т, д. 9. Тел./факс: (044) 495-79-80/81.

**В Донецке:** ул. Артема, д. 160. Тел. +38 (032) 381-81-05.

**В Харькове:** ул. Гвардейцев Железнодорожников, д. 8. Тел. +38 (057) 724-11-56.

**Во Львове:** ТП ООО «Эксмо-Запад», ул. Бузкова, д. 2. Тел./факс (032) 245-00-19.

**В Симферополе:** ООО «Эксмо-Крым», ул. Киевская, д. 153.

Тел./факс (0652) 22-90-03, 54-32-99.

**В Казахстане:** ТОО «РДЦ-Алматы», ул. Домбровскийого, д. 3а.

Тел./факс (727) 251-59-90/91. [rdc-almaty@mail.ru](mailto:rdc-almaty@mail.ru)

**Интернет-магазин ООО «Издательство «Эксмо»**

[www.fiction.eksmo.ru](http://www.fiction.eksmo.ru)

**Розничная продажа книг с доставкой по всему миру.**

Тел.: +7 (495) 745-89-14. E-mail: [imarket@eksmo-sale.ru](mailto:imarket@eksmo-sale.ru)



# ВСЬ ШКОЛЬНЫЙ КУРС В СХЕМАХ И ТАБЛИЦАХ

Вся школьная программа по химии представлена в виде структурно-логических схем и таблиц. Это позволит быстро усвоить большой объем информации и значительно сэкономить силы и время при подготовке к урокам и экзаменам.

ИЗДАНИЕ ПОДГОТОВЛЕНО В СООТВЕТСТВИИ  
С СОВРЕМЕННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ ШКОЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.



## ИЗДАНИЕ ПОМОЖЕТ:

- облегчить понимание сложных законов, понятий, определений;
- повторить изученный материал;
- обобщить и систематизировать знания;
- эффективно подготовиться к ГИА, ЕГЭ.

