

СПРАВОЧНИК
ПО ХИМИИ

Составители:

*П. И. Воскресенский, К. Я. Парменов,
Л. А. Цветков, Д. А. Эпштейн.*

Рецензенты:

Член-корреспондент Академии педагогических наук СССР
Заслуженный учитель школы РСФСР *П. А. Глориозов,*
кандидат химических наук *М. С. Стаханова.*

Справочник по химии. Для учащихся сред. школы.
С 74 М., «Просвещение», 1970.

352 с. с илл.

Изучая химию, школьники убеждаются, что курс ее очень обширен и включает много разнообразных сведений. Их трудно запомнить, но это и не нужно: по всем разделам химии есть многочисленная справочная литература. Специально для учащихся выпускается «Справочник по химии», который объединяет сведения по общей, неорганической, органической химии, химическим производствам, технике лабораторных работ и химическим профессиям.

К УЧАЩИМСЯ

При изучении химии вы знакомитесь с большим числом веществ, узнаете их физические и химические свойства, способы получения, практическое значение. Количество сведений, которое вы получаете по химии, может показаться чрезмерным. Между тем без знания их нельзя усвоить основные понятия и законы химии, проникнуть в тайны природы, практически использовать достижения химии. Однако нет надобности всегда держать в голове весь изученный фактический материал. Любой химик, где бы он ни работал, пользуется разнообразными справочниками для получения необходимых ему сведений о веществах.

Учитесь пользоваться справочниками. В дальнейшем, после окончания школы, вы не сможете без них успешно трудиться и учиться. Приучайтесь уже в школе работать рационально!

Книга составлена специально для учащихся средних школ. Чтобы найти нужные вам сведения, обратитесь к указателю, помещенному в конце книги, или к оглавлению, в котором перечислены все таблицы. Разумеется, предварительно нужно подумать, в каком разделе может находиться данная таблица.

Кроме важнейших справочных таблиц, в которых можно получить сведения о свойствах веществ, в справочнике содержатся краткие сведения о посуде, применяемой при химических работах, и о приемах проведения тех или иных операций. Это то, что Д. И. Менделеев называл «мастерством предмета» и что в настоящее время называется «техникой лабораторных работ».

Эта книга содержит лишь небольшое количество данных. Если вам понадобится более подробный материал, обращайтесь к справочникам, перечисленным на странице 350 этой книги.

Посылайте ваши пожелания об улучшении справочника по адресу: Москва, И-18, 3-й проезд Марьиной рощи, д. 41, издательство «Просвещение».

ОБЩАЯ ХИМИЯ

Таблица химических элементов

В таблице элементы расположены по алфавиту. Атомные веса даны по химической шкале, в основе которой лежит значение 16 для природного кислорода, и по новой шкале со значением 12 для массы атома изотопа углерода ^{12}C .

| Название элемента | Химический знак | Порядковый номер | Атомный вес | | Распространенность в природе ¹ в весовых % (кларках ²) |
|--------------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|---|
| | | | по кислородной шкале | по углеродной шкале | |
| Азот | N | 7 | 14,0080 | 14,0067 | 0,04 |
| Актиний | Ac | 89 | 227 | 227 | $6,1 \cdot 10^{-16}$ |
| Алюминий | Al | 13 | 26,98 | 26,9815 | 7,45 |
| Америций | Am | 95 | (243) | (243) | — |
| Аргон | Ar | 18 | 39,944 | 39,948 | $4 \cdot 10^{-4}$ |
| Астат | At | 85 | (210) | (210) | $3 \cdot 10^{-24}$ |
| Барий | Ba | 56 | 137,36 | 137,34 | 0,05 |
| Бериллий | Be | 4 | 9,013 | 9,0122 | $4 \cdot 10^{-4}$ |
| Берклий | Bk | 97 | (247) | (247) | — |
| Бор | B | 5 | 10,82 | 10,811 | 0,005 |
| Бром | Br | 35 | 79,916 | 79,909 | 0,001 |
| Ванадий | V | 23 | 50,95 | 50,942 | 0,02 |

¹ Включается атмосфера, гидросфера и земная кора на глубину 16 км.

² Распространенность элементов обычно выражают в весовых процентах, или кларках (термин введен в науку академиком А. Е. Ферсманом в честь американского ученого Кларка).

Продолжение

| Название элемента | Химический знак | Порядковый номер | Атомный вес | | Распространенность в природе в весовых % (кларках) |
|----------------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|--|
| | | | по кислородной шкале | по углеродной шкале | |
| Висмут | Bi | 83 | 209,00 | 208,980 | 1.10 ⁻⁵ |
| Водород | H | 1 | 1,0080 | 1,00797 | 1,00 |
| Вольфрам | W | 74 | 183,86 | 183,85 | 7.10 ⁻³ |
| Гадолиний | Gd | 64 | 157,26 | 157,25 | 7,5.10 ⁻⁴ |
| Галлий | Ga | 31 | 69,72 | 69,72 | 1.10 ⁻⁴ |
| Гафний | Hf | 72 | 178,50 | 178,49 | 4.10 ⁻⁴ |
| Гелий | He | 2 | 4,003 | 4,0026 | 1.10 ⁻⁶ |
| Германий | Ge | 32 | 72,60 | 72,59 | 4.10 ⁻⁴ |
| Гольмий | Ho | 67 | 164,94 | 164,930 | 1.10 ⁻⁴ |
| Диспрозий | Dy | 66 | 162,51 | 162,50 | 7,5.10 ⁻⁴ |
| Европий | Eu | 63 | 152,0 | 151,96 | 2.10 ⁻⁵ |
| Железо | Fe | 26 | 55,85 | 55,847 | 4,20 |
| Золото | Au | 79 | 197,0 | 196,967 | 5.10 ⁻⁷ |
| Индий | In | 49 | 114,82 | 114,82 | 1.10 ⁻⁵ |
| Иод | I | 53 | 126,91 | 126,9044 | 1.10 ⁻⁴ |
| Иридий | Ir | 77 | 192,2 | 192,2 | 1.10 ⁻⁶ |
| Иттербий | Yb | 70 | 173,04 | 173,04 | 8.10 ⁻⁴ |
| Иттрий | Y | 39 | 88,92 | 88,905 | 5.10 ⁻³ |
| Кадмий | Cd | 48 | 112,41 | 112,40 | 5.10 ⁻⁴ |
| Калий | K | 19 | 39,100 | 39,102 | 2,35 |
| Калифорний | Cf | 98 | (249) | (249) | — |
| Кальций | Ca | 20 | 40,08 | 40,08 | 3,25 |
| Кислород | O | 8 | 16 | 15,9994 | 49,13 |
| Кобальт | Co | 27 | 58,94 | 58,9332 | 0,002 |
| Кремний | Si | 14 | 28,09 | 28,086 | 26,0 |
| Криптон | Kr | 36 | 83,80 | 83,80 | 2.10 ⁻³ |
| Ксенон | Xe | 54 | 131,30 | 131,30 | 3.10 ⁻³ |
| Кюрий | Cm | 96 | (247) | (247) | — |
| Лантан | La | 57 | 138,92 | 138,91 | 6,5.10 ⁻⁴ |
| Литий | Li | 3 | 6,940 | 6,939 | 0,005 |
| Лоуренсий | Lw | 103 | (257) | — | — |
| Лютеций | Lu | 71 | 174,99 | 174,97 | 1,7.10 ⁻⁴ |
| Магний | Mg | 12 | 24,32 | 24,312 | 2,35 |
| Марганец | Mn | 25 | 54,94 | 54,9381 | 0,10 |
| Медь | Cu | 29 | 63,54 | 63,54 | 0,01 |

Продолжение

| Название элемента | Химический знак | Порядковый номер | Атомный вес | | Распространенность в природе в весовых % (в кларках) |
|-------------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|--|
| | | | по кислородной шкале | по углеродной шкале | |
| Менделевий | Md | 101 | (256) | (256) | — |
| Молибден | Mo | 42 | 95,95 | 95,94 | 0,001 |
| Мышьяк | As | 33 | 74,91 | 74,9216 | $5 \cdot 10^{-4}$ |
| Натрий | Na | 11 | 22,991 | 22,9898 | 2,40 |
| Неодим | Nd | 60 | 144,27 | 144,24 | $1,7 \cdot 10^{-3}$ |
| Неон | Ne | 10 | 20,183 | 20,183 | $5 \cdot 10^{-7}$ |
| Нептуний | Np | 93 | (237) | (237) | $4 \cdot 10^{-17}$ |
| Никель | Ni | 28 | 58,71 | 58,71 | 0,02 |
| Ниобий | Nb | 41 | 92,91 | 92,906 | $3,2 \cdot 10^{-5}$ |
| Нобелий | No | 102 | (255) | (255) | — |
| Олово | Sn | 50 | 118,70 | 118,69 | 0,008 |
| Осмий | Os | 76 | 190,2 | 190,2 | $5 \cdot 10^{-6}$ |
| Палладий | Pd | 46 | 106,4 | 106,4 | $5 \cdot 10^{-6}$ |
| Платина | Pt | 78 | 195,09 | 195,09 | $2 \cdot 10^{-5}$ |
| Плутоний | Pu | 94 | (242) | (242) | $2 \cdot 10^{-10}$ |
| Полоний | Po | 84 | (210) | (210) | $5 \cdot 10^{-14}$ |
| Празеодим | Pr | 59 | 140,92 | 140,907 | $4,5 \cdot 10^{-4}$ |
| Прометий | Pm | 61 | (147) | (147) | — |
| Протактиний | Pa | 91 | (231) | (231) | $7 \cdot 10^{-11}$ |
| Радий | Ra | 88 | (226) | (226) | $2 \cdot 10^{-10}$ |
| Радон | Rn | 86 | (222) | (222) | $6,2 \cdot 10^{-14}$ |
| Рений | Re | 75 | 186,22 | 186,2 | $1 \cdot 10^{-7}$ |
| Рорий | Ro | 45 | 102,91 | 102,905 | $1 \cdot 10^{-6}$ |
| Ртуть | Hg | 80 | 200,61 | 200,59 | $5 \cdot 10^{-6}$ |
| Рубидий | Rb | 37 | 85,48 | 85,47 | 0,003 |
| Рутений | Ru | 44 | 101,1 | 101,07 | $5 \cdot 10^{-6}$ |
| Самарий | Sm | 62 | 150,35 | 150,35 | $7 \cdot 10^{-4}$ |
| Свинец | Pb | 82 | 207,21 | 207,19 | 0,0016 |
| Селен | Se | 34 | 78,96 | 78,96 | $8 \cdot 10^{-5}$ |
| Сера | S | 16 | 32,066 | 32,064 | 0,10 |
| Серебро | Ag | 47 | 107,880 | 107,870 | $1 \cdot 10^{-5}$ |
| Скандий | Sc | 21 | 44,96 | 44,956 | $6 \cdot 10^{-4}$ |
| Стронций | Sr | 38 | 87,63 | 87,62 | 0,035 |
| Сурьма | Sb | 51 | 121,76 | 121,75 | $5 \cdot 10^{-5}$ |
| Таллий | Tl | 81 | 204,39 | 204,37 | $1 \cdot 10^{-6}$ |

| Название элемента | Химический знак | Порядковый номер | Атомный вес | | Распространенность в природе в весовых % (кларках) |
|----------------------|-----------------|------------------|----------------------|---------------------|--|
| | | | по кислородной шкале | по углеродной шкале | |
| Тантал | Ta | 73 | 180,95 | 180,948 | $2,4 \cdot 10^{-5}$ |
| Теллур | Te | 52 | 127,61 | 127,60 | $1 \cdot 10^{-6}$ |
| Тербий | Tb | 65 | 158,93 | 158,924 | $1 \cdot 10^{-4}$ |
| Технеций | Tc | 43 | (97) | (99) | — |
| Титан | Ti | 22 | 47,90 | 47,90 | 0,61 |
| Торий | Th | 90 | 232,05 | 232,038 | 0,001 |
| Торий | Th | 90 | 232,05 | 232,038 | $1 \cdot 10^{-4}$ |
| Тулий | Tu | 69 | 168,94 | 168,934 | 0,35 |
| Углерод | C | 6 | 12,011 | 12,01115 | $4 \cdot 10^{-4}$ |
| Уран | U | 92 | 238,07 | 238,03 | — |
| Фермий | Fm | 100 | (253) | (253) | — |
| Фосфор | P | 15 | 30,975 | 30,9738 | 0,12 |
| Франций | Fr | 87 | (223) | (223) | $1,3 \cdot 10^{-21}$ |
| Фтор | F | 9 | 19,00 | 18,9984 | 0,08 |
| Хлор | Cl | 17 | 35,457 | 35,453 | 0,20 |
| Хром | Cr | 24 | 52,01 | 51,996 | 0,03 |
| Цезий | Cs | 55 | 132,91 | 132,905 | 0,001 |
| Церий | Ce | 58 | 140,13 | 140,12 | $2,9 \cdot 10^{-3}$ |
| Цинк | Zn | 30 | 65,38 | 65,37 | 0,02 |
| Цирконий | Zr | 40 | 91,22 | 91,22 | 0,025 |
| Эйнштейний | Es | 99 | (254) | (254) | — |
| Эрбий | Er | 68 | 167,27 | 167,26 | $6,5 \cdot 10^{-4}$ |

Содержание элементов во вселенной
(приближенный состав)

| Атомный номер | Элемент | Состав вселенной, вес. % |
|--------------------|---------|--------------------------|
| 1 | H | 75 |
| 2 | He | 24 |
| Остальные элементы | — | 1 |

Выдающиеся химики мира

| | Даты жизни | Страна | Важнейшие работы и открытия в области химии |
|-------------------------------|------------|---------|--|
| Авогадро Амедео | 1776—1856 | Италия | Закон Авогадро (см. стр. 43) |
| Аррениус Сванте | 1859—1927 | Швеция | Теория электролитической диссоциации |
| Бах Алексей Николаевич | 1857—1946 | СССР | Теория перекисных соединений. Ферментативная химия |
| Бекетов Николай Николаевич | 1827—1911 | Россия | Ряд активности металлов. Основы аллюминотермии |
| Бертло Марселен | 1827—1907 | Франция | Синтезы органических соединений |
| Бертолле Клод Луи | 1748—1822 | Франция | Условия течения химических реакций. Исследования газов. Бертолетова соль |
| Берцелиус Иенс Якоб | 1779—1848 | Швеция | Определение атомных весов элементов. Введение буквенных обозначений для химических элементов |
| Блэк Джо- зеф | 1728—1799 | Англия | Открытие двуокиси углерода |

| | Даты жизни | Страна | Важнейшие работы и открытия в области химии |
|-------------------------------------|------------|--------------|---|
| Бойль Роберт | 1627—1691 | Англия | Установление понятия о химическом элементе. Зависимость объемов газов от давления |
| Бор Нильс | 1885—1962 | Дания | Теория строения атома |
| Бородин Александр Порфирьевич | 1833—1887 | Россия | Работы в области органической химии (бромирование кислот) |
| Браунер Богуслав | 1855—1935 | Чехословакия | Укрепление периодического закона, исследование элементов редких земель |
| Буссенго Жан Багист | 1802—1887 | Франция | Работы в области агрономической химии; один из ее основателей |
| Бутлеров Александр Михайлович | 1828—1886 | Россия | Структурная теория химического строения органических соединений |
| Вант-Гофф Якоб Гендрик | 1852—1911 | Голландия | Исследование растворов; один из основателей физической химии и стереохимии |

| | Даты жизни | Страна | Важнейшие работы и открытия в области химии |
|-----------------------------------|------------|----------|---|
| Вёлер Фридрих | 1800—1882 | Германия | Первый синтез органического вещества из неорганического. Выделение алюминия |
| Вернадский Владимир Иванович | 1863—1945 | СССР | Создание новых направлений в науке о Земле — геохимии и биогеохимии |
| Виноградов Александр Павлович | 1895 | СССР | Работы по геохимии; распределение химических элементов в земной коре |
| Виноградский Сергей Николаевич | 1856—1953 | СССР | Работы по микробиологии почвы; открытие азотусваивающих бактерий |
| Воскресенский Александр Абрамович | 1809—1880 | Россия | Работы в области органической химии: установление формулы нафталина, состава хиновой кислоты, открытие хинона, теобромина |
| Вюрц Шарль Адольф | 1817—1884 | Франция | Реакция Вюрца: синтез углеводов действием натрия на их галогенопроизводные |

| | Даты жизни | Страна | Важнейшие работы и открытия в области химии |
|-------------------------|------------|----------|--|
| Габер Фриц | 1868—1934 | Германия | Синтез аммиака |
| Гей-Люссак Жозеф | 1778—1850 | Франция | Газовые законы; исследование бескислородных кислот; технология серной кислоты |
| Гесс Герман Иванович | 1802—1850 | Россия | Открытие основного закона термохимии. Разработка русской химической номенклатуры. Анализ минералов |
| Дальтон Джон | 1766—1844 | Англия | Закон кратных отношений. Введение химических знаков и формул. Обоснование атомной теории |
| Деву Гемфри | 1778—1829 | Англия | Выделение электролизом щелочных и щелочноземельных металлов K, Na, Mg, Ca, Sr, Ba. Доказательство элементарности хлора; водородная теория кислот |
| Жолио-Кюри Ирен | 1897—1956 | Франция | Открытие явления искусственной радиоактивности. В работах принимал участие Фредерик Жолио-Кюри |
| Жолио-Кюри Фредерик | 1900—1958 | Франция | Искусственная радиоактивность. Первый атомный котел во Франции |

| | Даты жизни | Страна | Важнейшие работы и открытия в области химии |
|--------------------------------------|------------|--------|---|
| Зелинский Николай Дми- триевич | 1861—1953 | СССР | Работы по катализу, синтетическому каучуку и моторному топливу. Первый противогаз |
| Зинин Нико- лай Николае- вич | 1812—1880 | Россия | Изучение нитросоединений; реакция восстановления нитробензола в анилин — основной полупродукт анилиноокрасочной промышленности |
| Каблуков Иван Алексе- евич | 1857—1942 | СССР | Исследования в области электропроводности растворов, термохимии и других вопросов физической химии |
| Кавендиш Генри | 1731—1810 | Англия | Открытие водорода. Синтез окислов азота. Установление состава воды |
| Канницаро Станислао | 1826—1910 | Италия | Точная формулировка основных понятий химии: атом, молекула, эквивалент. Установление правильных атомных весов некоторых элементов |

| | Даты жизни | Страна | Важнейшие работы и открытия в области химии |
|----------------------------|------------|------------------------|---|
| Клаус Карл Карлович | 1796—1864 | Россия | Исследование платиновых элементов. Открытие рутения |
| Курнаков Николай Семенович | 1860—1941 | СССР | Создание важного раздела химии — физико-химического анализа и разработка его применительно к технологии получения солей, удобрений и цветных металлов |
| Кучеров Михаил Григорьевич | 1850—1911 | Россия | Реакция Кучерова: присоединение воды к углеводородам ацетиленового ряда в присутствии ртутных солей |
| Кюри Пьер | 1859—1906 | Франция | Открытие пьезоэлектричества. Работы по исследованию радиоактивности |
| Кюри-Склодовская Мария | 1867—1934 | Франция, родина Польша | Открытие полония и радия; изучение свойств радиоактивных веществ. Выделение металлического радия |
| Лавуазье Антуан Лоран | 1743—1794 | Франция | Основание научной химии, установление кислородной теории горения, природы воды. |

| | Даты жизни | Страна | Важнейшие работы и открытия в области химии |
|-----------------------------|------------|----------|--|
| Лебедев Сергей Васильевич | 1874—1934 | СССР | Создание учебника химии на основе новых взглядов Разработка метода получения искусственного каучука из спирта (полимеризацией дивинила в каучукообразный продукт) |
| Ле Шателье Луи Анри | 1850—1936 | Франция | Общий закон смещения равновесия в зависимости от внешних условий (принцип Ле Шателье) |
| Либих Юстус | 1803—1873 | Германия | Открытие явления изомерии. Химическая теория брожения. Работы в области агрохимии: теория минерального питания растений |
| Ловиц Товий Егорович | 1757—1804 | Россия | Открытие адсорбционных свойств угля ледяной уксусной кислоты, охлаждающих смесей, выделение глюкозы из меда и другие работы |
| Ломоносов Михаил Васильевич | 1711—1765 | Россия | Закон сохранения массы веществ. Применение количественных методов в химии, газ- |

| | Даты жизни | Страна | Важнейшие работы и открытия в области химии |
|------------------------------------|------------|---------|--|
| Марковников Владимир Васильевич | 1838—1904 | Россия | <p>Витие основных положений кинетической теории газов. Основание первой русской химической лаборатории. Составление руководства по металлургии и горному делу. Создание мозаичного производства</p> <p>Правило Марковникова по реакциям замещения, отщепления и присоединения в органических соединениях</p> |
| Менделеев Дмитрий Иванович | 1834—1907 | Россия | <p>Периодический закон и периодическая система химических элементов (1869). Гидратная теория растворов. Создание учебника «Основы химии». Исследование газов, открытие критической температуры и др.</p> |
| Муассан Анри | 1852—1907 | Франция | <p>Получение фтора в свободном виде. Изобретение электрической печи накаливания; получение карбидов</p> |

| | Даты жизни | Страна | Важнейшие работы и открытия в области химии |
|--|------------|----------|--|
| Оствальд Вильгельм | 1853—1932 | Германия | Изучение электропроводности водных растворов. Работы в области физической химии, обобщившие идеи Аррениуса и Вант-Гоффа |
| Парацельс Филипп Ауреол Теофраст Бом- баст фон Го- генгейм | 1493—1541 | Германия | Основание медицин- ской химии (ятрохимии) |
| Перкин Уильям Генри | 1838—1907 | Англия | Получение мовеина — одного из первых орга- нических красителей |
| Писаржев- ский Лев Вла- димирович | 1874—1938 | СССР | Изучение перекисей. Работы по электронной теории химии |
| Пристли Джозеф | 1733—1804 | Англия | Открытие и исследо- вание кислорода, хло- ристого водорода, ам- миака, окиси углерода, окиси азота и других газов |
| Прянишни- ков Дмитрий Николаевич | 1865—1948 | СССР | Исследования в об- ласти агрохимии: во- просы азотного и фос- форного питания рас- тений и обмена веществ в них |

| | Даты жизни | Страна | Важнейшие работы и открытия в области химии |
|---------------------------------|------------|--------|---|
| Рамзай Уильям | 1852—1916 | Англия | Открытие группы инертных газов |
| Резерфорд Эрнест | 1871—1937 | Англия | Планетарная теория строения атома. Доказательство самопроизвольного радиоактивного распада с выделением α -, β - и γ -лучей |
| Семенов Николай Николаевич | 1896 | СССР | Разработка теории цепных реакций, явлений горения и взрывов |
| Содди Фредерик | 1877—1956 | Англия | Теория радиоактивного распада и превращения элементов. Правило смещения (правило Содди и Фаянса) |
| Фаворский Алексей Евграфович | 1860—1945 | СССР | Исследование изомерных превращений углеводов. Исследование изопрена |
| Фарадей Майкл | 1791—1867 | Англия | Получение сжиженных газов. Открытие бензола, бутилена. Открытие электромагнитной индукции и закон электролиза |

| | Даты жизни | Страна | Важнейшие работы и открытия в области химии |
|-----------------------------|------------|-------------------------------------|---|
| Ферми Энрико | 1901—1954 | Италия, в 1939 г. эмигрировал в США | Впервые на практике осуществлена ядерная цепная реакция. Первый атомный реактор. Экспериментальные и теоретические открытия в области нейтронной физики |
| Ферман Александр Евгеньевич | 1883—1945 | СССР | Работы по геохимии. Исследование месторождения полезных ископаемых Кольского полуострова и Средней Азии |
| Фишер Эмиль | 1852—1919 | Германия | Исследования сахаров, ферментов, процессов брожения, строения белков и путей их синтеза |
| Хлопин Виталий Григорьевич | 1890—1950 | СССР | Исследования по химии платины соединений металлов платиновой группы, а также радиоактивных элементов |
| Чугаев Лев Александрович | 1873—1922 | СССР | Исследования терпенов, камфары, комплексных соединений. Работы в области аналитической химии органических соединений |

| | Даты жизни | Страна | Важнейшие работы и открытия в области химии |
|--------------------------|------------|---------------------------------------|---|
| Шеврель Мишель | 1786—1889 | Франция | Исследование жиров. Открытие масляной, олеиновой, стеариновой, капроновой и других кислот |
| Шееле Карл Вильгельм | 1742—1786 | Швеция | Открытие кислорода, марганца в пиролюзите. Получение синильной кислоты, глицерина, шавелевой кислоты; исследование сероводорода |
| Шенбейн Христиан Фридрих | 1799—1868 | Германия | Открытие озона, пироксилина, коллодия |
| Шорлеммер Карл | 1834—1892 | Германия | Исследования предельных углеводов, продуктов перегонки нефти и каменного угля |
| Эйнштейн Альберт | 1879—1955 | Германия, в 1933 г. эмигрировал в США | Квантовая теория света. Теория относительности и следствие из нее — взаимосвязь массы и энергии |
| Якоби Борис Семенович | 1801—1874 | Россия | Открытие гальванопластики и внедрение ее в практику типографского и монетного дела |

Хронология открытия химических элементов

| Название элемента | | Значение слова | Время открытия | Кем открыт элемент | Каким методом или в связи с каким исследованием |
|-------------------|---------------|--|--|--|---|
| русское | международное | | | | |
| Медь | Cuprum | От латинского названия острова Кипра, богатого медью | Эти элементы открыты в разное время в глубокой древности. | Элементы открыты разными народами и часто независимо друг от друга | |
| Золото | Aurum | Утренняя заря (лат.) | Точных дат установить невозможно. | | |
| Серебро | Argentum | Светлый, белый (лат.) | | | |
| Олово | Stannum | Стойкий (греч.) | Время открытия — 6—2 тыс. лет до н. э. | | |
| Свинец | Plumbum | Звукоподражание «пломб» (лат.) | | | |
| Железо | Ferrum | Крепость (лат.) | Сера, углерод, цинк, сурьма и мышьяк известны с глубокой древности | | |
| Ртуть | Hydrargyrum | Жидкое серебро (лат.) | | | |
| Сера | Sulfur | Светло-желтый (лат.) | Маркграф Василий Валентин | | |
| Углерод | Carboneum | От латинского названия угля | | | |
| Цинк | Zincum | Белый налет (лат.) | | | |
| Сурьма | Stibium | Метка (лат.) | | | |
| Мышьяк | Arsenicum | Сильный (греч.). Яд для мышей (русск.) | | | |

| Название элемента | | Значение слова | Время открытия | Кем открыт элемент | Каким методом или в связи с каким исследованием |
|-------------------|---------------|--|------------------------|--|---|
| русское | международное | | | | |
| ✓ Висмут | Bismuthum | Белое вещество (нем.) | 1529 | Агрикола. Клапрот (выделил) | |
| ✓ Кобальт | Cobaltum | От сканд. названия злых духов | 1735 | Георг Г. Брандт | |
| ✓ Никель | Niccolum | Негодный (нем.) | 1751 | А. Кронштедт, Рихтер выделил чистый никель в 1804 г. | |
| ✓ Фосфор | Phosphorus | Светоносный (греч.) | 1669 | Г. Бранд | |
| ✓ Водород | Hydrogenium | Рождающий воду (лат.) | Первая половина XVI в. | Г. Парцельс | Элементы открыты в связи с работами по вопросам горения |
| ✓ Кислород | Oxygenium | Рождающий кислоту (лат.) | 1771 | К. Шееле, выделил Пристли в 1774 г. | |
| ✓ Азот | Nitrogenium | Порождающий селитру (греч.). Нежизненный (лат.) | 1772 | Д. Резерфорд К. Шееле | |
| ✓ Хлор | Chlorum | Желто-зеленый (греч.) | 1774 | | |

| Название элемента | | Значение слова | Время открытия | Кем открыт элемент | Каким методом или в связи с каким исследованием |
|-------------------|---------------|---|-----------------------|---|---|
| русское | международное | | | | |
| Хром | Chromium | Краска (греч.) | 1797 | Н. Воклен, Клапрот | Открыты в результате поисков нового сырья для развивающейся металлургической промышленности |
| Марганец | Manganum | От греческого названия пиролюзита | 1774 1774 | К. Шееле, И. Г. Гав | |
| Вольфрам | Wolfram | Волчья пена (нем.) | 1781 1783— 1784 | К. Шееле, братья д'Эльгуар | |
| Молибден | Molybdaenum | Черный минерал (греч.) | 1781 | П. Гьельм | |
| Уран | Uranium | От названия планеты Уран | 1789 | М. Клапрот, Е. Пелиго выделил в чистом виде в 1841 г. | |
| Теллур | Tellurium | От латинского названия Земли | 1782 | Мюллер Берцелиус | |
| Селен | Selenium | От греческого названия Луны | 1817 | | |
| Ниобий | Niobium | Ниобея — дочь Тантала (греч. мифология) | 1801, 1844 | Н. Гэтчет, Г. Розе | |

| Название элемента | | Значение слова | Время открытия | Кем открыт элемент | Каким методом или в связи с каким исследованием |
|-------------------|---------------|--|----------------|-------------------------|--|
| русское | международное | | | | |
| ✓ Торий | Thorium | От имени Тора—божества скандинавской мифологии | 1828 | И. Берцелиус | ных свойств вновь открытых металлов натрия и калия |
| ✓ Кремний | Silicium | От латинского названия кремня | 1811 | Ж. Гей-Люссак, Л. Генар | |
| ✓ Бериллий | Beryllium | Сладкий (греч.) | 1797 | Н. Воклен | Методом спектрального анализа |
| ✓ Цирконий | Zirconium | Золотистый(арабск.) | 1824 | И. Берцелиус | |
| ✓ Титан | Titanium | От имени героя греческой мифологии Титана | 1789 | М. Греггор | |
| ✓ Алюминий | Aluminium | Квасцы (лат.) | 1827 | Ф. Веллер | |
| ✓ Фтор | Fluorum | Разрушающий (греч.) | 1836 | А. Муассан | |
| ✓ Цезий | Cesium | По голубым линиям в спектре | 1860 | Р. Бунзен | |
| ✓ Рубидий | Rubidium | По красным линиям в спектре | 1861 | Р. Бунзен | |
| ✓ Таллий | Thallium | По зеленым линиям в спектре | 1861 | В. Крукс | |
| ✓ Индий | Indium | По синим (индиговым) спектральным линиям | 1863 | Ф. Рейх и В. Рихтер | |

| Название элемента | | Значение слова | Время открытия | Кем открыт элемент | Каким методом или в связи с каким исследованием |
|-------------------|---------------|-------------------------------|----------------|--|--|
| русское | международное | | | | |
| Лантан | Lanthanum | Спрятанный (греч.) | 1839 | К. Мозандер | В результате начала работ по исследованию редких минералов Элементы были предсказаны Д. И. Менделеевым: эка-алюминий, экабор и экасилиций Методом спектрального анализа и применения периодического закона |
| Церий | Cerium | От имени планеты Цереры | 1814 | И. Берцелиус | |
| Иттрий | Yttrium | Местечко Игтерби (Швеция) | 1794 | И. Гадолин | |
| Тербий | Terbium | Вторая половина слова Иттерби | 1834 | К. Мозандер | |
| Галлий | Gallium | От древнего названия Франции | 1875 | Лекок де Буабодран | |
| Скандий | Scandium | От названия Скандинавии | 1879 | Л. Нильсон | |
| Германий | Germanium | От названия Германии | 1886 | К. Винклер | |
| Аргон | Argon | Ленивый (греч.) | 1894 | В. Рамзай, Д. Релей | |
| Гелий | Helium | Солнечный (греч.) | 1868 | Ж. Жансен, Франк-ланд (на Солнце), Рамзай (на Земле) | |
| | | | 1895 | | |

| Название элемента | | Значение слова | Время открытия | Кем открыт элемент | Каким методом или в связи с каким исследованием |
|-------------------|---------------|---------------------------------|----------------|------------------------|---|
| русское | международное | | | | |
| Криптон | Krypton | Скрытый (греч.) | 1898 | В. Рамзай и М. Траверс | |
| Неон | Neon | Новый (греч.) | 1898 | В. Рамзай и М. Траверс | |
| Ксенон | Xenon | Чуждый (греч.) | 1898 | В. Рамзай и М. Траверс | |
| Гадолиний | Gadolinium | В честь химика Гадолина | 1880 | Ж. Мариньяк | Открытие новых элементов обусловлено исследованием редкоземельных минералов. Изучение началось в XVIII в. В изучении их принимал большое участие химик Богуслав Браунер. Работа по выделению элементов была сопряжена с большими трудностями. |
| Самарий | Samarium | От названия минерала самарскита | 1879 | Лекок де Буабодран | |
| Европий | Europium | От названия материка Европа | 1901 | Е. Демарсей | |
| Празеодим | Praseodymium | Зеленый двойник (греч.) | 1885 | К. Ауэр фон Вельсбах | |
| Неодим | Neodymium | Новый близнец (греч.) | 1885 | К. Ауэр фон Вельсбах | |
| Эрбий | Erbium | От местечка Итерби | 1834 | К. Мозандер | |
| Иттербий | Ytterbium | То же | 1879 | Ж. Мариньяк | |

| Название элемента | | Значение слова | Время открытия | Кем открыт элемент | Каким методом или в связи с каким исследованием | |
|-------------------|---------------|-----------------------------------|----------------|-----------------------|--|-------------------------------|
| русское | международное | | | | | |
| Лютеций | Lutetium | От древнего названия Парижа | 1907 | К. Ауэр фон Вельсбах | ми в силу особенности строения их атомов | |
| Тулий | Thulium | От древнего названия Норвегии | 1879 | П. Клеве | | |
| Гольмий | Holmium | От латинского названия Стокгольма | 1879 | П. Клеве | Элементы открыты после обнаружения Беккерелем явлений радиоактивности и тщательных поисков радиоактивных элементов | |
| Диспрозий | Dysprosium | Труднодоступный (греч.) | 1886 | Лекок де Буабодран | | |
| Полоний | Polonium | От латинского названия Польши | 1898 | М. и П. Кюри | | |
| Радий | Radium | Лучистый | 1898 | М. и П. Кюри | | |
| Актиний | Actinium | Луч (греч.) | 1899 | А. Дебьерн | | |
| Протактиний | Protactinium | Предшествующий актинию | 1917 | О. Ган и Л. Мейтнер | | |
| Радон | Radon | Происходящий от радия | 1900 | Э. Резерфорд | | |
| Гафний | Hafnium | От древнего названия Копенгагена | 1923 | Д. Костер и Г. Хевеши | | |
| Рений | Rhenium | От названия Рейнской провинции | 1925 | В. и И. Ноддак | | Элементы были открыты в итоге |

| Название элемента | | Значение слова | Время открытия | Кем открыт элемент | Каким методом или в связи с каким исследованием | |
|-------------------|---------------|---|----------------|---------------------------------|---|--|
| русское | международное | | | | | |
| ✓ Технеций | Technetium | Искусственный | 1937 | Э. Серге и К. Перье | тщательных поисков «недостающих» элементов в периодической системе. Тс, At, Рm и Fr получены при применении ядерных реакций | |
| ✓ Астат | Astat | Нестойкий | 1940 | Э. Серге, Д. Корсен, К. Макензи | | |
| ✓ Прометий | Promethium | От имени героя греческой мифологии Прометея | 1946 | Д. Маринский, Л. Гленденин | | |
| ✓ Франций | Francium | От названия Франции | 1939 | М. Пере | | |
| ✓ Нептуний | Neptunium | От планеты Нептун | 1940 | Э. Макмиллан, Ф. Абельсон | | Получены искусственно при изучении ядерных реакций |
| ✓ Плутоний | Plutonium | От планеты Плутона | 1940 | Г. Сиборг и его сотрудники | | |
| ✓ Америций | Americium | От названия Америки | 1945 | Г. Сиборг и его сотрудники | | |
| ✓ Кюрий | Curium | В честь М. и П. Кюри | 1944 | Г. Сиборг и его сотрудники | | |
| ✓ Берклий | Berkelium | По городу Беркли | 1949 | С. Томсон, Г. Сиборг, А. Гварсо | | |

| Название элемента | | Значение слова | Время открытия | Кем открыт элемент | Каким методом или в связи с каким исследованием |
|--|---------------|---------------------------|----------------|--|---|
| русское | международное | | | | |
| Калифорний | Californium | По итату Калифорния (США) | 1950 | Г. Сиборг с сотрудниками | Этот и все последующие были получены ядерными реакциями |
| Эйнштейний | Einsteinium | В честь А. Эйнштейна | 1952 | Г. Сиборг, А. Гиорсо и др. | |
| Фермий | Fermium | В честь Э. Ферми | 1953 | Г. Сиборг, А. Гиорсо и др. | |
| Менделевий | Mendelevium | В честь Д. И. Менделеева | 1955 | Г. Сиборг и др. | |
| (Нобелий) (Название оспаривается, так как не подтвердилось открытие элемента Нобелевским институтом физики) | (Nobelium) | | — | Г. Н. Флеровым и группой ученых Калифорнийского университета | |
| Лоуренсий | — | В честь Э. Лоуренса | 1961 | Сотрудники Калифорнийского университета | |
| Курчатовий | — | В честь И. В. Курчатова | 1964 | Г. Н. Флеров с сотрудниками в Дубне | |

Атомно-молекулярное учение

Вещества имеют сложное строение. Это подтверждается такими явлениями: 1) расширением и сжатием тел при изменении температуры, 2) переходом веществ из одного агрегатного состояния в другое, 3) сжимаемостью твердых, жидких и особенно газообразных тел при увеличении давления, 4) диффузией, 5) растворением и т. п.

Представление о сложности (дискретности) вещества — атомистическая гипотеза — возникло еще в древности. Труды Ломоносова, Бойля, Дальтона, Канниццаро, Авогадро, Гей-Люссака, Жерара и других химиков создана атомно-молекулярная теория.

Молекула — наименьшая частица простого или сложного вещества, обладающая его основными химическими свойствами и состоящая из одинаковых или разных связанных между собой атомов.

Атом — мельчайшая частица, представляющая собой наименьшее количество химического элемента.

Долгое время атом считался неделимой частицей химического элемента (греч. слово *átomos* обозначает неделимый). Установлено, что атом имеет сложную структуру (см. стр. 52—69).

Размеры и масса атомов и молекул

Радиусы атомов и молекул выражаются очень малыми величинами, порядка стомиллионных долей сантиметра, и обычно измеряются в ангстремах. 1 \AA равен 10^{-8} см .

Радиус атома водорода равен $0,53 \cdot 10^{-8} \text{ см}$, что равно $0,53 \text{ \AA}$.

Радиус молекулы CO_2 равен $1,66 \cdot 10^{-8} \text{ см}$, что равно $1,66 \text{ \AA}$.

Диаметр молекулы N_2 равен $3,1 \cdot 10^{-8}$ см, а это равно 3,1 Å.

Длина молекулы натурального каучука равна 20 000 Å.

Масса атома водорода равна $1,66 \cdot 10^{-24}$ г.

Масса молекулы кислорода равна $53,12 \cdot 10^{-24}$ г.

1 г водорода содержит около $6,02 \cdot 10^{23}$ атомов.

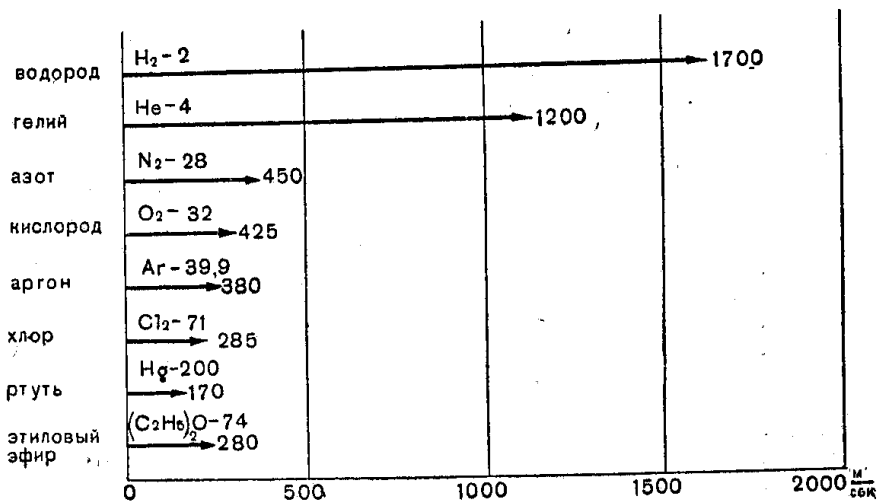


Рис. 1. Скорость движения молекул газобразных веществ (при $0^\circ C$).

Чем больше масса молекул газа, тем ниже средняя скорость их движения; средние скорости молекул газобразных веществ обратно пропорциональны квадратным корням из чисел, выражающих их массы:

$$v_1 : v_2 = \sqrt{m_2} : \sqrt{m_1}.$$

Скорость движения молекул зависит от температуры: чем выше температура данного газа, тем больше сред-

няя скорость движения его молекул. Эта зависимость выражается следующим уравнением:

$$v_1 : v_2 = \sqrt{T_1} : \sqrt{T_2},$$

где T — абсолютная температура.

Важнейшие валентности некоторых элементов

| Металлы | | | Неметаллы | | |
|--------------------------|------------------|-------------|-------------|------------------|-------------|
| элементы | химические знаки | валентность | элементы | химические знаки | валентность |
| Натрий . . | Na | 1 | Фтор . . | F | 1 |
| Калий . . | K | 1 | Хлор . . | Cl | 1 |
| Водород ¹ . . | H | 1 | Бром . . | Br | 1 |
| Серебро . . | Ag | 1 | Иод . . | I | 1 |
| Барий . . | Ba | 2 | Кислород | O | 2 |
| Кальций . . | Ca | 2 | Сера . . | S | 2,4,6 |
| Магний . . | Mg | 2 | Азот . . | N | 3,5 |
| Цинк . . | Zn | 2 | Фосфор . . | P | 3,5 |
| Свинец . . | Pb | 2,4 | Углерод . . | C | 4 |
| Алюминий | Al | 3 | Кремний . . | Si | 4 |
| Ртуть . . | Hg | 1,2 | | | |
| Железо . . | Fe | 2,3 | | | |
| Олово . . | Sn | 2,4 | | | |

Вывод химической формулы вещества по данным анализа

Для составления формулы вещества на основании данных анализа следует разделить числа, выражающие процентное содержание элементов, на их атомные веса. Отношение полученных чисел равно отношению числа атомов химических элементов в молекуле соединения.

¹ Водород проявляет в некоторых соединениях и неметаллические свойства.

Примеры. 1. Дан состав азотной кислоты:

H—1,59%; N—22,22%; O—76,19%.

| | | | |
|---|------|------|------|
| Атомные веса | H—1 | N—14 | O—16 |
| Частные отделения процентного состава на атомные веса | 1,59 | 1,59 | 4,76 |
| Отношение чисел предыдущего ряда | 1 | : 1 | : 3 |

Формула азотной кислоты— HNO_3 .

2. Дан состав соды:

Na—43,4%; C—11,3%; O—45,3%.

| | | | |
|--|-------|------|------|
| Атомные веса | Na—23 | C—12 | O—16 |
| Частные от деления | 1,89 | 0,94 | 1,83 |
| Отношение в округленных числах | 2 | : 1 | : 3 |

Формула соды— Na_2CO_3 .

Вычисление состава веществ по их формулам

Количественный состав вещества чаще всего выражают содержанием в нем каждого элемента в процентах.

Пример. Вычислить процентный состав Na_2SO_4 .
Молекулярный вес вещества — 142,05.

Вес двух атомов натрия в молекуле соли — 46,0.

Вес атома серы — 32.

Вес четырех атомов кислорода — 64.

| | |
|--|--|
| Содержание натрия в сернокислом натрии | $\frac{46 \cdot 100}{142,05} = 32,4$ (%) |
| » серы | $\frac{32 \cdot 100}{142,05} = 22,5$ (%) |
| » кислорода | $\frac{64 \cdot 100}{142,05} = 45,1$ (%) |

Составление химических уравнений

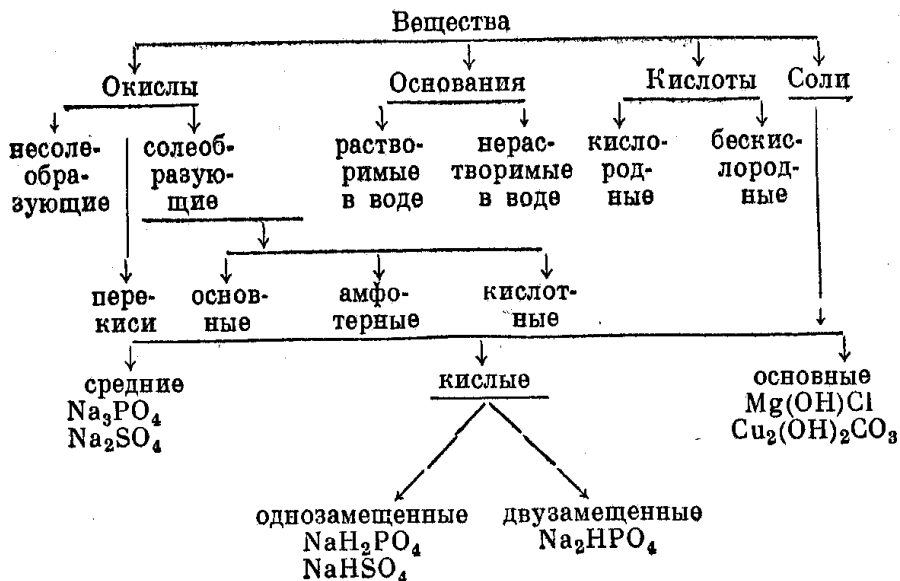
Чтобы составить химическое уравнение, необходимо:

- 1) знать, какие вещества вступают в реакцию и какие вещества получаются после реакции;
- 2) знать формулы этих веществ;
- 3) записать формулы исходных веществ слева и между ними — знак плюс; поставить черту; справа от нее написать формулы полученных веществ и между ними — знак плюс;
- 4) вычислить коэффициенты, чтобы число атомов каждого элемента левой части было равно числу атомов элементов правой части уравнения;
- 5) написать коэффициенты и заменить черту знаком равенства.

Виды химических реакций

| Реакции | Общая схема | Примеры реакций |
|---|----------------------------|--|
| Соединения | $A + B = AB$ | $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ $CaO + CO_2 = CaCO_3$ $H_2O + SO_3 = H_2SO_4$ |
| Разложения | $AB = A + B$ | $2H_2O = 2H_2 + O_2$ $CaCO_3 = CaO + CO_2$ $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$ |
| Замещения | $AB + C = AC + B$ | $Zn + CuSO_4 = ZnSO_4 + Cu$ $2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$ $2NaBr + Cl_2 = 2NaCl + Br_2$ |
| Обмена (об- менного раз- ложения) | $AB + CD =$ $= AD + BC$ | $CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$ $BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HCl$ $NaCl + AgNO_3 = AgCl +$ $+ NaNO_3$ |

Классификация сложных веществ



Виды окислов

А. Солеобразующие:

1. *Кислотные окислы* — окислы неметаллов и окислы некоторых металлов, например CrO_3 , Mn_2O_7 . Многие из них непосредственно соединяются с водой, образуя кислоты. Кислотные окислы называют также ангидридами.

2. *Основные окислы* — окислы металлов. При непосредственном соединении с водой некоторые из них образуют растворимые основания (щелочи). Большинство оснований можно получить действием щелочей на соли соответствующих металлов.

3. *Амфотерные окислы* — окислы, обладающие свойствами и ангидридов кислот и основных окислов.

Б. Н е с о л е о б р а з у ю щ и е о к и с л ы — не образующие гидратов, например NO , CO .

В. П е р е к и с и — окислы, в которых атомы кислорода связаны не только с другим элементом, но и между собой, например перекись бария BaO_2 , или $\text{Ba} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{array}$,

перекись водорода H_2O_2 , или $\text{H}-\text{O}-\text{O}-\text{H}$. Для перекисей характерно присутствие так называемой пероксидной группы $-\text{O}-\text{O}-$.

Когда элемент дает несколько ангидридов, то их названия, как и названия соответствующих кислот, различают суффиксами, например азот-н-ый ангидрид N_2O_5 , азот-ист-ый ангидрид N_2O_3 .

Когда металл образует с кислородом только один окисел, его всегда называют окисью, например окись кальция CaO , окись алюминия Al_2O_3 . Если металл образует с кислородом два окисла, то содержащий больше кислорода (высший окисел) называют окисью; содержащий меньше кислорода (низший окисел) — закисью, например окись железа Fe_2O_3 и закись железа FeO , окись меди CuO и закись меди Cu_2O .

Термин «окись» применяется и для некоторых несолеобразующих окислов неметаллов: окись углерода CO , окись азота NO .

Важнейшие кислоты

| Название кислоты | Формула | | Кислотный остаток |
|------------------|----------------|--|-------------------|
| | эмпирическая | структурная | |
| Соляная . . . | HCl | $\text{H}-\text{Cl}$ | $-\text{Cl}$ |
| Азотная | HNO_3 | $\text{H}-\text{O}-\text{N} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{array}$ | $-\text{NO}_3$ |

| Название кислоты | Формула | | Кислотный остаток |
|-------------------------|--------------|--|---|
| | эмпирическая | структурная | |
| Угльная | H_2CO_3 | $\begin{array}{l} H-O \\ \\ C=O \\ \\ H-O \end{array}$ | $-HCO_3$ $=CO_3$ |
| Сернистая | H_2SO_3 | $\begin{array}{l} H-O \\ \\ S=O \\ \\ H-O \end{array}$ | $-HSO_3$ $=SO_3$ |
| Серная | H_2SO_4 | $\begin{array}{l} H-O \\ \\ S=O \\ // \\ O \\ \\ H-O \end{array}$ | $-HSO_4$ $=SO_4$ |
| Ортофосфорная | H_3PO_4 | $\begin{array}{l} H-O \\ \\ H-O \\ \\ P=O \\ \\ H-O \end{array}$ | $-H_2PO_4$ $=HPO_4$ $\equiv PO_4$ |
| Хлорная | $HClO_4$ | $\begin{array}{l} // \\ O \\ H-O-Cl=O \\ // \\ O \end{array}$ | $-ClO_4$ |

Важнейшие основания

| Название основания | Формула | Оксид, соответствующий основанию |
|---|------------|----------------------------------|
| Едкий натр (гидроксид натрия) | NaOH | Na_2O — оксид натрия |
| Едкое кали (гидроксид калия) | KOH | K_2O — оксид калия |
| Гашеная известь (гидроксид кальция) | $Ca(OH)_2$ | CaO — оксид кальция |
| Едкий барит (гидроксид бария) | $Ba(OH)_2$ | BaO — оксид бария |

| Название основания | Формула | Окисел, соответствующий основанию |
|---|--|--|
| Едкий аммоний (гидроокись аммония) Гидроокись алюминия | NH_4OH $\text{Al}(\text{OH})_3$ | Al_2O_3 — окись алюминия |

Номенклатура кислот и средних солей

| Название кислоты | Формула кислоты | Название соли | |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | | русская номенклатура солей | международная номенклатура |
| Азотистая | HNO_2 | Азотистокислые | Нитриты |
| Азотная | HNO_3 | Азотнокислые | Нитраты |
| Борная | H_3BO_3 | Борнокислые | Бораты |
| Бромистоводородная | HBr | Бромистые | Бромиды |
| Двухромовая | $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ | Двухромовокислые | Бихроматы |
| Иодистоводородная | HI | Иодистые | Иодиды |
| Кремниевая | H_2SiO_3 | Кремнекислые (метакремневые) | Силикаты (метасиликаты) |
| Марганцовая | HMnO_4 | Марганцовокислые | Перманганаты |
| Серная | H_2SO_4 | Сернокислые | Сульфаты |
| Сернистая | H_2SO_3 | Сернистокислые | Сульфиты |
| Сероводородная | H_2S | Сернистые | Сульфиды |

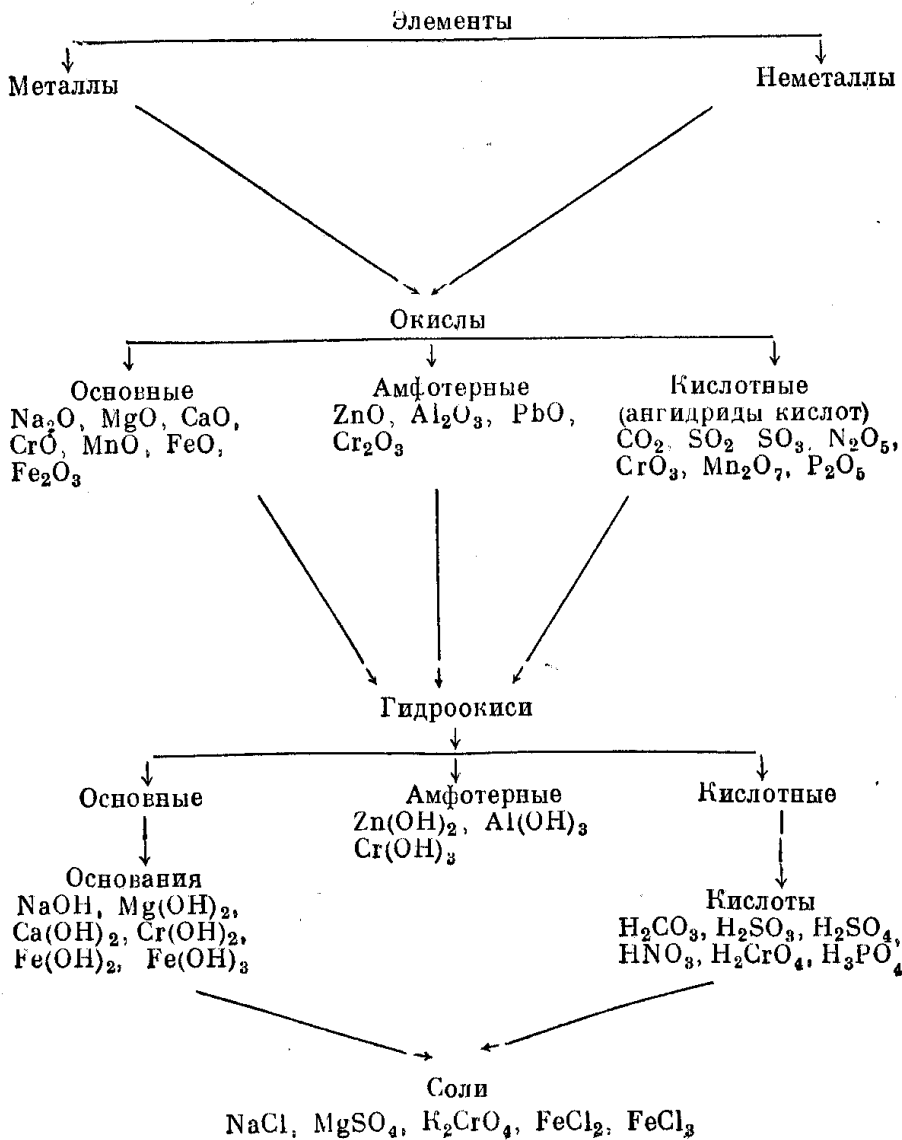
| Название кислоты | Формула кислоты | Название соли | |
|--|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | русская номенклатура солей | международная номенклатура |
| Соляная | HCl | Хлористые | Хлориды |
| Угольная | H_2CO_3 | Углекислые | Карбонаты |
| Уксусная | CH_3COOH | Уксуснокислые | Ацетаты |
| Фосфорная (орто) | H_3PO_4 | Фосфорнокислые (орто) | Фосфаты (орто) |
| Фтористоводородная (плавииковая) | HF | Фтористые | Фториды |
| Хлорноватая | HClO_3 | Хлорноватокислые | Хлораты |
| Хлорноватистая | HClO | Хлорноватистокислые | Гипохлориты |
| Хлорная | HClO_4 | Хлорнокислые | Перхлораты |
| Хромовая | H_2CrO_4 | Хромовокислые | Хроматы |
| Цианистоводородная (синильная) | HCN | Цианистые | Цианиды |
| Щавелевая | $(\text{COOH})_2$ | Щавелевокислые | Оксалаты |

Основные законы химии

Закон сохранения массы веществ (Ломоносов, 1748 г.).
 Масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе веществ, образовавшихся в результате реакции.

Закон постоянства состава (Пруст, 1801—1808 гг.).
 Всякое чистое вещество независимо от его происхождения и способа получения имеет один и тот же состав.

Связь между классами кислородных соединений



Закон простых объемных отношений (Гей-Люссак, 1808 г.). Объемы вступающих в реакцию газов относятся друг к другу и к объемам образующихся газообразных соединений как небольшие целые числа.

Закон Авогадро (1811 г.). Равные объемы различных газов содержат при одинаковом давлении и одинаковой температуре равное число молекул.

Так как грамм-молекулы различных веществ содержат одинаковое число молекул, то из закона Авогадро можно сделать такой вывод: грамм-молекула любого газа при одинаковых температуре и давлении занимает один и тот же объем.

При давлении 760 мм рт. ст. и при температуре 0°C этот объем равен 22,4 л, точнее 22,414 л. В этом объеме при названных условиях будет находиться $6,023 \cdot 10^{23}$ молекул газообразного вещества (число Авогадро).

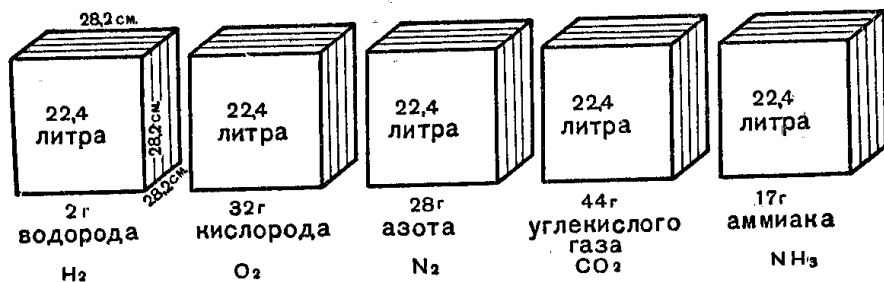


Рис. 2. Объем грамм-молекулы разных газов.

Закон кратных отношений (Дальтон, 1803 г.). Если определенное количество одного элемента вступает в соединение с другим элементом в нескольких весовых отношениях, то количества второго элемента относятся между собою как целые числа.

Примеры. 1. Соединения азота с кислородом

| Соединения | Состав (в %) | | На 1 вес. ч. азота кислорода приходится | Кратность | Формула |
|----------------------------|--------------|-----------|---|-----------|-------------------------------|
| | азота | кислорода | | | |
| Закись азота | 63,7 | 36,3 | 0,57 | 1 | N ₂ O |
| Окись азота | 46,7 | 53,3 | 1,14 | 2 | NO |
| Азотистый ангидрид | 36,8 | 63,2 | 1,71 | 3 | N ₂ O ₃ |
| Двуокись азота | 30,4 | 69,6 | 2,28 | 4 | N ₂ O ₄ |
| Азотный ангидрид | 25,9 | 74,1 | 2,85 | 5 | N ₂ O ₅ |

2. Соединения углерода с кислородом

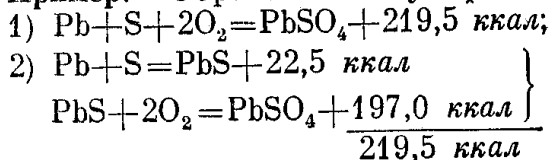
| Соединения | Состав (в %) | | На 1 вес. ч. углерода приходится кислорода | Кратность | Формула |
|-----------------------------|--------------|-----------|--|-----------|---------|
| | углерода | кислорода | | | |
| Окись углерода | 42,9 | 57,1 | 1,33 | 1 | CO |
| Двуокись углерода | 27,3 | 72,7 | 2,66 | 2 | CO |

Основные законы термохимии

Закон Лавуазье — Лапласа. При разложении сложного вещества на простые поглощается (или выделяется) столько же теплоты, сколько ее выделяется (или поглощается) при образовании того же количества вещества из простых веществ.

Закон Гесса (1840 г.). Количество теплоты, выделяющееся при каком-либо химическом процессе, всегда одно и то же, протекает ли данное химическое превращение сразу или постепенно, в несколько стадий.

Пример. Образование сульфата свинца:



Периодический закон Д. И. Менделеева (1869 г.)

«...Свойства простых тел, также формы и свойства соединений элементов, находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов. В соответствии этому закону и составлена периодическая система элементов»¹.

Современная формулировка периодического закона. Изучение внутриатомной структуры элементов привело к выводу, что в основе системы химических элементов лежит заряд атомного ядра, который определяет собой число электронов в атоме. Периодичность свойств элементов является следствием периодического повторения сходных структур внешних электронных конфигураций.

Поэтому периодический закон в настоящее время формулируется так:

Свойства элементов, а также зависящие от них свойства простых веществ, формы и свойства химических соединений находятся в периодической зависимости от заряда атомных ядер.

Химическое равновесие

Если реакция идет с поглощением теплоты, то при повышении температуры равновесный выход продукта увеличивается.

Если реакция идет с выделением теплоты, то повышение температуры приводит к понижению равновесного выхода.

Если реакция идет с изменением объема, то при повышении давления равновесие смещается в сторону образования веществ, занимающих меньший объем.

¹ Д. И. Менделеев, Основы химии, т. II, изд. 13, Государственное научно-техническое издательство химической литературы, М.—Л., 1947, стр. 80—81.

Если объем *не изменяется*, то изменение давления не влияет на равновесие.

Можно увеличить степень превращения одного из исходных веществ, вводя другое реагирующее вещество в избытке по сравнению со стехиометрическим количеством.

Все способы смещения равновесия охватываются общим принципом, открытым Ле Шателье в 1884 г.: *если какая-либо из переменных, определяющих состояние равновесия, изменяется, то равновесие сдвигается таким образом, чтобы содействовать уничтожению изменения.* Так, при нагревании равновесной системы в ней возникают изменения, связанные с поглощением теплоты (противодействующие повышению температуры). При увеличении давления возникают изменения, вызывающие уменьшение объема системы (противодействующие повышению концентраций).

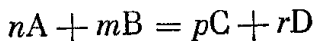
Температура разложения твердых веществ при различном давлении (в °C)

| Реакции | p, мм рт. ст. | | | |
|--|---------------|-----|-----|-----|
| | 100 | 300 | 500 | 760 |
| $\text{NH}_4\text{Cl} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{HCl}$. . . | 260 | 306 | 324 | 340 |
| $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$. . . | 762 | 837 | 870 | 898 |
| $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$. . . | 450 | 499 | 524 | 547 |
| $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \rightleftharpoons \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3$ | 628 | 681 | 697 | 709 |

Скорость химических реакций

Зависимость скорости реакции от концентрации реагирующих веществ можно выразить «кинетическим» уравнением. В общем виде эта зависимость была сформулирована в 1867 г. Гульдбергом и Вааге: *скорость химической реакции прямо пропорциональна произведе-*

дению концентраций реагирующих веществ. Для реакции



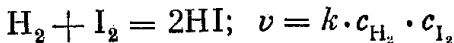
скорость реакции равна:

$$v = k \cdot c_A^n \cdot c_B^m,$$

где k — константа скорости, или коэффициент пропорциональности, c_A — концентрация вещества А, c_B — концентрация вещества В, n и m — стехиометрические коэффициенты в уравнении реакции.

Сумма показателей степеней в этом уравнении называется порядком реакции. Порядок реакции, уравнение которой написано выше, равен $n + m$.

Для реакции



порядок реакции равен 2.

Как показывает опыт, порядки реакций не превышают трех. Стехиометрические коэффициенты реакций большей частью не совпадают с показателями степеней в кинетических уравнениях, так как многие реакции представляют собой совокупность ряда элементарных процессов.

При повышении температуры на 10°C скорость большинства реакций увеличивается в 2 — 4 раза.

Реакции, в которых все вещества (вступающие в реакцию и продукты реакции) образуют однородную смесь, называются *гомогенными*, остальные — *гетерогенными*. Скорость гетерогенных реакций пропорциональна величине поверхности соприкосновения реагирующих веществ.

Строение атомов. Модель атома Резерфорда — Бора

По Резерфорду (1911 г.), атом каждого элемента состоит из небольшого положительно заряженного ядра, масса которого почти равна массе атома. Вокруг ядра

движутся на больших расстояниях и с огромной скоростью электроны. Величина заряда ядра постепенно возрастает от одного химического элемента к другому на элементарный заряд. Число электронов равно положительному заряду ядра, положительный заряд ядра численно равен порядковому номеру элемента в периодической системе. В целом атом электронейтрален.

По Бору (1913 г.), электромагнитное поле атомного ядра имеет как бы слоистое строение: вокруг ядра расположены определенные *энергетические уровни*, разделенные в пространстве между собой и называемые *квантовыми уровнями*. Квантовые уровни обозначаются буквами *K, L, M, N, O, P, Q*.

Радиусы этих уровней относятся между собой как квадраты целых чисел: $1^2 : 2^2 : 3^2 : 4^2 \dots$. Целые числа 1, 2, 3, 4 и т.д., характеризующие квантовые орбиты, называются *квантовыми числами*. Электроны в атомах могут вращаться только по орбитам, соответствующим квантовым уровням. Эти орбиты называются *стационарными*; никаких промежуточных орбит не существует. Когда электрон под воздействием внешних сил «выбивается» с одной орбиты на другую, более далекую от ядра, он поглощает энергию. Возвращаясь на прежнюю орбиту, он излучает энергию.

Электроны, принадлежащие данному энергетическому уровню, подразделяются на подгруппы, обозначаемые буквами *s, p, d, f* и т. д. Размещение электронов в подгруппах обуславливается геометрической формой орбит, по которым они движутся, — по круговым или эллиптическим различной вытянутости.

Электроны, движущиеся по эллиптическим орбитам, поддаются возбуждению легче, чем перемещающиеся по круговым.

Число элементов в периодах и распределение электронов в атомах нулевой группы

| Ряды | Периоды | Число эле- ментов г г е- риода | Распределение электронов по кван- товым орбитам в атомах нулевой группы | | | | | | |
|------|-------------------------|--------------------------------------|---|---|----|----|----|---|---|
| | | | K | L | M | N | O | P | Q |
| 1 | I малый период . . . | 2 | 2 | — | — | — | — | — | — |
| 2 | II малый период . . . | 8 | 2 | 8 | — | — | — | — | — |
| 3 | III малый период . . . | 8 | 2 | 8 | 8 | — | — | — | — |
| 4 | IV большой период . . | 18 | 2 | 8 | 18 | 8 | — | — | — |
| 5 | | | | | | | | | |
| 6 | V большой период . . . | 18 | 2 | 8 | 18 | 18 | 8 | — | — |
| 7 | | | | | | | | | |
| 8 | VI большой период . . . | 32 | 2 | 8 | 18 | 32 | 18 | 8 | — |
| 9 | | | | | | | | | |

Число электронов по подгруппам при различных квантовых уровнях

| Номер квантового уровня (слоя, n) | Число подуровней в данном кван- товом слое | Подуровни | | | | Максимальное число электронов в слое |
|--|---|-----------|---|----|----|---|
| | | s | p | d | f | |
| 1 | 1 | 2 | — | — | — | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 6 | — | — | 8 |
| 3 | 3 | 2 | 6 | 10 | — | 18 |
| 4 | 4 | 2 | 6 | 10 | 14 | 32 |

Электронные конфигурации атомов

| Порядковый номер | Элемент | Электронная конфигурация |
|------------------|---------|--|
| 1 | H | 1s |
| 2 | He | 1s ² |
| 3 | Li | [He] 2s |
| 4 | Be | 2s ² |
| 5 | B | 2s ² 2p |
| 6 | C | 2s ² 2p ² |
| 7 | N | 2s ² 2p ³ |
| 8 | O | 2s ² 2p ⁴ |
| 9 | F | 2s ² 2p ⁵ |
| 10 | Ne | 2s ² 2p ⁶ |
| 11 | Na | [Ne] 3s |
| 12 | Mg | 3s ² |
| 13 | Al | 3s ² 3p |
| 14 | Si | 3s ² 3p ² |
| 15 | P | 3s ² 3p ³ |
| 16 | S | 3s ² 3p ⁴ |
| 17 | Cl | 3s ² 3p ⁵ |
| 18 | Ar | 3s ² 3p ⁶ |
| 19 | K | [Ar] 4s |
| 20 | Ca | 4s ² |
| 21 | Sc | 3d 4s ² |
| 22 | Ti | 3d ² 4s ² |
| 23 | V | 3d ³ 4s ² |
| 24 | Cr | 3d ⁴ 4s ² |
| 25 | Mn | 3d ⁵ 4s ² |
| 26 | Fe | 3d ⁶ 4s ² |
| 27 | Co | 3d ⁷ 4s ² |
| 28 | Ni | 3d ⁸ 4s ² |
| 29 | Cu | 3d ¹⁰ 4s ² |
| 30 | Zn | 3d ¹⁰ 4s ² |
| 31 | Ga | 3d ¹⁰ 4s ² 4p |
| 32 | Ge | 3d ¹⁰ 4s ² 4p ² |
| 33 | As | 3d ¹⁰ 4s ² 4p ³ |
| 34 | Se | 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁴ |
| 35 | Br | 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵ |
| 36 | Kr | 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶ |
| 37 | Rb | [Kr] 5s |

| Порядковый номер | Элемент | Электронная конфигурация |
|------------------|---------|--------------------------|
| 38 | Sr | $5s^2$ |
| 39 | Y | $4d \ 5s^2$ |
| 40 | Zr | $4d^2 \ 5s^2$ |
| 41 | Nb | $4d^4 \ 5s$ |
| 42 | Mo | $4d^5 \ 5s$ |
| 43 | Tc | $4d^5 \ 5s^2$ |
| 44 | Ru | $4d^7 \ 5s$ |
| 45 | Rh | $4d^8 \ 5s$ |
| 46 | Pd | $4d^{10}$ |
| 47 | Ag | $4d^{10} \ 5s$ |
| 48 | Cd | $4d^{10} \ 5s^2$ |
| 49 | In | $4d^{10} \ 5s^2 \ 5p$ |
| 50 | Sn | $4d^{10} \ 5s^2 \ 5p^2$ |
| 51 | Sb | $4d^{10} \ 5s^2 \ 5p^3$ |
| 52 | Te | $4d^{10} \ 5s^2 \ 5p^4$ |
| 53 | I | $4d^{10} \ 5s^2 \ 5p^5$ |
| 54 | Xe | $4d^{10} \ 5s^2 \ 5p^6$ |
| 55 | Cs | [Xe] $6s$ |
| 56 | Ba | $6s^2$ |
| 57 | La | $5d \ 6s^2$ |
| 58 | Ce | $4f^2 \ 6s^2$ |
| 59 | Pr | $4f^3 \ 6s^2$ |
| 60 | Nd | $4f^4 \ 6s^2$ |
| 61 | Pm | $4f^5 \ 6s^2$ |
| 62 | Sm | $4f^6 \ 6s^2$ |
| 63 | Eu | $4f^7 \ 6s^2$ |
| 64 | Gd | $4f^7 \ 5d \ 6s^2$ |
| 65 | Tb | $4f^9 \ 6s^2$ |
| 66 | Dy | $4f^{10} \ 6s^2$ |
| 67 | Ho | $4f^{11} \ 6s^2$ |
| 68 | Er | $4f^{12} \ 6s^2$ |
| 69 | Tm | $4f^{13} \ 6s^2$ |
| 70 | Yb | $4f^{14} \ 6s^2$ |
| 71 | Lu | $4f^{14} \ 5d \ 6s^2$ |
| 72 | Hf | $4f^{14} \ 5d^2 \ 6s^2$ |
| 73 | Ta | $4f^{14} \ 5d^3 \ 6s^2$ |
| 74 | W | $4f^{14} \ 5d^4 \ 6s^2$ |
| 75 | Re | $4f^{14} \ 5d^5 \ 6s^2$ |

| Порядковый номер | Элемент | Электронная конфигурация |
|------------------|---------|--------------------------------|
| 76 | Os | $4f^{14} 5d^6 6s^2$ |
| 77 | Ir | $4f^{14} 5d^7 6s^2$ |
| 78 | Pt | $4f^{14} 5d^9 6s$ |
| 79 | Au | $6s$ |
| 80 | Hg | $6s^2$ |
| 81 | Tl | $6s^2 6p$ |
| 82 | Pb | $6s^2 6p^2$ |
| 83 | Bi | $6s^2 6p^3$ |
| 84 | Po | $6s^2 6p^4$ |
| 85 | At | $6s^2 6p^5$ |
| 86 | Rn | $6s^2 6p^6$ |
| 87 | Fr | [Rn] $7s$ |
| 88 | Ra | $7s^2$ |
| 89 | Ac | [Rn] $6d 7s^2$ |
| 90 | Th | $6d^2 7s^2$ |
| 91 | Pa | $5f^2 6d 7s^2$ |
| 92 | U | $5f^3 6d 7s^2$ |
| 93 | Np | $5f^4 6d 7s^2$ |
| 94 | Pu | $5f^6 7s^2$ |
| 95 | Am | $5f^7 7s^2$ |
| 96 | Cm | $5f^7 6d 7s^2$ |
| 97 | Bk | $5f^8 6d 7s^2$ или $5f^9 7s^2$ |
| 98 | Cf | $5f^{10} 7s^2$ |
| 99 | Es | $5f^{11} 7s^2$ |
| 100 | Fm | $5f^{12} 7s^2$ |
| 101 | Md | $5f^{13} 7s^2$ |
| 102 | No | $5f^{14} 7s^2$ |
| 103 | Lr | $5f^{14} 6d 7s^2$ |

Атом водорода (сравнительные данные)

Если представить сферу диаметром в 1 км и внутри нее шарик диаметром в 1,5 см, то эта модель и будет иллюстрировать относительные размеры атома водорода: большая сфера — это атом в целом, а шарик внутри — ядро (протон).

Радиус протона — $1,3 \cdot 10^{-13}$ см. Эта величина во столько раз меньше 1 см, во сколько раз 1 см меньше расстояния от Земли до Солнца.

Диаметр атома водорода — $1 \cdot 10^{-8}$ см.
Вес атома водорода

$$\frac{1,008}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,67 \cdot 10^{-24} \text{ (г)}.$$

Изотопы водорода

| | Названия изотопов | | |
|--|-------------------------|---|--|
| | легкий водород (протий) | тяжелый водород (дейтерий) | сверхтяжелый водород (тритий) |
| Знак изотопа | H | D | T |
| Структурный символ . . | ${}^1_1\text{H}$ или p | ${}^2_1\text{D}$ или ${}^2_1\text{H}$ | ${}^3_1\text{T}$ или ${}^3_1\text{H}$ |
| Название ядра атома . | Протон | Дейтон | Тритон |
| Масса атома | 1 | 2 | 3 |
| В ядре — протонов . . . | 1 | 1 | 1 |
| В ядре — нейтронов . . | Нет | 1 | 2 |
| Заряд ядра и валентность изотопа | +1 | +1 | +1 |
| Число электронов в атоме | 1 | 1 | 1 |
| Распространение изотопа на Земле | 99,8% | 0,02% (1 атом на 5500 атомов протия) | Образуется при обстреле тяжелой воды дейтонами |
| Температура плавления (в °С) | -259,4 | -254,5 | — |
| Температура кипения (в °С) | -252,8 | -249,9 | — |

Изотопы некоторых элементов, обнаруженные на Земле

| Элемент | Число изотопов | Массовое число ¹ |
|---------|----------------|---|
| H | 3 | 1, 2, 3 |
| He | 2 | 4, 3, |
| Li | 2 | 7, 6 |
| C | 2 | 12, 13 |
| N | 2 | 14, 15 |
| O | 3 | 16, 18, 17 |
| Mg | 3 | 24, 26, 25 |
| Cl | 2 | 35, 37 |
| Ar | 3 | 40, 36, 38 |
| K | 3 | 39, 41, 40 |
| Ca | 6 | 40, 44, 42, 48, 43, 46 |
| Fe | 4 | 56, 54, 57, 58 |
| Cu | 2 | 63, 65 |
| Sn | 10 | 120, 118, 116, 119, 117, 124, 122, 112, 114, 115 |
| Ba | 7 | 138, 137, 136, 135, 134, 130, 132 |
| Hg | 7 | 202, 200, 199, 201, 198, 204, 196 |
| Pb | 4 | 208, 206, 207, 204 |
| U | 3 | 238, 235, 234 |

¹ Числа, обозначающие массы изотопов, расположены в порядке уменьшения их содержания в природе.

**Относительное содержание изотопов некоторых элементов
в земной коре**

| Элемент | Массовое число | Содержание (в %) |
|--------------------|-------------------|------------------|
| Кислород | 16 | 99,76 |
| | 17 | 0,04 |
| | 18 | 0,20 |
| Кремний | 28 | 92,28 |
| | 29 | 4,67 |
| | 30 | 3,05 |
| | 54 | 5,84 |
| Железо | 56 | 91,68 |
| | 57 | 2,17 |
| | 58 | 0,31 |
| Уран | 238 | 99,28 |
| | 235 | 0,7 |
| | 234 | 0,006 |

Различные ступени дискретного состояния материи

| Название частиц | Характеристика |
|--------------------------------|---|
| Элементарные частицы | См. табл. «Элементарные частицы» |
| Ядра атомов | Состоят из элементарных частиц — протонов и нейтронов |
| Атомы | Состоят из атомных ядер и электронов. Общее число природных и искусственно полученных разновидностей атомов превышает 1000 |
| Молекулы | Состоят из атомов: от простейших одноатомных (He), двухатомных (CO), трехатомных (CO ₂) молекул до сложнейших, содержащих тысячи атомов |

Некоторые элементарные частицы

| Название | Знак заряда | Обозначение | Масса в электрон-массе | Год открытия и кем открыты | Примечания |
|------------------|-------------|---------------------|------------------------|-----------------------------|--|
| Фотон . . | 0 | γ | 0 | 1905, А. Эйнштейн | Частица света, световой квант |
| Нейтрино . | 0 | ν | 0 | 1931, В. Паули | |
| Антинейтрино . . | 0 | $\bar{\nu}$ | 0 | 1933, Э. Ферми | |
| Электрон . . | -1 | e^-, β^- | 1 | 1897, Дж. Томсон | |
| Позитрон . . | +1 | e^+, β^+ | 1 | 1932, К. Андерсон | Положительный электрон |
| μ -мезоны . | | | | | |
| <i>Мезоны:</i> | +1 | μ^+ | 206,8 | 1936, | Неустойчивые положительно или отрицательно заряженные элементарные частицы. Впервые обнаружены в космических лучах, а затем получены и в лабораторных условиях |
| | -1 | μ^- | 206,8 | К. Андерсон | |
| π -мезоны . | +1 | π^+ | 273,2 | 1946—1947, А. Алиханов и | |
| | -1 | π^- | 273,2 | А. Алиханьян | |
| | 0 | π^0 | 264,2 | 1947, С. Поуэлл | |
| <i>K</i> -мезоны | +1 | K^+ | 966,5 | 1951—1952, А. Алиханьян | |
| | -1 | K^- | 966,5 | | |
| <i>Нуклоны:</i> | | | | | |
| Протон . . | +1 | $p, {}^1_1\text{H}$ | 1836,1 | 1920, Э. Резерфорд | Ядро атома самого легкого изотопа водорода |
| Нейтрон . . | 0 | $n, {}^1_0\text{n}$ | 1838,6 | 1932, Дж. Чедвик | |

| Название | Знак заряда | Обозначение | Масса в электрон-массе | Год открытия и кем открыты | Примечания |
|----------------------|-------------|-------------|------------------------|---------------------------------|------------|
| <i>Антиинуклоны:</i> | | | | | |
| Антипротон | -1 | \bar{p} | 1836,1 | 1955—1956, Э. Сегре и др. | |
| Антинейтрон . . . | 0 | \bar{n} | 1838,6 | 1956 | |

Приемы записи ядерных реакций

| Полная запись | Сокращенная запись |
|--|---|
| ${}_{7}^{15}\text{N} + {}_{1}^{1}\text{H} \rightarrow {}_{6}^{12}\text{C} + {}_{2}^{4}\text{He}$ | ${}_{7}^{15}\text{N} (p, \alpha) {}_{6}^{12}\text{C}$ |
| ${}_{13}^{27}\text{Al} + {}_{2}^{4}\text{He} \rightarrow {}_{15}^{30}\text{P} + {}_{0}^{1}n$ | ${}_{13}^{27}\text{Al} (\alpha, n) {}_{15}^{30}\text{P}$ |
| ${}_{11}^{23}\text{Na} + {}_{1}^{2}\text{H} \rightarrow {}_{12}^{24}\text{Mg} + {}_{0}^{1}n$ | ${}_{11}^{23}\text{Na} (d, n) {}_{12}^{24}\text{Mg}$ |
| ${}_{15}^{31}\text{P} + {}_{0}^{1}n \rightarrow {}_{14}^{31}\text{Si} + {}_{1}^{1}\text{H}$ | ${}_{15}^{31}\text{P} (n, p) {}_{14}^{31}\text{Si}$ |
| ${}_{29}^{63}\text{Cu} + \gamma \rightarrow {}_{29}^{62}\text{Cu} + {}_{0}^{1}n$ | ${}_{29}^{63}\text{Cu} (\gamma, n) {}_{29}^{62}\text{Cu}$ |

Применение меченых атомов

Меченые атомы находят в настоящее время самое широкое применение в различных областях науки и техники. Наиболее важными путями применения радиоактивных изотопов являются следующие:

1) При изучении химических процессов: растворимости веществ, дробной кристаллизации, диффузии, адсорбции и абсорбции, электролиза, определения степени чистоты химических продуктов и проч.

2) *В промышленности*: доменный, мартеновский и другие металлургические процессы, контроль качества металлических отливок, изучение сплавов, коррозионной стойкости металлов и др.

3) *В биологии и сельском хозяйстве*: в борьбе с вредными организмами, в регулировании микробиологических процессов, изучении проблем наследственности, обмена веществ, вопросов стимуляции роста и развития растений.

4) *В медицине и ветеринарии*: для диагностики болезней, для лечения заболеваний.

5) *В химическом анализе*: при разработке методов определения крайне малых количеств веществ, примесей в веществах («аналитическая химия следов»), для контроля разделения тонких смесей.

6) *В поисках полезных ископаемых* — нефти, газовых месторождений и др.

Атомные и ионные радиусы (в Å)¹

| Атом | Радиус | Ион | Радиус | Атом | Радиус | Ион | Радиус |
|----------|--------|-----------------|--------|-----------|--------|------------------|--------|
| I группа | | | | II группа | | | |
| H | 0,46 | — | — | Be | 1,13 | Be ²⁺ | 0,34 |
| Li | 1,55 | Li ⁺ | 0,68 | Mg | 1,60 | Mg ²⁺ | 0,74 |
| Na | 1,89 | Na ⁺ | 0,98 | Ca | 1,97 | Ca ²⁺ | 1,04 |
| K | 2,36 | K ⁺ | 1,33 | Sr | 2,15 | Sr ²⁺ | 1,20 |
| Rb | 2,48 | Rb ⁺ | 1,49 | Ba | 2,21 | Ba ²⁺ | 1,38 |
| Cs | 2,68 | Cs ⁺ | 1,65 | Zn | 1,39 | Zn ²⁺ | 0,83 |
| Cu | 1,28 | Cu ⁺ | 0,98 | Cd | 1,56 | Cd ²⁺ | 0,99 |
| Ag | 1,44 | Ag ⁺ | 1,13 | Hg | 1,60 | Hg ²⁺ | 1,12 |
| Au | 1,44 | Au ⁺ | 1,37 | | | | |

¹ Ангстрем (Å) = 10⁻⁸см.

| Атом | Радиус | Ион | Радиус | Атом | Радиус | Ион | Радиус |
|------|--------|-----|--------|------|--------|-----|--------|
|------|--------|-----|--------|------|--------|-----|--------|

III группа

| | | | |
|----|------|------------------|------|
| B | 0,91 | B ³⁺ | 0,20 |
| Al | 1,43 | Al ³⁺ | 0,57 |
| La | 1,87 | La ³⁺ | 1,04 |
| Ce | 1,83 | Ce ⁴⁺ | 0,88 |
| | | Ce ³⁺ | 1,02 |
| Er | 1,75 | Er ³⁺ | 0,85 |
| Ga | 1,39 | Ga ³⁺ | 0,62 |
| In | 1,66 | In ³⁺ | 0,92 |
| Tl | 1,71 | Tl ³⁺ | 1,05 |

V группа

| | | | |
|----|------|------------------|------|
| N | 0,71 | N ⁵⁺ | 0,15 |
| | | N ³⁻ | 1,48 |
| P | 1,31 | P ⁵⁺ | 0,35 |
| | | P ³⁻ | 1,48 |
| As | 1,48 | As ³⁻ | 1,91 |
| Sb | 1,61 | Sb ³⁻ | 2,8 |
| Bi | 1,82 | Bi ³⁺ | 1,20 |
| V | 1,34 | V ⁵⁺ | 0,4 |
| | | V ⁴⁺ | 0,61 |

VII группа

| | | | |
|----|------|------------------|------|
| F | 0,71 | F ⁻ | 1,33 |
| Cl | 0,99 | Cl ⁻ | 1,81 |
| Br | 1,14 | Br ⁻ | 1,96 |
| I | 1,33 | I ⁻ | 2,20 |
| Mn | 1,35 | Mn ²⁺ | 0,91 |
| | | Mn ⁴⁺ | 0,52 |

IV группа

| | | | |
|----|------|------------------|------|
| C | 0,77 | C ⁴⁺ | 0,20 |
| Si | 1,34 | Si ⁴⁺ | 0,39 |
| Ti | 1,46 | Ti ⁴⁺ | 0,64 |
| Zr | 1,60 | Zr ⁴⁺ | 0,82 |
| Hf | 1,59 | Hf ⁴⁺ | 0,81 |
| Th | 1,80 | Th ⁴⁺ | 0,95 |
| Ge | 1,39 | Ge ⁴⁺ | 0,44 |
| Sn | 1,58 | Sn ⁴⁺ | 0,67 |
| Pb | 1,75 | Pb ⁴⁺ | 0,76 |

VI группа

| | | | |
|----|------|------------------|------|
| O | 0,66 | O ²⁻ | 1,36 |
| S | 1,04 | S ²⁻ | 1,82 |
| Se | 1,6 | Se ²⁻ | 1,93 |
| | | Se ⁶⁺ | 0,35 |
| Te | 1,7 | Te ²⁻ | 2,11 |
| | | Te ⁴⁺ | 0,89 |
| Cr | 1,27 | Cr ³⁺ | 0,64 |
| Mo | 1,39 | Mo ⁴⁺ | 0,68 |
| W | 1,40 | W ⁴⁺ | 0,68 |
| U | 1,53 | U ⁴⁺ | 0,89 |

VIII группа

| | | | |
|----|------|--|--|
| He | 1,22 | | |
| Ne | 1,60 | | |
| Ar | 1,92 | | |
| Kr | 1,98 | | |
| Xe | 2,18 | | |

VIII группа

| Атом | Радиус | Ион | Радиус |
|------|--------|------------------|--------|
| Fe | 1,26 | Fe ²⁺ | |
| | | Fe ³⁺ | 0,80 |
| Co | 1,25 | Co ²⁺ | 0,67 |
| | | Co ³⁺ | 0,78 |
| Ni | 1,24 | Ni ²⁺ | 0,64 |
| Ru | 1,34 | Ru ⁴⁺ | 0,74 |
| Rh | 1,34 | Rh ²⁺ | 0,61 |
| Pd | 1,37 | Pd ²⁺ | 0,65 |
| Os | 1,338 | Os ⁴⁺ | 0,64 |
| Ir | 1,35 | Ir ⁴⁺ | 0,65 |
| Pt | 1,35 | | |
| | | Pt ⁴⁺ | 0,64 |

Для определения размеров эффективных (кажущихся) радиусов используют измерения расстояния между двумя ионами в кристаллах галогенидов, сульфидов, окислов и др. Это расстояние (например, $R_{Na^+} + R_{Cl^-} = d$) — важнейшая константа кристаллической решетки.

Если оно известно и известен один из эффективных радиусов, то по разности определяется и другой радиус иона:

$$d_{NaCl} = 2,79 \text{ \AA}$$

$$R_{Na^+} = 0,98 \text{ \AA}$$

Отсюда $R_{Cl^-} = 2,79 - 0,98 = 1,81 \text{ (\AA)}$

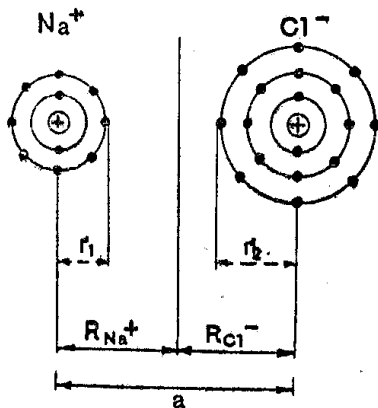


Рис. 3. Истинный и эффективный радиус ионов.

Здесь r_1 — истинный радиус иона Na^+

r_2 — » » » Cl^-

R_{Na^+} — эффективный радиус иона Na^+

R_{Cl^-} — » » » Cl^-

Ионы с одинаковыми или близкими значениями радиусов, имеющие одинаковый заряд, образуют соединения с одинаковой или очень близкой кристаллической решеткой и могут замещать друг друга. Это явление широко распространено в природе и получило название изоморфизма. Оно ведет к образованию смешанных кристаллов, значительная часть которых получена искусственно при одновременной кристаллизации веществ из водных растворов.

Изменение атомных и ионных радиусов элементов в группах и периодах

1. В главных подгруппах периодической системы в связи с увеличением числа слоев (сверху вниз) радиус атомов увеличивается:

Элементы

| | | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|-------------------|
| I группы | Li | Na | K | Rb | Cs | Fr |
| | 1,55 | 1,89 | 2,36 | 2,48 | 2,68 | 2,80 \AA |

Элементы

| | | | | | |
|------------|------|------|------|------|----------------|
| VII группы | F | Cl | Br | I | At |
| | 0,71 | 0,99 | 1,14 | 1,33 | ? \AA |

Растет металличность элементов (восстановительная активность).

2. В периодах в связи с постепенным возрастанием положительного заряда ядра (слева направо) происходит сжатие электронной оболочки и, следовательно, радиус атомов уменьшается:

Элементы

| | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|-------------------|
| III периода | Na | Mg | Al | Si | P | S | Cl |
| | 1,89 | 1,60 | 1,43 | 1,34 | 1,31 | 1,04 | 0,99 \AA |

3. Атомные радиусы элементов, расположенных по диагональному направлению (от левого верхнего угла системы к нижнему правому), близки по своим размерам, что определяет некоторую близость свойств этих

элементов, например атомов лития ($r_a = 1,55 \text{ \AA}$) и магния ($r_a = 1,60 \text{ \AA}$), атомов натрия ($r_a = 1,89 \text{ \AA}$) и кальция ($r_a = 1,97 \text{ \AA}$).

4. Радиусы положительных ионов всегда меньше (при высшей валентности приблизительно на $0,75 \text{ \AA}$) соответствующих им радиусов атомов, и тем меньше, чем больше заряд иона:

$$r_{\text{aFe}} = 1,26 \text{ \AA}; r_{\text{IFe}^{2+}} = 0,80 \text{ \AA}; r_{\text{IFe}^{3+}} = 0,67 \text{ \AA}.$$

5. Радиусы отрицательных ионов всегда больше радиусов атомов соответствующих им элементов (приблизительно на $0,75 \text{ \AA}$):

$$r_{\text{aS}} = 1,04 \text{ \AA}; r_{\text{IS}^{2-}} = 1,82 \text{ \AA}.$$

6. Радиусы ионов предельной зарядности, соответствующих атомам, расположенным по диагонали (см. пункт 3), близки по своим размерам, чем и объясняется, например, такое свойство элементов, как замещение их друг другом в минералах (изоморфизм):

$$r_{\text{ILi}^{+}} = 0,68 \text{ \AA}; r_{\text{IMg}^{2+}} = 0,74 \text{ \AA}; r_{\text{ISc}^{3+}} = 0,83 \text{ \AA}.$$

Связь электронов с ядром в атомах (в зависимости от положения их в периодической системе)

1. Чем больше радиус атома элемента главной подгруппы (или иона), тем слабее электрон притягивается к ядру (при одинаковой величине заряда), тем легче

он отрывается от атома и, следовательно, тем больше восстановительные свойства атома или иона.

2. Чем меньше радиус атома, тем сильнее притяжение электрона к ядру и тем труднее он отрывается от атома, что и обуславливает меньшую степень его восстановительных свойств.

3. Увеличение положительного заряда ядра атома приводит к увеличению притяжения электрона (при одинаковых размерах атомов) и, следовательно, к уменьшению его восстановительных свойств и возрастанию окислительных.

4. Однако увеличение размеров атомов, обусловленное возрастанием электронных слоев, перекрывает возрастание заряда ядра, и поэтому металличность нижних элементов главных подгрупп выше, чем у верхних элементов той же группы (у Cs больше, чем у Na или K).

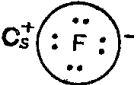



Закономерности изменения свойств элементов (в зависимости от места их в периодической системе)

Горизонтальное направление. Радиусы атомов и их восстановительные свойства уменьшаются (окислительные свойства возрастают). Свойства простых веществ изменяются от металлических до неметаллических.

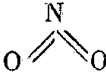
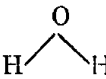
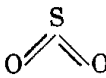

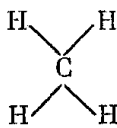
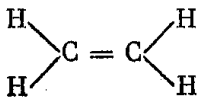
В вертикальном направлении радиусы атомов и их восстановительные свойства в главных подгруппах увеличиваются (окислительные свойства уменьшаются). Металличность простых веществ усиливается, неметалличность ослабевает.

Диагональное направление. Радиусы атомов, а также и отношения заряда ионов к их радиусам близки. Элементы обладают значительным сходством свойств.

Виды химических связей

| Виды связи | Тип молекул, образуемых данной связью | Смещения электронной пары | Свойства молекул с данной связью |
|--|---------------------------------------|--|--|
| <p>Электровалентная (электростатическое стяжение $+$ и $-$ ионов)</p> | <p>Ионные (гетерополярные)</p> | <p>Полное</p> <div style="text-align: center;">  </div> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокие температуры кипения и плавления. Термостойки 2. Легкая ионизация в полярных растворителях 3. Сильная электропроводность в растворах и расплавах |
| <p>Ковалентная или атомная (квантовомеханическое взаимодействие — обмен электронов, замыкание магнитных полей)</p> | <p>Ионно-полярные</p> | <p>Сильное</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Слабое</p> <div style="text-align: center;">  </div> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Низкие температуры кипения и плавления 2. В полярных растворителях связь переходит в ионную |
| | <p>Неполярные</p> | <p>Смещения нет</p> <div style="text-align: center;">  </div> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Низкие температуры кипения и плавления 2. Не ионизируют в полярных растворителях 3. Не электропроводны |

Строение многоатомных молекул

| Молекула | Форма | Межъядерные расстояния (в Å) |
|------------------------|---|---|
| CO_2 | Линейная, симметричная $\text{O} = \text{C} = \text{O}$ | $\text{C} = \text{O} \ 1,13$ |
| NO_2 | Изогнутая $\sphericalangle \text{ONO} = 140^\circ$ |  $\text{N} = \text{O} \ 1,18$ |
| H_2O | Изогнутая $\sphericalangle \text{HOH} = 104-106^\circ$ |  $\text{O} - \text{H} \ 0,97$ |
| SO_2 | Изогнутая $\sphericalangle \text{OSO} = 124^\circ$ |  $\text{S} = \text{O} \ 1,45$ |
| NH_3 | Правильная треугольная пирамида $\sphericalangle \text{HNN} = 108^\circ$ |  Высота пирамиды $h = 0,3$ |
| C_2H_2 | Симметричная вытянутая $\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$ | $\text{C} - \text{H} \ 1,06$ $\text{C} \equiv \text{C} \ 1,22$ |
| CH_4 | Тетраэдр $\sphericalangle \text{при C} = 109^\circ 28'$ |  $\text{C} - \text{H} \ 1,09$ |
| C_2H_4 | $\sphericalangle \text{HCH} = 114^\circ 55'$ |  $\text{C} - \text{H} \ 1,06$ $\text{C} = \text{C} \ 1,34$ |

Электроотрицательность

В соединениях атомы электроотрицательного элемента дополняют внешний электронный слой до октета (в случае Н до 2) за счет всех или части валентных электронов, предоставляемых атомами электроположительного элемента.

Правила электронного смещения

1. При соединении электронов-неметаллов одного и того же периода электроны смещаются от элемента с меньшим порядковым номером (т. е. расположенного в периодической таблице левее) к элементу с большим порядковым номером (расположенному правее).

2. При соединении элементов-неметаллов одной и той же подгруппы электроны смещаются от элемента с большим порядковым номером (расположенного ниже) к элементу с меньшим порядковым номером (расположенному выше).

3. Атомы элементов-металлов никогда электронов не приобретают.

4. Атомы инертных газов электронов не приобретают (так как внешний слой у них уже завершен).

Шкала электроотрицательности

Металлы; Ge, Si, В; Н; С; As, P; S; Br; Cl; N; (Ar, Хе); О; F. Каждый элемент (или группа элементов, значки которых разделены запятыми) электроотрицателен, включая инертные газы, по отношению к последующим.

Вывод формул соединений, в которых электроположительный элемент проявляет свою максимальную валентность

Сначала решается вопрос о направлении электронного смещения, затем электроположительному элементу приписывается его максимальная валентность «по кислороду», а электроотрицательному — валентность «по водороду», т. е. недостающее число электронов для завершения внешнего слоя.

Формулы и названия соединений

В формулах на первое место ставится знак электроположительного элемента (исключения NH_3 , PH_3). По международной номенклатуре названия соединений образуются из первого слога названия электроотрицательного элемента, к которому присоединяется суффикс «-ид»: хлорид натрия, сульфид калия, нитрид водорода (аммиак).

Водородные соединения элементов главных подгрупп

| Периоды | Группы | | | | | | |
|---------|-------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| 2 | Li^+H^- | $\text{Be}^{2+}\text{H}_2^-$ | $\text{B}_2^{3+}\text{H}_6^-$ | CH_4 | N^3-H_3^+ | H_2+O^{2-} | H^+F^- |
| 3 | | | | | P^3-H_3^+ | | |
| 4 | Na^+H^- | $\text{Mg}^{2+}\text{H}_2^-$ | Al^3+H_3^- | $\text{Si}^{4+}\text{H}_4^-$ | | H_2+S^{2-} | H^+Cl^- |
| 5 | K^+H^- | $\text{Ca}^{2+}\text{H}_2^-$ | — | $\text{Ge}^{4+}\text{H}_4^-$ | AsH_3 | $\text{H}_2+\text{Se}^{2-}$ | H^+Br^- |
| | Rb^+H^- | $\text{Sr}^{2+}\text{H}_2^-$ | — | | SbH_3 | $\text{H}_2+\text{Te}^{2-}$ | H^+I^- |
| | нелетучие | | | летучие | | | |
| | кислоты | | | | | | |


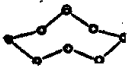

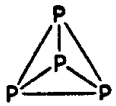
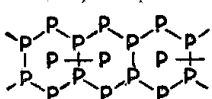
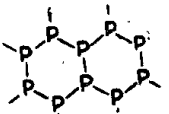
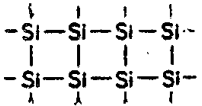
Слева от левой жирной черты — соединения, в которых водород электроотрицателен, справа от правой черты — соединения, в которых водород электроположителен. В промежутке — соединения — практически неполярны.

Соединения металлов с водородом относятся к ионным соединениям, поэтому они в отличие от водородных соединений неметаллов нелетучи и тугоплавки (в таблице отделены пунктирной линией). Соединения неметаллов с водородом являются либо основаниями (их формулы заключены в пунктирную рамку), либо кислотами.

Аллотропные модификации неметаллов

В аллотропных модификациях неметаллов каждый атом неметалла связан с соседними атомами. При этом связей столько, сколько электронов недостает атому для завершения внешнего слоя.

Строение аллотропных модификаций неметаллов

| Группы | Название | Структурная формула | Геометрическая формула | Валентный угол в градусах | Кристаллическая решетка |
|--------|-------------------------------------|---|---|---------------------------|-------------------------|
| VII | | Cl—Cl | Гантель | — | Молекулярная |
| VI | Ромбическая сера (S ₈) |  |  | 107 | Молекулярная |
| | Пластическая сера (S _∞) | -S-S-S-S-S- |  | 107 | — |
| V | Белый фосфор (P ₄) |  | Тетраэдр | 60 | Молекулярная |
| | Красный фосфор (P _∞) |  | Сетка из пятизвенных колец | около 100 | Атомная |
| | Черный фосфор (P _∞) |  | Складчатая сетка из шестизвенных колец | около 100 | Атомная |
| IV | — |  | Сетка из тетраэдров | 109°5' | Атомная |

Аллотропные модификации с молекулярными решетками летучи (галогены), растворимы в неполярных растворителях и легкоплавки (все!); с атомными решетками — нелетучи, неплавки и не растворимы ни в чем. Пластическая сера сходна по физическим свойствам с резиной из-за того, что линейные молекулы этих веществ могут растягиваться и сокращаться подобно пружинам.

РАСТВОРЫ

Причины, от которых зависит растворимость веществ:

1. *Природа растворяющегося вещества:* в одном и том же растворителе различные вещества растворяются в неодинаковых количествах.

2. *Природа растворителя:* одно и то же вещество в разных растворителях растворяется по-разному.

3. *Температура:* с повышением температуры растворимость твердых веществ увеличивается (исключение — уксуснокислый кальций, сернистый литий и др.). Растворимость газов с повышением температуры уменьшается.

4. *Давление:* с повышением давления растворимость газов увеличивается.

Растворимость солей в воде (качественная характеристика)

| Название солей | Растворимость солей |
|----------------|---|
| Нитраты | Все соли растворимы |
| Сульфаты | Большинство солей растворимы. Практически нерастворимы сульфаты бария, свинца и стронция. Малорастворим сульфат кальция |
| Хлориды | Большинство солей растворимы. Практически нерастворимы хлориды серебра, одновалентной ртути и свинца (в холодной воде) |
| Карбонаты | Большинство солей нерастворимы. Растворимы карбонаты натрия, калия, аммония и некоторые кислые соли |
| Фосфаты | Большинство солей нерастворимы. Растворимы фосфаты натрия, калия, аммония и некоторые кислые соли |
| Сульфиды | Растворимы только соли калия, натрия, аммония, бария и стронция |

**Растворимость некоторых солей в воде
(в граммах безводного вещества)**

| Соль | В 100 мл воды растворяется при | | В 100 г раствора содержится при | |
|----------------------------|--------------------------------|--------|---------------------------------|--------|
| | 20° С | 100° С | 20° С | 100° С |
| NH_4Cl | 37,4 | 77,3 | 27,1 | 43,6 |
| BaCl_2 | 35,7 | 58,7 | 26,3 | 37,0 |
| KNO_3 | 31,6 | 245 | 24,0 | 71,0 |
| KBr | 65,6 | 104,9 | 39,6 | 51,0 |
| KI | 144,5 | 208,0 | 59,0 | 67,5 |
| KCl | 34,4 | 56,2 | 25,5 | 36,0 |
| KClO_3 | 7,3 | 56,2 | 6,8 | 36,0 |
| CaCl_2 | 74,5 | 159,0 | 42,7 | 61,3 |
| CuSO_4 | 20,9 | 73,6 | 17,3 | 42,4 |
| NaNO_3 | 88,0 | 176,0 | 46,8 | 63,6 |
| NaHCO_3 | 9,6 | 23,6 | 8,8 | 19,1 |
| Na_2CO_3 | 21,6 | 44,5 | 17,8 | 30,8 |
| NaCl | 35,9 | 39,2 | 26,4 | 28,1 |
| HgCl_2 | 6,6 | 56,2 | 6,2 | 36,0 |
| AgNO_3 | 215,5 | 1024 | 68,5 | 90,1 |
| $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ | 52,2 | 127,3 | 34,3 | 56,1 |

Растворимость кристаллогидратов в воде

| Названия веществ | Формулы | Температура (в °С) | | | | |
|--|--|--------------------|------|------|------|------|
| | | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Медный купорос | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | 17,5 | 22,8 | 28,1 | 34,9 | 42,4 |
| Железный купорос | $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 21,0 | 28,7 | 35,5 | — | — |
| Сернокислый никель | $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 26,9 | 28,3 | 35,4 | 38,7 | 43,4 |
| Квасцы алюминия | $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | 5,7 | 12,0 | 26,1 | 51,5 | — |
| Сода | $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ | 17,8 | 33,2 | 31,7 | 31,2 | 45 |
| Сернокислый натрий (глауберова соль) | $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ | 16,1 | — | — | — | — |

**Растворимость в воде некоторых малорастворимых солей
(в граммах безводного вещества)**

| Соль | В 100 г воды растворяется при | |
|-------------------|-------------------------------|----------|
| | 20° С | 100° С |
| CaSO ₄ | 0,204 | 0,67 |
| SrSO ₄ | 0,0114 | 0,011 |
| BaSO ₄ | 0,00023 | 0,00039 |
| AgCl | 0,00015 | 0,00217 |
| AgBr | 0,000012 | 0,000037 |

**Растворимость газов в воде
(в 1 л при 0°С и давлении 760 мм рт. ст.)**

| Газ | Растворимость | | Газ | Растворимость | |
|------------------|---------------|-------------------|-----------------|---------------|-------------------|
| | в г | в см ³ | | в г | в см ³ |
| NH ₃ | 895 | 1300000 | O ₂ | 0,0695 | 49,2 |
| HCl | 825 | 507000 | O ₃ | 0,615 | 49,4 |
| SO ₂ | 228,3 | 79690 | CO | 0,044 | 35,4 |
| Cl ₂ | 14,6 | 4610 | N ₂ | 0,029 | 23,5 |
| H ₂ S | 7,07 | 4670 | H ₂ | 0,0019 | 21,5 |
| CO ₂ | 3,35 | 1713 | CH ₄ | 0,0396 | 55,6 |

**Изменение растворимости газов с повышением температуры
(количество газа в см³, растворяющегося в 1 л воды
при нормальном давлении)**

| Газ | Температура (в °С) | | | |
|-----------------|--------------------|--------|--------|-------|
| | 0 | 20 | 40 | 60 |
| N ₂ | 23,5 | 16 | 12 | 10,2 |
| NH ₃ | 1300000 | 710000 | — | — |
| H ₂ | 21,5 | 18,2 | 16,4 | 16,0 |
| Воздух | 28,8 | 18,7 | 14,2 | 12,2 |
| CO ₂ | 1713 | 878 | 530 | 360 |
| O ₂ | 49,2 | 31 | 23 | 19 |
| Cl ₂ | 4610 | 2300 | 1438 | 1023 |
| HCl | 507000 | 442000 | 386000 | 33900 |

**Плотность и процентная концентрация
растворов азотной кислоты**

| Плотность (в г/см ³) при 15° С | Концентрация раствора (в %) |
|---|--------------------------------|
| 1,000 | 0,10 |
| 1,020 | 3,70 |
| 1,030 | 5,50 |
| 1,050 | 8,99 |
| 1,100 | 17,10 |
| 1,150 | 24,83 |
| 1,200 | 32,34 |
| 1,250 | 39,80 |
| 1,300 | 47,48 |
| 1,350 | 55,79 |
| 1,400 | 65,30 |
| 1,450 | 77,28 |
| 1,500 | 94,09 |
| 1,520 | 99,67 |

**Плотность и процентная концентрация
растворов серной кислоты**

| Плотность (в г/см ³) при 15° С | Концентрация раствора (в %) |
|---|--------------------------------|
| 1,000 | 0,06 |
| 1,050 | 7,37 |
| 1,100 | 14,35 |
| 1,150 | 20,91 |
| 1,200 | 27,32 |
| 1,250 | 33,43 |
| 1,300 | 39,19 |
| 1,350 | 44,82 |
| 1,400 | 50,11 |
| 1,450 | 55,03 |
| 1,500 | 59,70 |
| 1,550 | 64,26 |
| 1,600 | 68,70 |
| 1,650 | 72,96 |

Продолжение

| Плотность (в г/см ³) при 15° С | Концентрация раствора (в %) |
|---|--------------------------------|
| 1,700 | 77,17 |
| 1,750 | 81,56 |
| 1,800 | 86,92 |
| 1,840 | 95,60 |
| 1,8415 | 97,35 |
| 1,840 | 98,72 |
| 1,839 | 99,12 |
| 1,835 | 99,95 |

**Плотность и процентная концентрация
растворов соляной кислоты**

| Плотность (в г/см ³) при 15° С | Концентрация раствора (в %) |
|---|--------------------------------|
| 1,000 | 0,16 |
| 1,050 | 10,17 |
| 1,100 | 20,01 |
| 1,150 | 29,57 |
| 1,200 | 39,11 |

**Плотность и процентная концентрация растворов
едкого каль и едкого натра**

| Плотность (в г/см ³) при 15° С | Концентрация раствора KOH (в %) | Содержание твердого KOH в 1 л раствора при 15°С | Концентрация раствора ед- кого натра NaOH (в %) | Содержание твердого едкого натра в 1 л ра- створа при 15° С |
|--|---------------------------------------|--|--|--|
| 1,007 | 0,9 | 9 | 0,59 | 6,0 |
| 1,045 | 5,6 | 58 | 3,79 | 32,6 |
| 1,091 | 10,9 | 119 | 8,07 | 88,0 |
| 1,125 | 14,8 | 167 | 11,06 | 124,4 |
| 1,180 | 20,5 | 242 | 16,00 | 188,8 |
| 1,220 | 24,2 | 295 | 19,65 | 239,7 |
| 1,285 | 29,8 | 385 | 25,50 | 327,7 |
| 1,357 | 35,9 | 487 | 32,50 | 441,0 |
| 1,410 | 39,9 | 363 | 37,65 | 530,9 |
| 1,468 | 44,6 | 655 | 43,58 | 639,8 |
| 1,530 | 49,4 | 756 | 50,10 | 766,5 |

**Плотность и процентная концентрация
растворов аммиака**

| Плотность (в $г/см^3$) при 15° С | Концентрация раствора (в %) | Содержание аммиака в 1 л раствора (в г) при 15°С |
|--------------------------------------|--------------------------------|--|
| 1,000 | 0,00 | 0,0 |
| 0,990 | 2,31 | 22,8 |
| 0,980 | 4,80 | 47,0 |
| 0,970 | 7,31 | 70,8 |
| 0,966 | 8,33 | 80,4 |
| 0,950 | 12,74 | 120,9 |
| 0,940 | 15,63 | 146,8 |
| 0,930 | 18,64 | 173,2 |
| 0,920 | 21,76 | 199,9 |
| 0,910 | 24,99 | 227,2 |
| 0,900 | 28,33 | 254,7 |
| 0,890 | 31,75 | 282,3 |
| 0,882 | 34,95 | 308,0 |

Таблица растворимости некоторых оснований и солей в воде

| | OH^- | Cl^- | S^{2-} | SO_3^{2-} | SO_4^{2-} | PO_4^{3-} | CO_3^{2-} | PO_3^- | NO_3^- | CH_3COO^- | SiO_3^{2-} |
|-----------|--------|--------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|----------|-------------|--------------|
| K^+ | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р |
| Na^+ | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р |
| Ba^{2+} | р | р | р | в | в | в | в | в | р | р | в |
| Ca^{2+} | м | р | м | в | м | в | в | в | р | р | в |
| Mg^{2+} | м | р | р | в | р | в | в | в | р | р | в |
| Al^{3+} | в | р | — | — | р | в | — | в | р | м | в |

| | OH ⁻ | Cl ⁻ | S ²⁻ | SO ₃ ²⁻ | SO ₄ ²⁻ | PO ₄ ³⁻ | CO ₃ ²⁻ | PO ₃ ⁻ | NO ₃ ⁻ | CH ₃ COO ⁻ | SiO ₃ ²⁻ |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Cr ³⁺ | н | р | — | — | р | н | — | н | р | р | н |
| Fe ²⁺ | в | р | н | н | р | н | н | н | р | р | н |
| Fe ³⁺ | н | р | — | — | р | н | н | н | р | р | н |
| Mn ²⁺ | н | р | н | н | р | н | н | н | р | р | н |
| Zn ²⁺ | н | р | н | н | р | н | н | н | р | р | н |
| Ag ⁺ | — | н | н | н | м | н | н | н | р | р | н |
| Hg ⁺ | — | н | н | н | м | н | н | — | р | м | — |
| Hg ²⁺ | — | р | н | н | р | н | н | — | р | р | — |
| Cu ²⁺ | н | р | н | н | р | н | н | н | р | р | н |
| Pb ²⁺ | н | м | н | н | н | н | н | н | р | р | н |
| Bi ²⁺ | н | — | н | н | р | н | н | — | р | р | н |
| Sn ²⁺ | н | р | н | — | р | н | — | — | — | р | — |
| NH ₄ ⁺ | р | р | р | р | р | р | р | — | р | р | — |

Примечание. В клетках на пересечении горизонтальных полос с вертикальными помечена растворимость соответствующего соединения. Буква «р» обозначает растворимое в воде соединение, буква «н» — нерастворимое и «м» — малорастворимое; черта в клетке обозначает, что соединение или не существует или разлагается водой.

Степень ионизации электролитов в 0,1 н. растворе при 18°C
(в %, для сильных электролитов — кажущаяся).

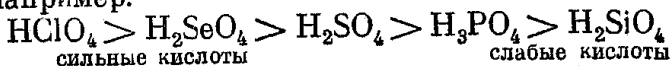
| Название электролита | Ионы, образующиеся при ионизации | | Степень ионизации |
|--|----------------------------------|---|-------------------|
| Кислоты | | | |
| Азотная | H ⁺ | NO ₃ ⁻ | 92 |
| Соляная | H ⁺ | Cl ⁻ | 92 |
| Серная | 2H ⁺ | SO ₄ ²⁻ | 58 |
| Фосфорная | H ⁺ | H ₂ PO ₄ ⁻ | 27 |
| Сернистая | 2H ⁺ | SO ₃ ²⁻ | 34 |
| Уксусная | H ⁺ | CH ₃ COO ⁻ | 1,3 |
| Угольная | H ⁺ | HCO ₃ ⁻ | 0,17 |
| Сероводородная | 2H ⁺ | S ²⁻ | 0,07 |
| Борная | H ⁺ | H ₂ BO ₃ ⁻ | 0,01 |
| Основания | | | |
| Едкий натр | Na ⁺ | OH ⁻ | 92 |
| Едкое кали | K ⁺ | OH ⁻ | 91 |
| Едкий барит | Ba ²⁺ | 2OH ⁻ | 77 |
| Едкий аммоний (гидроокись аммония) | NH ₄ ⁺ | OH ⁻ | 1,3 |
| Соли | | | |
| Тип Me ⁺ A ⁻ , например KCl, NaNO ₃ | Me ⁺ | A ⁻ | 86 |
| Тип Me ₂ ⁺ A ₂ ⁻ или Me ²⁺ A ₂ ⁻ , например K ₂ SO ₄ , BaCl ₂ | 2Me ⁺ | A ₂ ⁻ | |
| | Me ²⁺ | 2A ⁻ | 73 |
| Тип Me ₃ ⁺ A ₃ ⁻ или Me ³⁺ A ₃ ⁻ , например AlCl ₃ , K ₃ [Fe(CN) ₆] | 3Me ⁺ | A ₃ ⁻ | 65 |
| | Me ³⁺ | 3A ⁻ | |
| Тип Me ²⁺ A ₂ ⁻ , например CuSO ₄ | Me ²⁺ | A ₂ ⁻ | 40 |

Под ионом водорода H^+ подразумевается гидратированный ион $H^+ + H_2O = H_3O^+$ (ион гидроксония).

Диссоциация водородных соединений неметаллов $H_n^+X^{n-}$, в которых водород электроположителен, заключается не просто в отщеплении протона, а в перемещении его из молекул $H_n^+X^{n-}$ в молекулы воды или наоборот, например: а) $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$, б) $NH_3 + H_2O = NH_4^+ + OH^-$. В первом случае получается кислый раствор, во втором — щелочной.

Молекулы $H_n^+X^{n-}$ тем прочнее удерживают свои протоны и тем энергичнее притягивают к себе добавочный протон, чем больше заряд иона X^{n-} и чем меньше его радиус. Поэтому такие соединения, расположенные в таблице правее и ниже воды (формулы их заключены в рамку), в водных растворах выступают как кислоты. Сила этих кислот возрастает слева направо и сверху вниз. Соединения, расположенные левее воды (их формулы заключены в пунктирные рамки), выступают в водных растворах (аммиак) или при взаимодействии с кислотами как основания, соединяясь с последними с образованием солей: $RH_3 + HI = RH_3^+I^-$. Сила этих оснований сверху вниз уменьшается.

Сила высших кислородных кислот также увеличивается с возрастанием радиуса аниона и уменьшением его заряда, например:



Водородный показатель

Произведение молярных концентраций ионов $[c]$ воды при $22^\circ C$ имеет значение

$$\begin{aligned} c_{H^+} \cdot c_{OH^-} &= 10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14} \\ c_{H^+} &= c_{OH^-} = 10^{-7} \end{aligned}$$

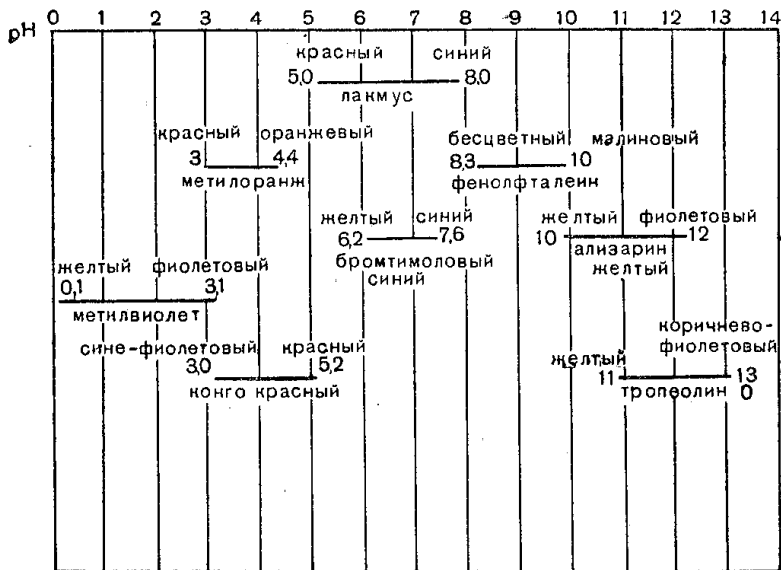


Рис. 4. Индикаторы и интервалы их превращения.

Логарифм молярных концентраций водородных ионов, взятый с обратным знаком, называется *водородным показателем* и обозначается рН.

Пример.

Пересчет c_{H^+} в рН:

$$\lg c_{H^+} = -7$$

$$pH = 7$$

| Характер среды | c_{H^+} | c_{OH^-} | рН |
|-------------------|------------|------------|------|
| Нейтральная . . . | 10^{-7} | 10^{-7} | 7 |
| Кислая | $>10^{-7}$ | $<10^{-7}$ | <7 |
| Щелочная | $<10^{-7}$ | $>10^{-7}$ | >7 |

Водородный показатель сильных кислот и оснований

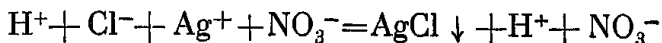
| Кислоты | c_{H^+} | pH | Основания | c_{H^+} | pH |
|----------------------------|---------------------|------|--------------------------|-----------------------|-------|
| 1н. HCl | 0,80 | 0,1 | 1н. NH ₄ OH | $2,4 \cdot 10^{-13}$ | 11,62 |
| 0,1н. HCl | 0,084 | 1,07 | 0,1н. NH ₄ OH | $7,45 \cdot 10^{-12}$ | 11,13 |
| 1н. CH ₃ COOH | $3,3 \cdot 10^{-3}$ | 2,37 | 1н. NaOH | $0,9 \cdot 10^{-14}$ | 14,05 |
| 0,1н. CH ₃ COOH | $1,4 \cdot 10^{-3}$ | 2,9 | 0,1н. NaOH | $8,6 \cdot 10^{-14}$ | 13,07 |
| Вода . . | 10^{-7} | 7 | | | |

pH некоторых жидких компонентов человеческого организма

Кровь — 7,32—7,35; моча — 6—5; желудочный сок — 1,73.

Условия, при которых ионные реакции протекают до конца

1. Реакция протекает до конца в том случае, когда одно из образующихся веществ нерастворимо, например реакция между HCl и AgNO₃: ионы хлора Cl⁻ и серебра Ag⁺ образуют нерастворимое вещество AgCl; реакция идет до конца. В ионной форме уравнение записывается так:

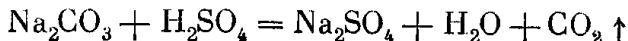


После сокращения:

$Ag^+ + Cl^- = AgCl \downarrow$ (характерная реакция на ионы Cl⁻ и Ag⁺).

2. Реакция протекает до конца, если образуется газообразное вещество, удаляющееся из сферы реакции.

Примером такой реакции является взаимодействие между серной кислотой и углекислым натрием:



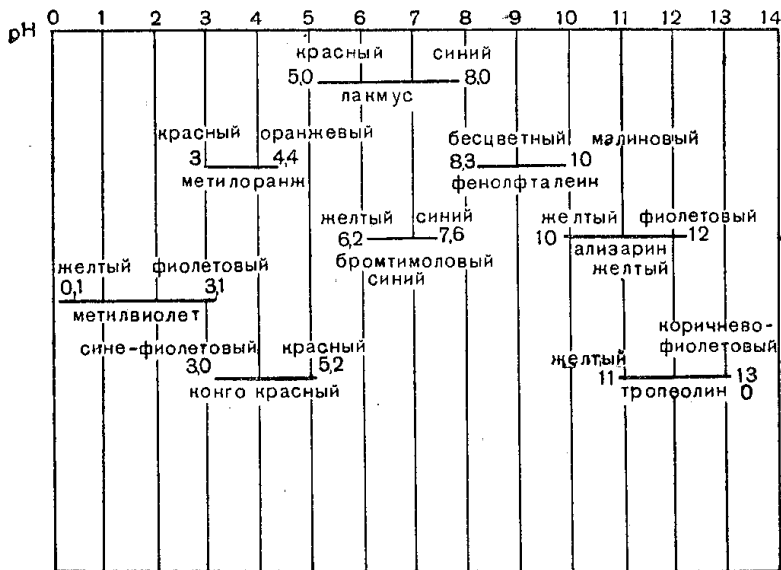


Рис. 4. Индикаторы и интервалы их превращения.

Логарифм молярных концентраций водородных ионов, взятый с обратным знаком, называется *водородным показателем* и обозначается рН.

Пример.

Пересчет c_{H^+} в рН:

$$\lg c_{H^+} = -7$$

$$pH = 7$$

| Характер среды | c_{H^+} | c_{OH^-} | рН |
|-------------------|------------|------------|------|
| Нейтральная . . . | 10^{-7} | 10^{-7} | 7 |
| Кислая | $>10^{-7}$ | $<10^{-7}$ | <7 |
| Щелочная | $<10^{-7}$ | $>10^{-7}$ | >7 |

Водородный показатель сильных кислот и оснований

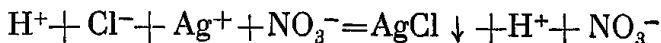
| Кислоты | с _{н⁺} | рН | Основания | с _{н⁺} | рН |
|----------------------------|----------------------------|------|--------------------------|----------------------------|-------|
| 1н. HCl | 0,80 | 0,1 | 1н. NH ₄ OH | 2,4 · 10 ⁻¹² | 11,62 |
| 0,1н. HCl | 0,084 | 1,07 | 0,1н. NH ₄ OH | 7,45 · 10 ⁻¹² | 11,13 |
| 1н. CH ₃ COOH | 3,3 · 10 ⁻³ | 2,37 | 1н. NaOH | 0,9 · 10 ⁻¹⁴ | 14,05 |
| 0,1н. CH ₃ COOH | 1,4 · 10 ⁻³ | 2,9 | 0,1н. NaOH | 8,6 · 10 ⁻¹⁴ | 13,07 |
| Вода . . | 10 ⁻⁷ | 7 | | | |

рН некоторых жидких компонентов человеческого организма

Кровь — 7,32—7,35; моча — 6—5; желудочный сок — 1,73.

Условия, при которых ионные реакции протекают до конца

1. Реакция протекает до конца в том случае, когда одно из образующихся веществ нерастворимо, например реакция между HCl и AgNO₃: ионы хлора Cl⁻ и серебра Ag⁺ образуют нерастворимое вещество AgCl; реакция идет до конца. В ионной форме уравнение записывается так:

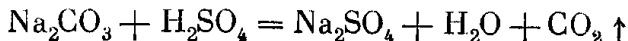


После сокращения:

$\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl} \downarrow$ (характерная реакция на ионы Cl⁻ и Ag⁺).

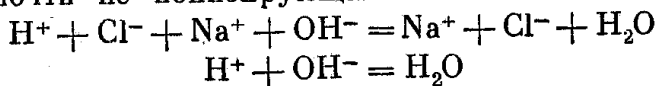
2. Реакция протекает до конца, если образуется газообразное вещество, удаляющееся из сферы реакции.

Примером такой реакции является взаимодействие между серной кислотой и углекислым натрием:

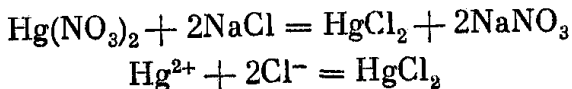


3. Реакция протекает до конца, если образуется слабо ионизирующее вещество:

а) реакция нейтрализации, при которой образуется вода, почти не ионизирующая на ионы:



б) реакция с образованием веществ, не распадающихся на свободные ионы:



Ионные реакции практически необратимы, если:

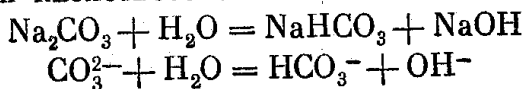
а) удаляется из сферы реакции одно из образующихся веществ в виде осадка или газа (пара), б) образуется слабо ионизирующее вещество.

Гидролиз солей

Гидролиз — реакция обменного разложения между водой и различными соединениями.

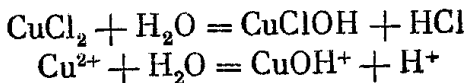
Соли сильной кислоты и сильного основания не гидролизуются (например, NaCl).

1-й случай. Гидролиз соли слабой кислоты и сильного основания заключается в захвате протонов от молекул воды ионами кислотного остатка:



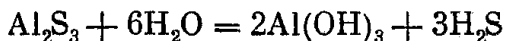
Раствор имеет *щелочную* реакцию.

2-й случай. Гидролиз соли сильной кислоты и слабого основания заключается в захвате ионов гидроксидов от молекул воды ионами металла:



Раствор имеет *кислую* реакцию.

3-й случай. Гидролиз соли слабой кислоты и слабого основания:



Гидролиз соли практически *протекает полностью*.

Реакция раствора может быть кислой, щелочной или нейтральной в зависимости от степени диссоциации основания и кислоты.

Соли, применяемые для охлаждения

| Соль | Вода — соль (температура воды 13°C) | | Снег — соль | |
|--------------------------------------|--|-----------------------|---|-----------------------|
| | на 100 вес. ч. воды взять соли (в вес. ч.) | температура (в °C) | на 100 вес. ч. снега берут соли (в вес. ч.) | температура (в °C) |
| KNO ₃ | 16 | 3,0 | 13 | — 2,9 |
| KCl | 30 | 0,6 | 30 | —11,1 |
| NH ₄ Cl | 30 | — 5,1 | 25 | —15,8 |
| NH ₄ NO ₃ | 60 | —13,6 | 45 | —17,3 |
| NaNO ₃ | 75 | — 5,3 | 50 | —17,3 |
| NaCl | 36 | 10,1 | 33 | —41,2 |
| CaCl ₂ ·6H ₂ O | 250 | —12,4 | 82 | —22,0 |
| | | | 125 | —40,0 |
| | | | 143 | —55,0 |

Охлаждающие смеси

| Состав смеси (в вес. ч.) | Температура (в °C) |
|---|--------------------|
| H ₂ O—16; NH ₄ Cl—5; KNO ₃ —5 | —12 |
| HCl—9; Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O—8 | —18 |
| H ₂ O—1; Na ₂ CO ₃ —1; NH ₄ NO ₃ —1 | —22 |
| HNO ₃ —4; NaPO ₃ ·10H ₂ O—9 | —25 |
| Лед—5; NaCl—2; NH ₄ Cl—1 | —25 |
| HNO ₃ —4; NH ₄ NO ₃ —5; Na ₂ SO ₄ —6 | —40 |

Более низкие температуры можно получить при смешивании твердой двуокиси углерода CO_2 с этиловым спиртом, эфиром или ацетоном. Как правило, при составлении смеси твердые вещества следует применять в измельченном виде, а смесь их хорошо перемешивать. Сосуды со смесью необходимо обвертывать теплоизолирующим материалом.

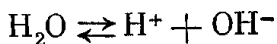
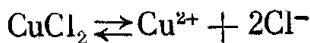
Законы электролиза (Фарадей, 1833—1834 гг.)

1. Количество вещества, выделяющегося на электродах, прямо пропорционально количеству электричества, проходящего через электролит.

2. Количества различных веществ, выделяющихся одним и тем же количеством электричества, пропорциональны их химическим эквивалентам.

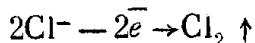
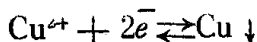
Примеры электролиза

1. Электролиз водного раствора хлорной меди CuCl_2 :

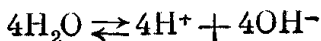
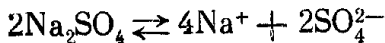


| |
|----------------------------------|
| К—катод (угольный или медный) |
|----------------------------------|

| |
|----------------------|
| А—анод (угольный) |
|----------------------|

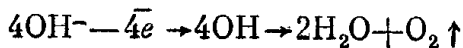
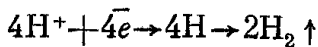


2. Электролиз водного раствора сульфата натрия Na_2SO_4 :

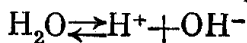
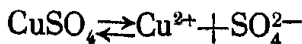


К—катод (угольный)

А—анод (угольный)

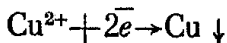


3. Электролиз раствора медного купороса
 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$:

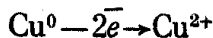


К—катод (медь)

А—анод (медь)



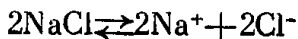
Образование медного
покрытия



«Растворение»
анода

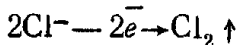
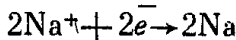
Добавления электролита на время процесса не требуется.

4. Электролиз расплава хлористого натрия NaCl :



К—катод (уголь)

А—анод (уголь)

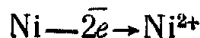
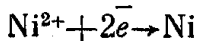


5. Процессы, происходящие при гальваническом никелировании:



К—катод (изделие)

А—анод (никель)



В итоге происходит непрерывное «растворение» анода

Электрохимические эквиваленты

Электрохимический эквивалент — весовое количество вещества, выделяющегося при электролизе единицей прошедшего электричества (1 к), вычисляется по формуле $l = \frac{m}{Q}$, где m — количество вещества, выделенного электрическим током, в миллиграммах, Q — количество электричества в кулонах. Электрохимический эквивалент часто выражают в граммах, деленных на ампер-час (3600 к).

| Катионы | Число граммов в 1 часе | Количество вещества (в мг), выделенного зарядом в 1 к |
|------------------------------|------------------------|---|
| Ag ⁺ | 107,9 | 1,118 |
| Al ³⁺ | 9,0 | 0,093 |
| Au ³⁺ | 65,7 | 0,681 |
| Cu ⁺ | 63,6 | 0,659 |
| Cu ²⁺ | 31,8 | 0,329 |
| Mn ²⁺ | 27,5 | 0,285 |
| Pb ²⁺ | 103,6 | 1,074 |
| Zn ²⁺ | 32,7 | 0,339 |
| NH ₄ ⁺ | 18,0 | 0,187 |
| H ⁺ | 1,008 | 0,01044 |

Электрохимический ряд активности металлов

K, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Cr, Ni, Sn, Pb, \overline{H} ,
Cu, Hg, Ag, Pt, Au.

Чем левее расположен металл в этом ряду, тем он: а) химически более активен — легче окисляется, т. е. отдает электроны, б) обладает большими восстановительными свойствами, в) из ионного состояния восстанавливается труднее.

Каждый металл этого ряда «вытесняет» все металлы, расположенные правее его, из растворов их солей.

Ряд напряжений металлов
(нормальные электродные потенциалы при 25° С)

| Металл | Электродный процесс | Напряжение (в в) | Металл | Электродный процесс | Напряжение (в в) |
|----------|--|------------------|---------|--|------------------|
| Калий | $K \rightleftharpoons K^+ + e^-$ | -2,92 | Кадмий | $Cd \rightleftharpoons Cd^{2+} + 2e^-$ | -0,402 |
| Кальций | $Ca \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2e^-$ | -2,84 | Никель | $Ni \rightleftharpoons Ni^{2+} + 2e^-$ | -0,23 |
| Натрий | $Na \rightleftharpoons Na^+ + e^-$ | -2,713 | Олово | $Sn \rightleftharpoons Sn^{2+} + 2e^-$ | -0,14 |
| Магний | $Mg \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2e^-$ | -2,38 | Свинец | $Pb \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2e^-$ | -0,126 |
| Уран | $U \rightleftharpoons U^{3+} + 3e^-$ | -1,70 | Водород | $H_2 \rightleftharpoons 2H^+ + 2e^-$ | 0,00 |
| Алюминий | $Al \rightleftharpoons Al^{3+} + 3e^-$ | -1,66 | Медь | $Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e^-$ | +0,34 |
| Марганец | $Mn \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2e^-$ | -1,05 | Ртуть | $2Hg \rightleftharpoons 2Hg^+ + 2e^-$ | +0,798 |
| Цинк | $Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e^-$ | -0,763 | Серебро | $Ag \rightleftharpoons Ag^+ + e^-$ | +0,799 |
| Хром | $Cr \rightleftharpoons Cr^{3+} + 3e^-$ | -0,71 | Платина | $Pt \rightleftharpoons Pt^{2+} + 2e^-$ | +1,20 |
| Железо | $Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e^-$ | -0,44 | Золото | $Au \rightleftharpoons Au^{3+} + 3e^-$ | +1,42 |

Электродвижущая сила гальванической пары, составленной из любых двух электродов, подсчитывается по формуле $E = e_1 - e_2$, т. е. путем вычитания потенциала с меньшей алгебраической величиной из потенциала более положительного. Например, для гальванической пары $Zn // Cu$ э.д.с. будет равна:

$$E = (+0,34 \text{ в}) - (-0,76 \text{ в}) = 1,10 \text{ в.}$$

Для цепи $Zn // Mn$ э.д.с. будет равна:

$$E = (-0,76 \text{ в}) - (-1,05 \text{ в}) = 0,29 \text{ в.}$$

Дисперсные системы

Увеличение поверхности тела при его дроблении

| Длина ребра кубика (в см) | Число кубиков | Общая поверхность (в см ²) | Длина ребра кубика (в микронах) | Число кубиков | Общая поверхность (в м ²) |
|---------------------------|-----------------|--|---------------------------------|------------------|---------------------------------------|
| 1 | 1 | 6 | 1 | 10 ¹² | 6 |
| 0,1 | 10 ³ | 60 | 0,1 | 10 ¹⁵ | 60 |
| 0,01 | 10 ⁶ | 600 | 0,01 | 10 ¹⁸ | 600 |
| 0,001 | 10 ⁹ | 6000 | 0,001 | 10 ²¹ | 6000 |

По мере уменьшения величины частиц степень дисперсности повышается, и, наоборот, при повышении степени дисперсности величина частиц уменьшается!

| Грубые дисперсии | Коллоиды | Молекулярные дисперсии |
|--|--|--|
| <p>Величина частиц >100 мк</p> <p>Частицы состоят более чем из 10⁹ атомов, например песок в воде</p> <p>Частицы видимы в микроскоп</p> | <p>Величина частиц от 100 до 1 мк</p> <p>Частицы образованы самое большее из 10⁹ атомов или по меньшей мере из 10³ атомов, например белковые вещества</p> <p>Частицы иногда могут быть замечены с помощью ультрамикроскопа; они видимы в электронный микроскоп</p> | <p>Величина частиц <1 мк</p> <p>Частицы содержат от 10³ до 1 атома, например раствор сахара</p> <p>Частицы невидимы даже в электронный микроскоп</p> |

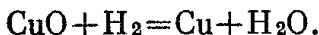
| Грубые дисперсии | Коллоиды | Молекулярные дисперсии |
|---|--|--|
| <p>Частицы не проходят через бумажный фильтр</p> <p>Частицы не обладают свойством диализоваться и диффундировать</p> <p>Частицы быстро оседают или всплывают (расслаиваются)</p> <p>Частицы рассеивают свет</p> | <p>Частицы легко проходят через бумажный фильтр, но задерживаются ультрафильтром</p> <p>Частицы с трудом могут быть разделены диализом и плохо диффундируют</p> <p>Частицы не оседают или оседают очень медленно</p> <p>Частицы рассеивают свет (свечение Тиндаля)</p> | <p>Частицы проходят через бумажный фильтр и ультрафильтры</p> <p>Частицы подвергаются диализу и диффузии</p> <p>Частицы не оседают и не всплывают</p> <p>Частицы не рассеивают света</p> |

СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ

Физические и химические свойства водорода

| | |
|---|--------------------|
| Молекулярный вес | 2 |
| Плотность по отношению к кислороду | 0,06893 |
| » » к воздуху | 0,06952 |
| » жидкого водорода при —252,8°С | 0,07 |
| Плотность твердого водорода при —260°С | 0,0762 |
| Температура кипения | —252,8°С |
| Температура плавления | —259,2°С |
| Растворимость при 0°С | 21,5 мл в 1 л воды |
| » » 10°С | 19,8 мл в 1 л воды |
| Содержание в земной коре по весу | 1% |
| Содержание в атмосфере Солнца | 84% |

В соединениях водород одновалентен. Его химические свойства объясняются легкой отдачей электрона. Водород — восстановитель: он вытесняет некоторые тяжелые металлы из растворов их солей, а при высоких температурах отнимает кислород от многих соединений, например:



Соединяется непосредственно со многими неметаллами: с фтором соединение происходит со взрывом даже при —200° С, с хлором — со взрывом при 400°С (или при освещении прямым солнечным светом и при вспышке магния). Смесь водорода с кислородом в объемном отношении 2 : 1 (гремучий газ) взрывает от электрической

искры и при поджигании, образуя воду. С галогенами образует соединения HF, HCl, HBr, HI; с серой — сероводород H_2S . С азотом дает важное соединение аммиак NH_3 , с углеродом — ацетилен C_2H_2 (в пламени электрической дуги).

С некоторыми металлами образует гидриды, например гидрид калия KH , гидрид кальция CaH_2 и др. Если расплав гидрида подвергнуть электролизу, то водород выделяется на аноде, следовательно, его ион имеет отрицательный заряд, подобно иону галогена в солях. На этом основании водород иногда помещают в VII группу периодической системы.

Физические и химические свойства элементов главной подгруппы I группы

| Свойства | Литий Li | Натрий Na | Калий K | Рубидий Rb | Цезий Cs | Франций Fr |
|---|---|---|--|---|---|---------------|
| Порядковый номер | 3 | 11 | 19 | 37 | 55 | 87 |
| Атомный вес | 6,94 | 23 | 39,1 | 85,5 | 133 | 223 |
| Плотность (г/см ³) | 0,53 | 0,97 | 0,86 | 1,53 | 1,9 | — |
| Температура плавления (в °C) | 186 | 97,7 | 63,5 | 38,5 | 28 | — |
| Температура кипения (в °C) Соединения с водородом (гидриды) | 1336 | 880 | 760 | 700 | 650 | — |
| Оксиды | LiH Li ₂ O, Li ₂ O ₂ | NaH Na ₂ O, Na ₂ O ₂ | KH K ₂ O, K ₂ O ₂ | RbH Rb ₂ O, Rb ₂ O ₂ | CsH Cs ₂ O, Cs ₂ O ₂ | — |
| Гидроокиси | LiOH | NaOH | KOH | RbOH | CsOH | — |

| Свойства | Литий Li | Натрий Na | Калий K | Рубидий Rb | Цезий Cs | Франций Fr |
|---------------------------------------|-------------------|------------------------------|------------------|---------------|-------------|---------------|
| Соединения с галогенами | LiCl | NaCl | KCl | RbCl | CsCl | — |
| | | Аналогичны иодидам и бромиды | | | | |
| Соединения с серой (сульфиды) | Li ₂ S | Na ₂ S | K ₂ S | — | — | — |

Атомы легко отдают наружный электрон, превращаясь в положительно заряженный одновалентный ион с конфигурацией предыдущего инертного газа; присоединить электрон не могут; энергичные восстановители.

Отношение к кислороду и галогенам: литий, натрий и калий загораются при небольшом нагревании. Рубидий и цезий самовоспламеняются со взрывом.

Отношение к воде: вытесняют водород, образуя сильные основания; LiOH обладает наименьшей растворимостью в воде и напоминает гидраты окислов щелочноземельных металлов. Почти все соли легко растворяются в воде.

Физические и химические свойства элементов главной подгруппы II группы

| Свойства | Бериллий Be | Магний Mg | Кальций Ca | Стронций Sr | Барий Ba | Радий Ra |
|--|----------------|--------------|---------------|----------------|-------------|-------------|
| Порядковый номер | 4 | 12 | 20 | 38 | 56 | 88 |
| Атомный вес | 9,01 | 24,32 | 40,08 | 87,63 | 137,36 | (226) |
| Плотность (в г/см ³) | 1,82 | 1,74 | 1,55 | 2,6 | 3,6 | 6,0 |

| Свойства | Берил- лий Be | Магний Mg | Кальций Ca | Стронций Sr | Барий Ba | Радий Ra |
|---|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|
| Температура плавления (в °С) | 1284 | 651 | 851 | 777 | 717 | 960 |
| Температура кипения (в °С) | 1970 | 1107 | 1439 | 1383 | 1640 | 1140 |
| Соединения с водородом (гидриды) . . | — | — | CaH ₂ | SrH ₂ | BaH ₂ | RaH ₂ |
| Оксиды . . | BeO | MgO | CaO, CaO ₂ | SrO, SrO ₂ | BaO, BaO ₂ | RaO |
| Гидро- окиси | Be(OH) ₂ | Mg(OH) ₂ | Ca(OH) ₂ | Sr(OH) ₂ | Ba(OH) ₂ | Ra(OH) ₂ |
| Соединения с галогенами | BeCl ₂ | MgCl ₂ | CaCl ₂ | SrCl ₂ | BaCl ₂ | RaCl ₂ |
| Соединения с серой (суль- фиды) | BeS | MgS | CaS | SrS | BaS | — |
| Соединения с углеродом (карбиды) . . | BeC ₂ | MgC ₂ | CaC ₂ | — | BaC ₂ | — |

Атомы всех элементов II группы легко отдают два наружных электрона, превращаясь в положительно заряженные ионы. Во всех соединениях элементы исключительно двухвалентны. Проявляют большую химическую близость друг к другу. Все, кроме бериллия, обладают ярко выраженными металлическими свойствами.

Отношение к кислороду: на воздухе быстро окисляются, образуя окисы металлов.

Отношение к воде: вытесняют из воды водород при обыкновенной температуре; бериллий и магний реагируют медленнее, поскольку их гидроксиды труднее растворяются в воде.

Большинство солей незначительно растворяется в воде.

Физические и химические свойства элементов главной подгруппы III группы

| Свойства | Бор В | Алюминий Al | Галлий Ga | Индий In | Таллий Tl |
|---|--|--|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Порядковый номер | 5 | 13 | 31 | 49 | 81 |
| Атомный вес | 10,82 | 26,97 | 69,72 | 114,76 | 204,39 |
| Плотность (в г/см ³) | 3,33 крист. | 2,7 | 5,91 | 7,31 | 11,85 |
| Температура плавления (в °С) | 2075 | 659,8 | 29,78 | 155 | 303 |
| Температура кипения (в °С) | 3860 | 2500 | 2244 | 2000 | 1472 |
| Соединения с водородом (гидриды) | B ₂ H ₄ | | Не образуют | | |
| Оксиды | B ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | Ga ₂ O ₃ | In ₂ O ₃ | Tl ₂ O ₃ |
| Гидроксиды | B(OH) ₃ H ₃ BO ₃ | Al(OH) ₃ HAIO ₂ | Ga(OH) ₃ | In(OH) ₃ | Tl(OH) ₃ |
| Соединения с галогенами | BCl ₃ | AlCl ₃ | GaCl ₃ | InCl ₃ | TlCl ₃ |
| Соединения с серой (сульфиды) | B ₂ S ₃ | Al ₂ S ₃ | Ga ₂ S ₃ | In ₂ S ₃ | Tl ₂ S ₃ |
| Соединения с углеродом (карбиды) | B ₄ C | Al ₄ C ₃ | — | — | — |

Металлические свойства благодаря наличию трех электронов в наружной оболочке атома выражены слабей, чем у элементов I и II групп. Все элементы трехвалентны.

Физические и химические свойства элементов главной подгруппы IV группы

| Свойства | Углерод C | Кремний Si | Германий Ge | Олово Sn | Свинец Pb |
|---|--|--------------------------|--------------------------|--|--|
| Порядковый номер | 6 | 14 | 32 | 50 | 82 |
| Атомный вес | 12 | 28,06 | 72,6 | 118,7 | 207,2 |
| Плотность (в г/см ³) | 3,51 (алмаз) | 2,4 | 5,4 | 7,3 | 11,3 |
| Температура плавления (в °C) | 3500 | 1415 | 958 | 231,9 | 327,3 |
| Температура кипения (в °C) | — | 2600 | 2700 | 2337 | 1750 |
| Соединения с кислородом | CO, CO ₂ | SiO, SiO ₂ | GeO, GeO ₂ | SnO ₂ | PbO, PbO ₂ , Pb ₃ O ₄ |
| Соединения с водородом | C ₂ H ₂ , CH ₄ и др. | SiH ₄ | GeH ₄ | SnH ₄ | — |
| Соединения с галогенами | CCl ₄ | SiCl ₄ | GeCl ₄ | SnCl ₂ , SnCl ₄ | PbCl ₂ , PbCl ₄ |
| Соединения с серой | CS ₂ | SiS ₂ | GeS ₂ | SnS ₂ , SnS | PbS ₂ , PbS |

С увеличением заряда ядра металлические свойства усиливаются: углерод и кремний — неметаллы, у гер-

мания появляются металлические свойства, а у олова и свинца металлические свойства уже преобладают над неметаллическими. У всех элементов высшая валентность, как положительная, так и отрицательная, равна четырем.

Аллотропные модификации углерода

| | Алмаз | Графит |
|-----------------------------------|---|--|
| Цвет | Бесцветный | Темно-серый с металлическим блеском |
| Кристаллическая система | Тетраэдрическая | Гексагональная |
| Расположение атомов в кристалле | Все атомы углерода расположены на одинаковых расстояниях друг от друга — $1,54 \text{ \AA}$ | Атомы расположены по углам правильных шестиугольников, лежащих в параллельных плоскостях. Расстояние между плоскостями $3,4 \text{ \AA}$, между атомами в плоскостях $1,45 \text{ \AA}$ |
| Твердость (по шкале Мооса) | 10 | 0,5—1 |
| Плотность (в $г/см^3$) | 3,51 | 2,22 |
| Теплота сгорания (в <i>ккал</i>) | 94,31 | 94,81 |
| Электропроводность | Не проводит электрического тока | Хорошо проводит электрический ток |
| Продукт сгорания | CO_2 | CO_2 |

Так называемый «аморфный уголь» (древесный, животный, сажа) представляет собой графит, находящийся в очень высокой степени раздробленности.

**Физические и химические свойства элементов главной подгруппы
V группы**

| Свойства | Азот N | Фосфор P | Мышьяк As | Сурьма Sb | Висмут Bi |
|---|-----------------|---|---------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Порядковый номер | 7 | 15 | 33 | 51 | 83 |
| Атомный вес | 14,008 | 30,975 | 74,91 | 121,76 | 209 |
| Плотность в твердом состоя- нии (в $г/см^3$) | 1,0 | 1,82 (белый) 2,20 (крас- ный) | 1,97 (желтый) 5,72 | 6,7 | 9,8 |
| Цвет | Бесцвет- ный | Белый, черный, красный | Желтый, серый, серебри- стый | Желтый, серебри- стый | Красно- ватый |
| Температура плавления (в $^{\circ}C$) | -210 | 44,2 (белый) | 814 (при давлении 36 ат) | 631 | 271 |
| Температура ки- пения (в $^{\circ}C$) | -195,5 | 280,5 (белый) | 615 (возг.) | 1635 | 1560 |
| Состав молекул в парообразном со- стоянии | N_2 | $P_4 \rightleftharpoons P_2$ | $As_4 \rightleftharpoons As_2$ | $Sb_2 \rightleftharpoons Sb$ | $Bi_2 \rightleftharpoons Bi$ |
| Соединения с водородом | NH_3 | PH_3 | AsH_3 | SbH_3 | BiH_3 |
| Соединения с металлами | Mg_3N_2 | Ca_3P_2 | Na_3As | Mg_3Sb_2 | Mg_3Bi_2 |
| Оксиды (III) | N_2O_3 | P_2O_3 | As_2O_3 | Sb_2O_3 | Bi_2O_3 |
| Гидроокиси Соединения с галогенами | HNO_2 | H_3PO_3 | H_3AsO_3 | $Sb(OH)_3$ | $Bi(OH)_3$ |
| | NCl_3, NF_3 | PCl_3 | $AsCl_3$ | $SbCl_3$ | $BiCl_3$ |

| Свойства | Азот N | Фосфор P | Мышьяк As | Сурьма Sb | Висмут Bi |
|-------------------------------|-----------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Окислы (V) . . . | N_2O_5 | P_2O_5 | As_2O_5 | Sb_2O_5 | — |
| Гидроксиды . . . | HNO_3 | HPO_3 | $HAsO_3$ | $HSbO_3$ | $HBiO_3$ |
| Соединения с галогенами . . . | — | PCl_5 | — | $SbCl_5$ | — |

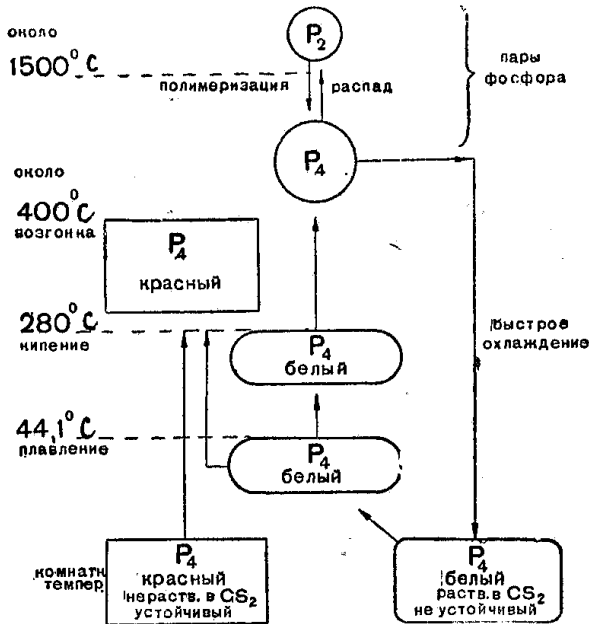


Рис. 5. Аллотропические видоизменения фосфора.

Металлические (основные) свойства усиливаются: азот и фосфор — неметаллы; мышьяк, сурьма и висмут — амфотерные элементы.

**Физические и химические свойства элементов главной подгруппы
VI группы**

| Свойства | Кислород O | Сера S | Селен Se | Теллур Te |
|--|---|--|---|--|
| Порядковый номер | 8 | 16 | 34 | 52 |
| Атомный вес | 16 | 32 | 78,96 | 127,61 |
| Цвет | Бесцветный | Желтый | Красно- бурый | Белый, в порошке черно- бурый |
| Плотность в твердом состо- янии (в г/см ³) | 1,12 | 1,96 (моноклин- ная) 2,07 (ромбиче- ская) | 4,46 (моноклин- ный) 4,79 (гексаго- нальный) | 6,35 (гексаго- нальный) |
| Температура плавления(в°С) | —218,8 | 112,8 (ромбиче- ская) 119 (моноклин- ная) | 170 | 453 |
| Температура кипения (в °С) | —183 | 444,5 | 688 | 1012 |
| Соединения с металлами | Оксиды | Сульфиды | Селениды | Теллуриды |
| Соединения с водородом | H ₂ O, H ₂ O ₂ | H ₂ S | H ₂ Se | H ₂ Te |
| Соединения с кислородом | — | SO ₂ — газ SO ₃ — тверд. | SeO — тверд. | TeO — тверд. |
| Соединения с углеродом | CO, CO ₂ | CS ₂ | CSe ₂ | — |
| Соединения с хлором | Cl ₂ O, ClO ₂ , Cl ₂ O ₇ | SCl ₄ , S ₂ Cl ₂ | SeCl ₄ , Se ₂ Cl ₂ | TeCl ₂ , TeCl ₄ |

Все элементы обладают ясно выраженным свойством присоединять электроны до октета (H_2O , H_2S и др.). Окислительная активность нейтральных атомов в ряду $O-S-Se-Te$ понижается, неметаллические свойства постепенно ослабевают.

Свойства кислорода и озона

| Свойства | Кислород — O_2 | Озон — O_3 |
|--|--|---|
| Молекулярный вес | 32 | 48 |
| Запах | Без запаха | Острый, характерный («озон» — пахнущий) |
| Цвет | Бесцветный, в толстых слоях голубоватый | Голубоватый даже в небольших количествах |
| Физиологические свойства | Обуславливает жизненные процессы | В небольших концентрациях полезен (убивает болезнетворные организмы), в больших — ядовит |
| Химические свойства | Активен: соединяется со всеми элементами, кроме инертных газов | Сильный окислитель вследствие выделения при распаде атомарного кислорода: $O_3 = O_2 + O$ |
| Температура плавления (в $^{\circ}C$) | -218,8 | -251,4 |
| Температура кипения (в $^{\circ}C$) | -183 | -111,9 |

Физические и химические свойства галогенов (VII группа)

| Свойства | Фтор F | Хлор Cl | Бром Br | Иод I |
|-------------------|-----------|------------|------------|----------|
| Порядковый номер | 9 | 17 | 35 | 53 |
| Атомный вес . . . | 19,00 | 35,457 | 79,92 | 126,91 |
| Молекулярный вес | 38,00 | 70,914 | 159,84 | 253,82 |

| Свойства | Фтор F | Хлор Cl | Бром Br | Иод I |
|---|----------------------------|-------------------|------------------|---------------------------|
| Цвет | Зелено- вато- желтый | Желто- зеленый | Красно- бурый | Темно- фиолето- вый |
| Плотность (в $г/см^3$) | 1,11 | 1,568 | 3,12 | 4,93 |
| Температура плавления (в $^{\circ}C$) | -223 | -101,3 | -7,3 | 113,9 |
| Температура кипения (в $^{\circ}C$) | -188,1 | -34,7 | 59 | 183 |
| Агрегатное состояние при обычных условиях | Газ | Газ | Жид- кость | Твердый |

Очень активные элементы: вступают в соединение со всеми простыми веществами. Наиболее характерное химическое свойство — присоединение электрона, отдаваемого металлами. Все — энергичные окислители. С увеличением заряда ядра химическая активность молекул уменьшается, химическая активность ионов увеличивается, металличность усиливается.

| | | | | |
|--|--|---|--|---|
| Порядок вытеснения одних галогенов другими Отношение к водороду | F —→ | Cl —→ | Br —→ | I |
| | HF Образуется со взрывом при обыкновенной температуре | HCl Образуется со взрывом при нагревании или на прямом свегу | HBr Образуется при повышенной температуре | HI Образуется при сильном нагревании |

Физические свойства элементов нулевой группы

| Свойства | Гелий He | Неон Ne | Аргон Ar | Криптон Kr | Ксенон Xe | Радон Rn |
|-----------------------------------|-------------|------------|-------------|---------------|--------------|-------------|
| Порядковый номер | 2 | 10 | 18 | 36 | 54 | 86 |
| Атомный вес | 4,003 | 20,183 | 39,944 | 83,80 | 131,30 | 222 |
| Плотность (в г/л) | 0,178 | 0,899 | 1,7837 | 3,736 | 5,851 | 9,96 |
| Плотность по воздуху | 0,1381 | 0,695 | 1,3799 | 2,89 | 4,51 | 7,31 |
| Температура плавления (в °С) | -272 | -248,61 | -187,9 | -157,1 | -112 | -71 |
| Температура кипения (в °С) . . | -268,98 | -246,3 | -185,84 | -151 | -108,5 | -61,8 |

Все эти элементы — инертные газы. В настоящее время получены некоторые соединения их с водой, водородом, фтором, органическими веществами. Молекулы их одноатомны, т. е. атомы в молекулы не соединяются. Атомы их содержат в наружном слое 2 (у гелия) или 8 электронов.

Физические и химические свойства элементов побочной подгруппы I группы

| Свойства | Медь Cu | Серебро Ag | Золото Au |
|---|------------|---------------|--------------|
| Порядковый номер | 29 | 47 | 79 |
| Атомный вес | 63,54 | 107,88 | 197,00 |
| Плотность (в г/см ³) | 8,9 | 10,5 | 19,3 |
| Температура плавления (в °С) | 1083 | 960,5 | 1063 |
| Температура кипения (в °С) . . | 2580 | 2600 | 2710 |

| Свойства | Медь Cu | Серебро Ag | Золото Au |
|-------------------------------|---|---|--|
| Соединения с кислородом . . . | Cu_2O , CuO | Ag_2O | Au_2O , Au_2O_3 |
| Гидроокиси . . . | CuOH , $\text{Cu}(\text{OH})_2$ | AgOH | $\text{Au}(\text{OH})_3$ |
| Соединения с галогенами . . . | CuCl , CuCl_2 , CuI , CuBr , CuBr_2 , CuF , CuF_2 | AgCl , AgBr , AgI | AuCl , AuBr , AuI , AuCl_3 , AuBr_3 |
| Соединения с серой | Cu_2S , CuS | Ag_2S | Au_2S , Au_2S_3 |

Атомы элементов этой подгруппы содержат в наружном слое один электрон, как и атомы элементов главной подгруппы. Но при реакциях могут участвовать электроны и второго снаружи электронного слоя, поэтому и образуются соединения с валентностью два (Cu^{2+}) и три (Au^{3+}).

Валентные электроны этих элементов расположены ближе к ядру, поэтому прочнее им удерживаются. У меди, серебра и золота активность меньшая, чем у щелочных металлов.

Физические и химические свойства элементов побочной подгруппы II группы

| Свойства | Цинк Zn | Кадмий Cd | Ртуть Hg |
|--|------------|--------------|-------------|
| Порядковый номер | 30 | 48 | 80 |
| Атомный вес | 65,38 | 112,41 | 200,61 |
| Плотность (в $\text{г}/\text{см}^3$) | 7,14 | 8,65 | 13,55 |

| Свойства | Цинк Zn | Кадмий Cd | Ртуть Hg |
|--------------------------------|------------------------------------|------------------------------|---|
| Температура плавления (в °C) | 419,4 | 321 | -39,9 |
| Температура кипения (в °C) . . | 913 | 767 | 357 |
| Соединения с кислородом . . . | ZnO (белый) | CdO (бурый) | HgO (желтый или красный) |
| Гидроокиси . . | Zn(OH) ₂ (амфотерен) | Cd(OH) ₂ | Hg(OH) ₂ |
| Соединения с галогенами . . . | ZnCl ₂ (белый) | CdCl ₂ (белый) | Hg ₂ Cl ₂ ; HgI ₂ HgCl ₂ (красный, белый или желтый) |
| Соединения с серой | ZnS (белый, в воде нерастворим) | CdS (желтый, нерастворим) | HgS (черный, нерастворим) |

Ртуть образует с хлором соединение Hg₂Cl₂, в котором ртуть одновалентной является лишь формально. На самом деле это соединение (хлористая ртуть, или каломель) имеет следующее строение: Cl—Hg—Hg—Cl. Из этой формулы ясно, что валентность ртути равна 2.

У атомов элементов этой группы второй наружный 18-электронный слой более устойчив, чем у элементов подгруппы меди. Они имеют только положительную валентность.

**Физические и химические свойства элементов побочной подгруппы
III группы**

| Свойства | Скандий Sc | Иттрий Y | Лантан La | Актиний Ac |
|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|
| Порядковый номер | 21 | 39 | 57 | 89 |
| Атомный вес | 44,96 | 88,92 | 138,92 | (227) |
| Плотность (в г/см ³) | 3,1 | 4,34 | 6,15 | 10,07 |
| Температура плавления (в °C) | 1538 | 1525 | 920 | 1050 |
| Температура кипения (в °C) | 2627 | 2780 | 3370 | 3300 |
| Соединения с кислородом | Sc ₂ O ₃ | Y ₂ O ₃ | La ₂ O ₃ | Ac ₂ O ₃ |
| Гидроокиси | Sc(OH) ₃ | Y(OH) ₃ | La(OH) ₃ | Ac(OH) ₃ |
| Соединения с галогенами | ScCl ₃ | YCl ₃ | LaCl ₃ , LaF ₃ | AcCl ₃ |

Элементы этой подгруппы содержат во внешнем слое по 2 электрона, а в предыдущем 9 (8+1). Общее число валентных электронов у этих элементов равняется 3. Все элементы — редкие рассеянные металлы. Их окислы и гидроокиси проявляют основные свойства.

Кроме названных элементов, к этой группе относятся 14 элементов с порядковыми номерами 58—71. Эти очень близкие между собой по химическим свойствам элементы получили название редкоземельных элементов или лантаноидов (т. е. сходных с лантаном). Химическое сходство их обусловлено структурой внешних электронных слоев: при переходе от элемента 58 к последующему изменение происходит только в третьем наружном слое с 18 (у лантана) до 32 (у лютеция).

Физические и химические свойства элементов побочной подгруппы IV группы

| Свойства | Титан Ti | Цирконий Zr | Гафний Hf |
|--|--|--------------------------------------|---------------------|
| Порядковый номер | 22 | 40 | 72 |
| Атомный вес | 47,90 | 91,22 | 178,5 |
| Плотность (в г/см ³) | 4,54 | 6,52 | 13,31 |
| Температура плавления (в °C) | 1725 | 1830 | 2230 |
| Температура кипения (в °C) | 3170 | 4500 | 5400 |
| Соединения с кислородом | TiO ₂ (рутил) | ZrO ₂ | HfO ₂ |
| Гидроокиси | Ti(OH) ₄ | Zr(OH) ₄ | Hf(OH) ₄ |
| Соединения с углеродом | TiC | ZrC | HfC |
| Соединения с галогенами | TiCl ₂ , TiCl ₃ TiCl ₄ | ZrCl ₄ , ZrF ₄ | HfF ₄ |

Элементы этой подгруппы в наружном слое имеют по 2 электрона, а в предыдущем — по 10 (8+2) электронов. Наличие четырех валентных электронов обуславливает сходство этих элементов с элементами главной подгруппы. Все элементы — металлы. Гидроокись Ti(OH)₄ амфотерна; основные свойства их усиливаются от Ti(OH)₄ к Hf(OH)₄.

Физические и химические свойства элементов побочной подгруппы V группы

| № у | Свойства | Ванадий V | Ниобий Nb | Тантал Ta |
|---------------|----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| 18-элементный | Порядковый номер | 23 | 41 | 73 |
| подгруппы | Атомный вес | 50,95 | 92,91 | 180,95 |
| лентности | Плотность (в г/см ³) | 6,11 | 8,57 | 16,6 |

| Свойства | Ванадий V | Ниобий Nb | Тантал Ta |
|--|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| Температура плавления (в °C) | 1900 | 2497 | 2850 |
| Температура кипения (в °C) | 3330 | 4842 | 5300 |
| Соединения с кислородом | V_2O_5, V_2O_6 | Nb_2O_5 | Ta_2O_5 |
| Гидроокиси | $V(OH)_5$ | $Nb(OH)_5$ | $Ta(OH)_5$ |
| Кислоты | HVO_3 | $HNbO_3$ | $HTaO_3$ |
| Соли | KVO_3 (ванадаты) | $KNbO_3$ (ниобаты) | $KTaO_3$ (танталаты) |
| Соединения с углеродом (карбиды) | VC | NbC | TaC |
| Соединения с галогенами | VF_5 | $NbCl_5, NbF_5$ | $TaCl_5, TaF_5$ |

Атомы элементов подгруппы ванадия содержат в наружной и предпоследней оболочках 5 валентных электронов: у ванадия 3+2, у ниобия 4+1, у тантала 3+2. Поэтому высшая их валентность равна 5. Низшие окислы обладают основными свойствами, а высшие — ангидриды кислот.

Физические и химические свойства элементов побочной подгруппы VI группы

| Свойства | Хром Cr | Молибден Mo | Вольфрам W | Уран U |
|----------------------------------|------------|----------------|---------------|-----------|
| Порядковый номер | 24 | 42 | 74 | 92 |
| Атомный вес | 52,01 | 95,95 | 183,86 | 238,07 |
| Плотность (в г/см ³) | 7,16 | 10,2 | 19,3 | 19,04 |

| Свойства | Хром Cr | | | Молибден Mo | Вольфрам W | Уран U |
|---------------------------------|--|--|--|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Температура плавления (в °C) | 1903 | | | 2620 | 3377 | 1133 |
| Температура кипения (в °C) | 2567 | | | 4800 | 5372 | 3862 |
| Соединения с кислородом | CrO, закись хрома | Cr ₂ O ₃ , окись хрома | CrO ₃ хромовый ангидрид | MoO ₂ , MoO ₃ | WO ₂ , WO ₃ | UO ₂ , UO ₃ |
| Гидроокиси | Cr(OH) ₂ , Cr(OH) ₃ , H ₂ CrO ₄ , H ₂ Cr ₂ O ₇ | | | H ₂ MoO ₄ | H ₂ WO ₄ | H ₂ UO ₄ |

У атомов элементов этой подгруппы при химических реакциях участвуют электроны двух слоев, а не одного слоя, как у элементов главной подгруппы. В химических соединениях элементы проявляют только положительную валентность и не могут образовывать отрицательно заряженных ионов, так как не создается условий для заполнения октета.

Физические и химические свойства элементов побочной подгруппы VII группы

| Свойства | Марганец Mn | Технеций Tc | Рений Re |
|----------------------------|----------------|----------------|-------------|
| Порядковый номер | 25 | 43 | 75 |
| Атомный вес | 54,94 | 99 | 186,22 |

| Свойства | Марганец Mn | Технеций Tc | Рений Re |
|---|--|---|--|
| Плотность (в г/см ³) | 7,4 | 11,5 | 20,2 |
| Температура плавления (в °C) | 1250 | 2140 | 3035 |
| Температура ки- пения (в °C) | 2120 | 2700 | 5642 |
| Соединения с кислородом | MnO, Mn ₂ O ₃ , MnO ₂ , Mn ₂ O ₇ | TcO ₂ , Tc ₂ O ₇ | Re ₂ O ₃ , ReO ₂ , ReO ₃ , Re ₂ O ₇ |
| Гидроокиси Соединения с серой | Mn(OH) ₂ MnS, MnS ₂ | — Tc ₂ S ₇ | — ReS ₂ , Re ₂ S ₇ |
| Соединения с галогенами | MnCl ₂ , MnCl ₃ | — | ReCl ₃ , ReCl ₅ |

В химических реакциях эти элементы проявляют только положительную валентность; это обусловлено малым числом электронов во внешнем слое (1—2), что не создает условий для образования устойчивого октета.

Физические и химические свойства элементов семейства железа

| Свойства | Железо Fe | Кобальт Co | Никель Ni |
|---|--------------|---------------|--------------|
| Порядковый но- мер | 26 | 27 | 28 |
| Атомный вес | 55,85 | 58,94 | 58,71 |
| Плотность (в г/см ³) | 7,86 | 8,8 | 8,8 |
| Температура плавления (в °C) | 1530 | 1490 | 1452 |
| Температура кипения (в °C) | 2730—3000 | 2255 | 2140 |

| Свойства | Железо Fe | Кобальт Co | Никель Ni |
|---------------------------------|---|--|--|
| Соединения с кислородом | FeO, Fe ₂ O ₃ | CoO, Co ₂ O ₃ | NiO, Ni ₂ O ₃ |
| Гидроокиси | Fe(OH) ₂ , Fe(OH) ₃ | Co(OH) ₂ , Co(OH) ₃ | Ni(OH) ₂ , Ni(OH) ₃ |
| Соединения с галогенами | FeCl ₂ , FeCl ₃ | CoCl ₂ , CoCl ₃ | NiCl ₂ |
| Соединения с серой | FeS, FeS ₂ | CoS, CoS ₂ | NiS |
| Кристаллогидраты | FeSO ₄ ·7H ₂ O | CoSO ₄ ·7H ₂ O | NiSO ₄ ·7H ₂ O |
| Цвет гидратированных ионов. | Fe ²⁺ бледно-зеленый, Fe ³⁺ желтый | Co ²⁺ розово-красный | Ni ²⁺ ярко-зеленый |

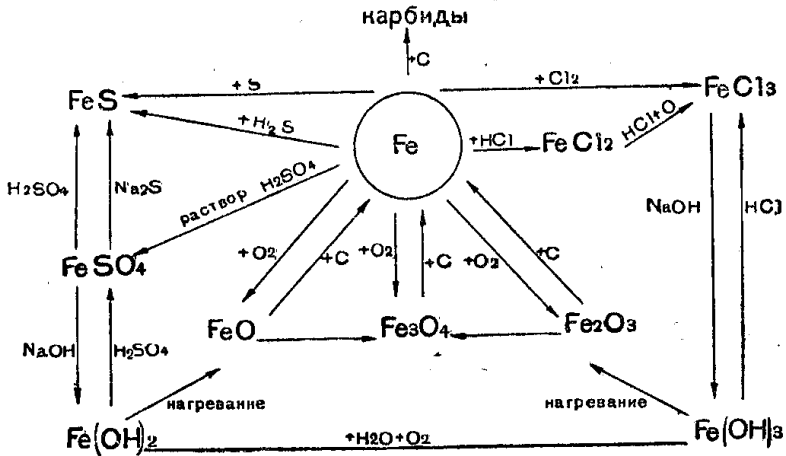


Рис. 6. Железо и его соединения.

Атомы элементов этого семейства во внешнем слое имеют по 2 валентных электрона. Это и обуславливает низшую положительную валентность элементов в соеди-

нениях, равную +2. При образовании соединений с валентностью +3 уже участвуют электроны предпоследнего слоя. С повышением валентности изменяется характер окислов и их гидратов от основных, например $\text{Fe}(\text{OH})_2$, до кислотных, FeO_3 — уже кислотный окисел. Соли сильных кислот обладают хорошей растворимостью в воде. Химически чистые железо, кобальт и никель стойки против коррозии.

**Физические и химические свойства
семейства платиновых металлов**

| Свойства | Руте- ний Ru | Родий Rh | Палла- дий Pd | Осмий Os | Ири- дий Ir | Платина Pt |
|--|--------------------|-------------|---------------------|-------------|-------------------|---------------|
| Порядковый номер . . | 44 | 45 | 46 | 76 | 77 | 78 |
| Атомный вес | 101,1 | 102,91 | 106,4 | 190,2 | 192,2 | 195,09 |
| Плотность (в г/см^3) . . . | 12,6 | 12,4 | 12,0 | 22,6 | 22,5 | 21,45 |
| Температура плавления (в $^{\circ}\text{C}$) | 2430 | 1966 | 1550 | 2700 | 2443 | 1769 |
| Температура кипения в $^{\circ}\text{C}$) | 4200 | 3667 | 3112 | 4610 | 4350 | 4000 |

Первая триада этих элементов — легкие платиновые металлы (их плотность около 12 г/см^3), вторая — тяжелые платиновые металлы (плотность около 22 г/см^3).

Все эти элементы очень стойки: на воздухе и во влажной среде не тускнеют (не корродируют); на них не действуют кислоты (за исключением платины, которая растворяется в царской водке, и палладия, взаимодействующего с азотной кислотой).

Физические свойства важнейших неорганических соединений

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °С) | |
|--------------------------------|----------------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------|
| | | | плавления | кипения |
| Азот | | | | |
| Закись азота | N_2O | 44,02 | -90,8 | -88,5 |
| Окись азота . . . | NO | 30,01 | -163,7 | -151,8 |
| Азотистый ангидрид | N_2O_3 | 76,02 | -102 | 3,5 Разлагается |
| Двуокись азота | $NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$ | 46,01 92,02 | -9,3 | 20,7 — |
| Азотный ангидрид | N_2O_5 | 108,02 | 32,3 Возгоняется | — |
| Азотистая кислота | HNO_2 | 47,02 | Известна только в растворах | |
| Азотная кислота | HNO_3 | 63,02 | -41 | Разлагается |
| Аммиак | NH_3 | 17,03 | -77,7 | -33,4 |
| Аммоний азотнокислый | NH_4NO_3 | 80,05 | 169,6 | Разлагается |
| Аммоний гидроксид | NH_4OH | 35,05 | — | — |
| Аммоний сернокислый | $(NH_4)_2SO_4$ | 132,15 | Разлагается | Разлагается |
| Аммоний хлористый | NH_4Cl | 53,50 | Возгоняется 350 | — |
| Алюминий | | | | |
| Окись алюминия | Al_2O_3 | 101,96 | 2010 | 2980 |
| Гидроксид алюминия | $Al(OH)_3$ | 77,99 | — | — |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °C) | |
|--|----------------------------|------------------|--------------------------------------|-------------|
| | | | плавления | кипения |
| Квасцы алюмокалиевые . . . | $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ | 474,40 | 92 (обезвоженный) | Разлагается |
| Хлористый алюминий (кристаллогидрат) | $AlCl_3 \cdot 6H_2O$ | 241,45 | — | — |
| Хлористый алюминий безводный | $AlCl_3$ | 133,34 | 192,6 | Возгоняется |
| Барий | | | | |
| Окись бария | BaO | 153,36 | 1920 | 2000 |
| Перекись бария | BaO_2 | 169,36 | 450 | Разлагается |
| Гидроокись бария (едкий барий) | $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ | 315,50 | 78 | Разлагается |
| Азотнокислый барий | $Ba(NO_3)_2$ | 261,38 | 595 | Разлагается |
| Сернистый барий | BaS | 169,43 | 2000 | — |
| Сернокислый барий | $BaSO_4$ | 233,43 | 1580 | — |
| Углекислый барий | $BaCO_3$ | 197,37 | 1740 (при 90 ат) | — |
| Хлористый барий | $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ | 244,31 | Обезвоживается при температуре 113°C | |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °C) | |
|-----------------------------------|------------|------------------|--------------------|--------------------------|
| | | | плавления | кипения |
| Бор | | | | |
| Борный ангидрид (окись) | B_2O_3 | 69,64 | 450 | 1860 |
| Борная кислота (орто) | H_3BO_3 | 61,84 | Разлагается 185 | — |
| Бром | | | | |
| Бромистый водород | HBr | 80,93 | —88,5 | —66,8 |
| Водород | | | | |
| Вода | H_2O | 18 | 0 | 100 |
| Перекись водорода | H_2O_2 | 34,02 | —0,46 | 69,7 |
| Цианистый водород | HCN | 27,03 | —13,3 | 25,6 |
| Железо | | | | |
| Закись железа | FeO | 71,85 | 1420 | — |
| Окись железа | Fe_2O_3 | 159,70 | 1565 | — |
| Закись-окись железа | Fe_3O_4 | 231,66 | 1538 | — |
| Гидрат закиси железа | $Fe(OH)_2$ | 89,87 | Разлагается | — |
| Гидроокись железа | $Fe(OH)_3$ | 106,87 | — | — |
| Сернистое железо | FeS | 87,92 | 1193 | Разлагается при 300°C |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °C) | |
|----------------------------------|---|------------------|--------------------|----------------|
| | | | плавления | кипения |
| Сернокислое закисное железо | $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 278,03 | 64 | Обезвоживается |
| Сернокислое окисное железо | $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ | 399,90 | Разлагается | — |
| Углекислое железо | FeCO_3 | 115,86 | Разлагается | — |
| Фосфорнокислое железо | $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 186,86 | — | — |
| Хлористое железо | FeCl_2 | 126,76 | 672 | 1012 |
| Хлорное железо | FeCl_3 | 162,22 | 304 | 315 |
| Хлорное железо (кристаллогидрат) | $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 270,32 | 37 | 285 |
| Иод | | | | |
| Иодистый водород | HI | 127,92 | -50,8 | -35,4 |
| Калий | | | | |
| Окись калия | K_2O | 94,2 | — | — |
| Гидроокись калия (едкое кали) | KOH | 56,10 | 400 | 1320— 1326 |
| Азотнокислый калий | KNO_3 | 101,10 | 334 | Разлагается |
| Бромистый калий | KBr | 119,02 | 730 | 1380 |
| Двухромовокислый калий | $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ | 294,22 | 398 | Разлагается |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °С) | |
|---|---------------------------|------------------|--------------------|-------------|
| | | | плавления | кипения |
| Железистосинеродистый калий | $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$ | 422,41 | — | — |
| Железосинеродистый калий | $K_3Fe(CN)_6$ | 329,26 | Разлагается | — |
| Иодистый калий | KI | 166,01 | 680—686 | 1323 |
| Марганцовокислый калий | $KMnO_4$ | 158,04 | Разлагается | — |
| Сернокислый калий | K_2SO_4 | 174,27 | 1076 | 2000 |
| Углекислый калий (поташ) | K_2CO_3 | 138,21 | 891 | Разлагается |
| Фосфорнокислый калий (одновалентный) | KH_2PO_4 | 136,09 | 252,6 | — |
| Фосфорнокислый калий (двухвалентный) | K_2HPO_4 | 174,18 | — | — |
| Фосфорнокислый калий | K_3PO_4 | 212,27 | 1340 | — |
| Хлористый калий | KCl | 74,56 | 768 | 1406 |
| Хлорноватокислый калий (бертолетова соль) | $KClO_3$ | 122,56 | 368,4 | Разлагается |
| Хромовокислый калий | K_2CrO_4 | 194,20 | 968,3 | — |
| Цианистый калий | KCN | 65,11 | 634,5 | — |
| Кальций | | | | |
| Окись кальция | CaO | 56,08 | 2580 | 2850 |
| Гидроксид кальция | $Ca(OH)_2$ | 74,10 | Разлагается | — |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °С) | |
|---|--|------------------|--------------------------------|---------------------------|
| | | | плавления | кипения |
| Карбид кальция | CaC_2 | 64,10 | 2300 | — |
| Азотнокислый кальций | $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | 236,16 | 40 | Разлагается |
| Сернокислый кальций | CaSO_4 | 136,15 | 1450 | — |
| Фосфорнокислый кальций | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ | 310,20 | 1670 | — |
| Фтористый кальций | CaF_2 | 78,08 | 1360 | 2500 |
| Хлористый кальций | CaCl_2 | 110,99 | 772 | 1600 |
| Хлористый кальций (кристаллогидрат) | $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 219,09 | 29,92 (обезвоженный) | — |
| Цианамид кальция | CaCN_2 | 80,09 | — | Разлагается горячей водой |
| Кремний | | | | |
| Двуокись кремния | SiO_2 | 60,09 | 1710 | 2230 |
| Кремниевая кислота (мета) | H_2SiO_3 | 78,11 | В свободном виде не существует | |
| Силан (моно) | SiH_4 | 32,12 | —185 | —112 |
| Карбид кремния (карборунд) | SiC | 40,06 | 2700 | — |
| Четыреххлористый кремний | SiCl_4 | 169,92 | —70 | 57,6 |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °C) | |
|---|--|------------------|----------------------------|------------------------|
| | | | плавления | кипения |
| Магний | | | | |
| Окись магния | MgO | 40,32 | 2800 | 3700 |
| Гидроокись магния | Mg(OH) ₂ | 58,34 | Разлагается | — |
| Азотнокислый магний (кристаллогидрат) | Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O | 256,43 | 95 | — |
| Сернокислый магний | MgSO ₄ | 120,39 | 1120 | — |
| Сернокислый магний (горькая соль) | MgSO ₄ ·7H ₂ O | 246,50 | 1127 (разлагается) | — |
| Углекислый магний | MgCO ₃ | 84,33 | (Разлагается) 350 | — |
| Марганец | | | | |
| Двуокись марганца | Mn ₂ O | 86,94 | Разлагается при 535°C | — |
| Марганцовый ангидрид | Mn ₂ O ₇ | 221,88 | —20 | Взрывается при 70°C |
| Марганцовая кислота | HMnO ₄ | 119,95 | Известна только в растворе | |
| Сернокислый марганец | MnSO ₄ ·7H ₂ O | 277,11 | 280 Обезвоженный | — |
| Медь | | | | |
| Закись меди | Cu ₂ O | 143,08 | 1235 | Разлагается при 1800°C |

Продолжение

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °С) | |
|---|--|------------------|----------------------------|------------------------|
| | | | плавления | кипения |
| Оксид меди | CuO | 79,54 | 1026 | — |
| Гидроксид меди | $\text{Cu}(\text{OH})_2$ | 97,56 | Разлагается | — |
| Азотнокислая медь (кристаллогидрат) | $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ | 241,6 | 114,5 | — |
| Сернистая медь (окисная) | CuS | 95,61 | Разлагается при 220° С | — |
| Сернокислая медь (медный купорос) | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | 249,69 | 200 | Разлагается при 650° С |
| Углекислая (основная) медь | $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ | 221,11 | Разлагается при 200° С | — |
| Хлорная медь | $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 170,49 | Разлагается | — |
| Мышьяк | | | | |
| Мышьяковистый ангидрид | As_2O_3 | 197,82 | 275 | 457,2 |
| Мышьяковый ангидрид | As_2O_5 | 229,82 | 315 | — |
| Мышьяковистая кислота | H_3AsO_3 | 125,93 | Известна только в растворе | |
| Мышьяковая кислота (орто) | H_3AsO_4 | 125,93 | При 25,5° С теряет воду | |
| Мышьяковистый водород (арсин) | AsH_3 | 77,93 | -116,9 | -62,5 |
| Двусернистый мышьяк | As_2S_2 | 213,97 | 307 | 575 |
| Трехсернистый мышьяк | As_2S_3 | 246,13 | 300 | 707 |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °С) | |
|---|--|------------------|--------------------------|------------------------|
| | | | плавления | кипения |
| Натрий | | | | |
| Окись натрия | Na_2O | 61,98 | Возгоняется при 1275° С | — |
| Перекись натрия | Na_2O_2 | 77,98 | Разлагается | — |
| Гидроокись натрия (едкий натр) | NaOH | 40,00 | 320,4 | 1390 |
| Азотнокислый натрий | NaNO_3 | 85,00 | 310 | Разлагается при 380° С |
| Бромистый натрий | $\text{NaBr} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 138,94 | 50,2 (обезвоженный) | 1390 |
| Бура (тинкал) | $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ | 381,42 | 75 | — |
| Двухромовокислый натрий | $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 298,03 | 320 (обезвоживается) | Разлагается при 400° С |
| Иодистый натрий | $\text{NaI} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 185,93 | — | — |
| Кремнекислый натрий | Na_2SiO_3 | 122,06 | 1089 | — |
| Мышьяквокислый натрий | $\text{Na}_3\text{AsO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | 424,08 | 29 | Разлагается |
| Сернистый натрий | $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ | 240,19 | Обезвоживается при 49° С | Разлагается |
| Сернистокислый натрий . . . | $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 252,15 | Разлагается при 150° С | — |
| Серноватистокислый натрий (гипосульфит) . . | $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | 248,19 | Разлагается при 48,5° С | — |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °С) | |
|--|--|------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | | плавления | кипения |
| Сернокислый натрий | Na_2SO_4 | 142,05 | 884 | 1430 |
| Сернокислый натрий кислый | $\text{NaHSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | 138,08 | 58,5 | Разлагается |
| Углекислый натрий (сода) . . | Na_2CO_3 | 105,99 | 852 | Разлагается |
| Углекислый натрий кислый (питьевая сода) | NaHCO_3 | 84,01 | Разлагается при 160° С | — |
| Фосфорнокислый натрий . . . | $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | 380,14 | 73,4 | При 100° С обезвоживается |
| Фосфорнокислый (однозамещенный) натрий | $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 156,02 | При 100° С обезвоживается | — |
| Фосфорнокислый (двухзамещенный) натрий . . | $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | 358,16 | 34—41 | При 100° С обезвоживается |
| Фтористый натрий | NaF | 42,00 | 996 | 1705 |
| Хлористый натрий | NaCl | 58,46 | 800 | 1413 |
| Никель | | | | |
| Азотнокислый никель | $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6$ | 290,79 | 56,7 | 136,7 |
| Сернокислый никель | $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 280,86 | — | — |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °C) | |
|--|---|------------------|------------------------|--------------------|
| | | | плавления | кипения |
| Олово | | | | |
| Двуокись олова (оловянный камень касситерит) | SnO_2 | 150,70 | 1127 (разлагается) | — |
| Хлористое олово | $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 225,64 | 37,7 | Разлагается 114 |
| Хлорное олово | SnCl_4 | 260,50 | —33 | |
| Ртуть | | | | |
| Окись ртути . | HgO | 216,6 | Разлагается при 500° C | — |
| Сернистая ртуть (киноварь) | HgS | 232,67 | При 580° C возгоняется | — |
| Хлористая ртуть (каломель) | Hg_2Cl_2 | 472,09 | Возгоняется при 400° C | 383,7 |
| Хлорная ртуть (сулема) | HgCl_2 | 271,5 | 277 | 304 |
| Свинец | | | | |
| Окись свинца (глет) | PbO | 223,21 | 880 | — |
| Двуокись свинца (ангидрид) | PbO_2 | 239,21 | Разлагается при 290° C | — |
| Свинцовый сурик | Pb_3O_4 | 685,63 | Разлагается | — |
| Азотнокислый свинец | $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ | 331,23 | Разлагается при 470° C | — |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °С) | |
|--|--------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------------|
| | | | плавления | кипения |
| Сернистый свинец | PbS | 239,28 | 1114 | — |
| Сернокислый свинец | PbSO ₄ | 303,28 | Разлагается при 1000° С | — |
| Углекислый свинец | PbCO ₃ | 267,2 | Разлагается при 315° С | — |
| Хромовокислый свинец | PbCrO ₄ | 323,22 | 844 | Разлагается |
| Сера | | | | |
| Двуокись серы (сернистый ангидрид) | SO ₂ | 64,07 | -75,5 | -10,1 |
| Трехокись серы (серный ангидрид) | SO ₃ | 80,07 | 16,8 | 44,9 |
| Сероводород | H ₂ S | 34,08 | -85,7 | -60,8 |
| Сернистая кислота | H ₂ SO ₃ | 82,09 | Известна только в растворах | |
| Серная кислота | H ₂ SO ₄ | 98,08 | 10,37 | Разлагается при 330° С |
| Хлористая сера | SCl ₂ | 102,98 | -78 | 59 |
| Четыреххлористая сера | SCl ₄ | 173,91 | -30 | Разлагается |
| Серебро | | | | |
| Окись серебра | Ag ₂ O | 231,76 | Разлагается при 300° С | — |
| Перекись серебра | Ag ₂ O ₂ | 247,76 | Разлагается при 100° С | — |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °C) | |
|---|-------------------------|------------------|------------------------|------------------------|
| | | | плавления | кипения |
| Азотнокислое серебро (ляпис) | AgNO_3 | 169,89 | 212 | Разлагается при 444° C |
| Бромистое серебро | AgBr | 187,80 | 434 | Разлагается при 700° C |
| Иодистое серебро | AgI | 234,79 | Разлагается при 552° C | 1500 |
| Сернистое серебро (серебряный блеск) | Ag_2S | 247,83 | 840 | — |
| Хлористое серебро | AgCl | 143,34 | 455 | 1559 |
| Сурьма | | | | |
| Окись сурьмы (сурьмянистый ангидрид) | Sb_2O_3 | 291,5 | 656 | 1425 |
| Пятиокись сурьмы (сурьмяный ангидрид) | Sb_2O_5 | 323,52 | Разлагается при 380° C | — |
| Трехсернистая сурьма (сурьмяный блеск, антимонит) | Sb_2S_3 | 339,69 | 547 | — |
| Хлористая сурьма | SbCl_3 | 228,13 | 73,4 | 223 |
| Углерод | | | | |
| Окись углерода (угарный газ) | CO | 28,01 | —207 | —192 |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °С) | |
|---|--|------------------|---------------------------------|------------------------|
| | | | плавления | кипения |
| Двуокись углерода (угольный ангидрид, углекислый газ) | CO ₂ | 44,02 | -56,6 (под давлением 5,2 ат) | -78,5 (возгоняется) |
| Сериуглерод | CS ₂ | 76,14 | -112 | 46,25 |
| Хлористый углерод | CCl ₄ | 153,84 | -23,7 | 76,6 |
| Хлорокись углерода (фосген) | COCl ₂ | 98,92 | -126 | 8,2 |
| Фосфор | | | | |
| Фосфорный ангидрид | P ₂ O ₅ | 141,95 | 563 | Возгоняется при 347° С |
| Фосфорная кислота (мета) | HPO ₃ | 79,98 | Возгоняется | — |
| Фосфорная кислота (орто) | H ₃ PO ₄ | 97,99 | 42,3 | Разлагается |
| Фосфорная кислота (широ) | H ₄ P ₂ O ₇ | 177,99 | 61 | — |
| Фосфористый водород (фосфин) | PH ₃ | 34,00 | -133,8 | -87,8 |
| Фтор | | | | |
| Фтористый водород | HF | 20,01 40,02 | -87,2 | 19,5 |
| Хлор | | | | |
| Хлористый водород | HCl | 36,47 | -144,2 | -85,7 |
| Хлорноватая кислота | HClO ₃ | 84,47 | Известна лишь в растворах | |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °С) | |
|---|---|------------------|---------------------------|-------------|
| | | | плавления | кипения |
| Хром | | | | |
| Окись хрома | Cr_2O_3 | 152,02 | 1990 | — |
| Хромовый ангидрид | CrO_3 | 100,01 | 196 | Разлагается |
| Гидроокись хрома | $\text{Cr}(\text{OH})_3$ | 103,03 | — | — |
| Азотнокислый хром | $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ | 400,12 | 37 | Разлагается |
| Сернокислый хром | $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ | 716,45 | Обезвоживается при 100° С | — |
| Хромокалиевые квасцы | $\text{CrK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | 499,43 | 39 | — |
| Хромоаммониевые квасцы | $\text{CrNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | 478,3 | 94 | — |
| Хлористый хром | CrCl_2 | 122,92 | 824 | 1308 |
| Хлорный хром | CrCl_3 | 158,38 | 1152 | — |
| Цинк | | | | |
| Окись цинка | ZnO | 81,38 | Возгоняется при 1800° С | — |
| Гидроокись цинка | $\text{Zn}(\text{OH})_2$ | 99,40 | Разлагается | — |
| Сернистый цинк (цинковая обманка) | ZnS | 97,44 | Возгоняется | — |
| Сернокислый цинк | $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 287,56 | Обезвоживается при 280° С | — |

| Название | Формула | Молекулярный вес | Температура (в °С) | |
|---------------------------|----------|------------------|--------------------|---------|
| | | | плавления | кипения |
| Углекислый цинк | $ZnCO_3$ | 125,37 | Разлагается | — |
| Хлористый цинк | $ZnCl_2$ | 136,29 | 315 | 733 |

Сопоставление свойств обыкновенной и тяжелой воды

| Свойства | Вода | Тяжелая вода |
|--|--------|--------------|
| Состав (формула) | H_2O | D_2O |
| Молекулярный вес | 18,016 | 20,029 |
| Температура плавления (замерзания), в °С | 0,0 | 3,82 |
| Температура кипения (при давлении 1 ат), в °С | 100 | 101,42 |
| Температура (при наибольшей плотности), в °С | 3,82 | 11,6 |
| Плотность (при 20° С и давлении 1 ат), в г/см ³ | 0,9982 | 1,1056 |
| Растворимость NaCl (в граммах на 100 г воды) при 25° С | 35,92 | 30,56 |

Температура кипения воды при различных давлениях

| Давление (в ат) | Температура (в °С) | Давление (в ат) | Температура (в °С) |
|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
| 0,5 | 80,9 | 7 | 164,2 |
| 1 | 100,0 | 8 | 169,6 |
| 2 | 119,6 | 9 | 174,5 |
| 3 | 132,9 | 10 | 179,0 |
| 4 | 142,9 | 15 | 197,0 |
| 5 | 151,1 | 20 | 211,4 |
| 6 | 158,1 | 25 | 222,9 |

Плотность воды при разных температурах (при давлении 1 атм)

| Температура (в °С) | Плотность (в г/см ³) | Температура (в °С) | Плотность (в г/см ³) |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 0 | 0,99987 | 60 | 0,9832 |
| 4 | 1,00000 | 80 | 0,9718 |
| 20 | 0,99823 | 100 | 0,9584 |
| 40 | 0,99225 | | |

Давление паров воды при различных температурах

| Температура (в °С) | Давление (в мм рт. ст.) | Температура (в °С) | Давление (в мм рт. ст.) |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| —20 | (лед) 0,79 | 50 | 92,5 |
| —10 | (лед) 1,97 | 60 | 149,4 |
| 0 | 4,58 | 70 | 234 |
| 10 | 9,2 | 80 | 355 |
| 20 | 17,5 | 90 | 526 |
| 30 | 31,8 | 100 | 760 |
| 40 | 55,3 | 150 | 3580 |

Свойства окиси и двуокиси углерода

| Свойства | Окись углерода CO | Двуокись углерода CO ₂ |
|---|-------------------------|--|
| Молекулярный вес | 28 | 44 |
| Агрегатное состояние при обычных условиях | Газ | Газ |
| Цвет | Бесцветный | Бесцветный |
| Запах | Без запаха | Без запаха |
| Плотность по воздуху | Несколько легче воздуха | В 1,5 раза тяжелее воздуха |
| Растворимость в воде | Мало растворима | При 20° С в 1 объеме воды растворяется 0,88 объема газа; при 0° С—1,7 объема |

| Свойства | Оксид углерода CO | Двуокись углерода CO ₂ |
|---------------------------------|--|--|
| Отношение к кислороду | На воздухе горит голубоватым пламенем | Не взаимодействует |
| Физиологическое действие | Очень ядовита | Не ядовита, но в больших количествах (4% и выше) вызывает удушье |
| Взрываемость в смеси с воздухом | Взрывчата в пределах от 12,5 до 75% содержания CO в смеси с воздухом | Не взрывается |

Важнейшие соли угольной кислоты

| Название | Формула | Свойства |
|---|------------------------------------|--|
| Карбонат натрия (углекислый натрий, сода) | Na ₂ CO ₃ | Белый порошок или кристаллы состава Na ₂ CO ₃ · 10H ₂ O, хорошо растворимые в воде; реакция раствора щелочная |
| Карбонат калия (углекислый калий, поташ) | K ₂ CO ₃ | Белый гигроскопичный порошок, растворимый в воде. Реакция раствора щелочная |
| Карбонат кальция (углекислый кальций) | CaCO ₃ | В воде практически нерастворим |
| Бикарбонат натрия (двууглекислый натрий, питьевая сода) | NaHCO ₃ | Белый порошок, хорошо растворимый в воде; вещество непрочное: разлагается на карбонат натрия, воду и углекислый газ |
| Бикарбонат кальция (двууглекислый кальций) | Ca(HCO ₃) ₂ | Растворимая соль, обуславливающая временную жесткость воды и передвижение карбонатов в природе |

Все соли угольной кислоты при нагревании распадаются на окисел металла и углекислый газ:



Все карбонаты при действии кислот выделяют углекислый газ:



Кремниевые кислоты

| Названия кислот | Молекулярная формула | Структурная формула |
|--------------------------|--|---|
| Ортокремниевая | H_4SiO_4 | $\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{HO}-\text{Si}-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$ |
| Метакремниевая | $(\text{H}_2\text{SiO}_3)_x$ | $\begin{array}{c} \\ \text{HO}-\text{Si}-\text{OH} \\ \\ \text{O} \\ \end{array}$ |
| Двуметакремниевая | $(\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5)_x$ | $\begin{array}{c} \text{HO}-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{OH} \\ \qquad \qquad \\ \text{O} \qquad \qquad \text{O} \\ \qquad \qquad \end{array}$ |
| Триметакремниевая | $(\text{H}_2\text{SiO}_3)_3$, или $\text{H}_6\text{Si}_3\text{O}_9$ | $\begin{array}{c} \text{OH} \qquad \text{OH} \\ \qquad \qquad \\ \text{HO}-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{OH} \\ \qquad \qquad \\ \text{O} \qquad \qquad \text{O} \\ \diagdown \qquad \diagup \\ \text{Si} \\ \diagup \qquad \diagdown \\ \text{HO} \qquad \text{OH} \end{array}$ |

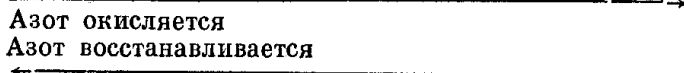
Строение атомов и валентность азота в аммиаке и окислах

| | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------|----------------|------------------|----|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Соединения | NH ₃ | N ₂ | N ₂ O | NO | N ₂ O ₃ | N ₂ O ₄ | N ₂ O ₅ |
| Валентность | -3 | 0 | +1 | +2 | +3 | +4 | +5 |

Строение атомов азота



Изменение валентности



Фосфорные кислоты

| Название кислот | Эмпирическая формула | Структурная формула | Способ получения |
|-------------------------|--|--|---|
| Метафосфорная | HPO ₃ | $\text{H}-\text{O}-\text{P} \begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{matrix}$ | При растворении фосфорного ангидрида в холодной воде: $\text{P}_2\text{O}_5 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HPO}_3$ |
| Ортофосфорная | H ₃ PO ₄ | $\begin{matrix} \text{HO} \\ \text{HO} \\ \text{HO} \end{matrix} \begin{matrix} \diagup \\ \\ \diagdown \end{matrix} \text{P} = \text{O}$ | При кипячении водного раствора метафосфорной кислоты: $\text{HPO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4$ |
| Пирофосфорная | H ₄ P ₂ O ₇ | $\begin{matrix} \text{HO} \\ \text{HO} \\ \text{HO} \end{matrix} \begin{matrix} \diagup \\ \\ \diagdown \end{matrix} \text{P} \begin{matrix} \diagdown \text{O} \\ \diagup \text{O} \end{matrix} \begin{matrix} \diagdown \text{O} \\ \diagup \text{O} \end{matrix} \text{P} \begin{matrix} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{matrix}$ | При нагревании ортофосфорной кислоты несколько выше 200° С: $2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}$ |

Свойства двуокиси и трехокиси серы

| Свойства | Двуокись серы SO ₂ | Трехокись серы SO ₃ |
|--|--|---|
| Молекулярный вес | 64 | 80 |
| Валентность серы | 4 | 6 |
| Агрегатное состояние при обыкновенных условиях | Газ | При 16,8° С кристаллическая прозрачная масса или шелковистые кристаллы |
| Цвет | Бесцветный газ | Белый дым |
| Запах | Резкий, «пронзительный» | Удушающий |
| Температура плавления (в °С) | —75,5 | 16,8 |
| Температура кипения (в °С) | —10,08 | 44,8 |
| Растворимость в воде при нормальных условиях | В 1 объеме воды растворяется 80 объемов газа | Жадно поглощается водой; в состоянии мелкого распыления водой не поглощается, но хорошо поглощается серной кислотой |
| Реакция с водой | $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$ | $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_4$ |
| Физиологическое действие | Ядовита, но в меньшей степени, чем хлор и окись углерода | — |
| Плотность по воздуху | В 2,2 раза тяжелее воздуха | — |
| Плотность в сжиженном состоянии (в г/см ³) | 1,46 | 1,92 |

Физические свойства галогеноводородов

| | HF | HCl | HBr | HI |
|---|---------------|-------|------|-------|
| Молекулярный вес | 20 | 36,46 | 81 | 128 |
| Плотность (жидк., в г/см ³) | 0,99 | 1,19 | 2,16 | 2,8 |
| Температура плавления (в °С) | -87 | -114 | -88 | -50,9 |
| Температура кипения (в °С) | 19,5 | -85 | -67 | -35,4 |
| Теплота образования (в ккал/моль) | 64 | 22,1 | 8,65 | -6 |
| Растворимость в 1 объеме воды при комнатной температуре (в объемах) | Неограниченна | 450 | 580 | 410 |

Наиболее важные кислородные соединения хлора

| Название соли | Способ получения |
|--|---|
| <p>Бертолетова соль KClO₃ (неустойчивая соль хлорноватой кислоты)</p> | <p>1) При нагревании гипохлорита калия: $3KClO = KClO_3 + 2KCl$</p> <p>2) При пропускании хлора в горячий раствор едкого кали: $6KOH + 3Cl_2 = 5KCl + KClO_3 + 3H_2O$</p> |
| <p>Беллильная, или хлорная, известь (гипохлорит кальция Ca(ClO)₂ в смеси с хлористым кальцием CaCl₂)</p> | <p>При действии хлора на сухую гашеную известь: $2Ca(OH)_2 + 2Cl_2 = Ca(ClO)_2 + CaCl_2 + 2H_2O$</p> |

Кислородные кислоты хлора

| Названия кислот | Формулы | | Валентность хлора | Название соли |
|--------------------------|-----------------|---|-------------------|-----------------------------------|
| | эмпирическая | структурная | | |
| Хлорноватистая | HClO | $\text{H}-\text{O}-\text{Cl}$ | 1 | Хлорноватистокислые (гипохлориты) |
| Хлористая | HClO_2 | $\text{H}-\text{O}-\text{Cl}=\text{O}$ | 3 | Хлористокислые (хлориты) |
| Хлорноватая | HClO_3 | $\text{H}-\text{O}-\text{Cl} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{array}$ | 5 | Хлорноватокислые (хлораты) |
| Хлорная | HClO_4 | $\text{H}-\text{O}-\text{Cl} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O} \\ \diagdown \text{O} \end{array}$ | 7 | Хлорнокислые (перхлораты) |

Влияние изменения валентности марганца на свойства его соединений

| Валентность | Соединения | | | Цвет ионов |
|-------------|--|---|---|-------------------------------|
| | окислы | гидраты | соли | |
| +2 | MnO закись марганца, основной окисел | $\text{Mn}(\text{OH})_2$ гидрат закиси марганца | MnCl_2 MnSO_4 | Mn^{2+} розовый |
| +3 | Mn_2O_3 окись марганца, основной окисел | $\text{Mn}(\text{OH})_3$ гидроокись марганца | MnCl_3 $\text{Mn}_2(\text{SO}_4)_3$ | Mn^{3+} зеленый |
| +4 | MnO_2 двуокись марганца, амфотерный окисел | $\text{Mn}(\text{OH})_4$ или H_4MnO_4 ортомарганцоватистая кислота, H_2MnO_3 метамарганцоватистая кислота | MnCl_4 CaMnO_3 манганит кальция | MnO_3^{2-} черный |

| Валентность | Соединения | | | Цвет ионов |
|-------------|--|--|-------------------------------|-------------------------------|
| | окислы | гидраты | соли | |
| +6 | MnO_3 марганцовистый ангидрид, кислотный окисел | H_2MnO_4 марганцовистая кислота | K_2MnO_4 манганат калия | MnO_4^{2-} зеленый |
| +7 | Mn_2O_7 марганцовый ангидрид, кислотный окисел | $HMnO_4$ марганцовая кислота (существует только в водных растворах) | $KMnO_4$ перманганат калия | MnO_4^- темно-фиолетовый |

МИНЕРАЛЫ И ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Земная кора, включающая литосферу глубиной до 16 км, гидросферу и атмосферу, сложена из разнообразных твердых, жидких и газообразных минеральных тел различного происхождения.

А. Минералы

Минералами (от лат. *miner*а — руда) называются природные тела, приблизительно однородные по своему химическому составу, строению и физическим свойствам.

Классификация минералов. В настоящее время изучено около 2000 минералов. Для научных и практических целей их делят на восемь классов:

I. Самородные минералы алмаз, графит, сера, золото, платина, серебро, медь, ртуть и др.

II. Сульфиды металлов и неметаллов: пирит, галенит, молибденит, киноварь, антимонит, медный колчедан, арсенопирит и др.

III. Сульфосоли: соли мышьяковой, сурьмяной и других кислот, в которых весь кислород замещен серой.

IV. Г а л о и д н ы е с о е д и н е н и я: хлориды, бромиды, иодиды, фториды.

V. О к и с л ы (безводные и водные): кварц, гематит, пиролюзит, корунд, касситерит, боксит и др.

VI. С о л и к и с л о р о д н ы х к и с л о т: карбонаты, сульфаты, нитраты, фосфаты, силикаты, бораты, хроматы и др.

VII. С о л и о р г а н и ч е с к и х к и с л о т: меллит и др.

VIII. У г л е в о д о р о д н ы е с о е д и н е н и я: янтарь, ископаемые угли, торф, нефть, асфальт, озокерит и др.

Изучением минералов—их состава, свойств, условий образования и применения в народном хозяйстве — занимается наука *минералогия*, входящая в состав геологических наук.

При изучении минералов прибегают к определению их физических свойств: излома, характера спайности, твердости, блеска, цвета, прозрачности, цвета черты, плавкости, удельного веса, электропроводности радиоактивности, оптических свойств и др.

Легко определяемым признаком минерала является его твердость.

Шкала твердости Мооса
(с указанием сравнительной твердости материалов)

| Название минералов | Твердость | Название минералов | Твердость |
|--------------------------------------|-----------|------------------------|-----------|
| Тальк | 1 | Полевой шпат | 6 |
| Гипс или каменная соль | 2 | Кварц | 7 |
| Кальцит (известковый шпат) | 3 | Топаз | 8 |
| Флюорит (плавиковый шпат) | 4 | Корунд | 9 |
| Апатит | 5 | Алмаз | 10 |

Каждый последующий минерал в этой шкале тверже всех предыдущих и легко царапает их.

Упрощенная шкала твердости

| | |
|--|-------|
| Мягкий карандаш | 1 |
| Ноготь | 2—2,5 |
| Красная медь (монета или стержень) | 3—4 |
| Стекло | 5 |
| Стальной нож | 6 |
| Кусочек кварца или напильник | 7 |

Некоторые минералы и их состав

| Название | Химическая формула основного вещества | Название | Химическая формула основного вещества |
|--|---|----------------------------------|---|
| Агат (скрыто-кристаллическая форма кварца) . . . | SiO_2 | Галенит (свинцовый блеск) . . . | PbS |
| Азурит . . . | $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ | Галит (каменная соль) | NaCl |
| Ангидрит . . . | CaSO_4 | Гематит (красный железняк) . . . | Fe_2O_3 |
| Антимонит (сурьмяный блеск) | Sb_2S_3 | Гипс | $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ |
| Апатит . . . | $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})(\text{PO}_4)_3$ | Горный хрусталь . . . | SiO_2 |
| Арагонит . . . | CaCO_3 | Доломит . . . | $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ |
| Арсенопирит . . . | FeAsS | Изумруд . . . | см. берилл |
| Асбест | $2\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | Ильменит . . . | $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ |
| Аурипигмент . . . | As_2S_3 | Кальцит (известковый шпат) | CaCO_3 |
| Барит | BaSO_4 | Каолинит | $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ |
| Берилл | $\text{Al}_2\text{Be}_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})$ | Карналлит | $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ |
| Боксит | $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | Касситерит (оловянный камень) | SnO_2 |
| Бурый железняк (лимонит) | $2\text{FeO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ | | |
| Вольфрамит | $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$ | | |

| Название | Химическая формула основного вещества | Название | Химическая формула основного вещества |
|-------------------------------------|--|-----------------------------------|---|
| Кварц . . . | SiO_2 | Сидерит | |
| Киноварь . . . | HgS | (железный шпат) | |
| Корунд . . . | Al_2O_3 | Сильвин . . . | FeCO_3 |
| Криолит . . . | Na_3AlF_6 | Слюды: | KCl |
| Куприт . . . | Cu_2O | мусковит . . . | $\text{KH}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_4)_3$ |
| Лимонит . . . | $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ | биотит . . . | $(\text{K}, \text{H})(\text{Mg}_3\text{Fe}_2)$ |
| Магнезит . . . | MgCO_3 | ленидолит . . . | $\text{F}_2(\text{K}, \text{Li})\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_3$ |
| Магнетит (магнитный железняк) . . . | Fe_3O_4 | Сфалерит (цинковая обманка) . . . | |
| Малахит . . . | $\text{CaCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ | Тальк . . . | ZnS |
| Мирабилит . . . | $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ | Топаз . . . | $\text{H}_2\text{Mg}_3 \cdot \text{Si}_4\text{O}_{12}$ |
| Марказит . . . | см. пирит | Флюорит (плавиковый шпат) . . . | $(\text{Al}, \text{F})_2 \cdot \text{SiO}_4$ |
| Молибденит . . . | MoS_2 | Фосфорит . . . | CaF_2 |
| Нефелин . . . | $(\text{Na}, \text{K})_2 \cdot \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ | Халькопирит . . . | $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ |
| Пирит (серный колчедан) . . . | FeS_2 | Хромит . . . | CuFeS_2 |
| Пирролюзит . . . | MnO_2 | Целестин . . . | FeCr_2O_4 |
| Полевые шпаты: | | Церуссит . . . | SrSO_4 |
| альбит . . . | $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ | Циркон . . . | PbCO_3 |
| анортит . . . | $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ | Шеелит . . . | ZrSiO_4 |
| ортоклаз . . . | KAlSi_3O_8 | Шпинель . . . | CaWO_4 |
| Реальгар . . . | AsS | Эпсомит . . . | $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ |
| Рутил . . . | TiO_2 | | $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ |

Плотность некоторых минералов

| Плотность (в г/см ³) | Минералы |
|----------------------------------|---|
| От 1,0 до 1,5 | Мирабилит |
| » 1,5 » 2,0 | Квасцы, бура, селитра, железный купорос |
| » 2,0 » 2,5 | Гипс, графит, сера |

| Плотность (в г/см ³) | Минералы |
|----------------------------------|---|
| От 2,5 до 2,8 | Кварц, полевые шпаты, нефелин, изумруд |
| » 2,8 » 3,0 | Арагонит, доломит, ангидрит, слюда |
| » 3,0 » 3,5 | Флюорит, апатит, турмалин, топаз, алмаз |
| » 3,5 » 4,0 | Сидерит, малахит, корунд, азурит, шпидель |
| » 4,0 » 4,5 | Барит, рутил, хромит, халькопирит, сфалерит |
| » 4,5 » 5,5 | Пирит, марказит, антимонит, блеклая медная руда |
| » 5,5 » 6,5 | Магнитный железняк, куприт, арсенопирит |
| » 6,5 » 8,0 | Касситерит, галенит, церруссит |
| » 8,5 » 10,0 | Киноварь, медь |
| » 10,0 » 14,0 | Ртуть, палладий |
| » 15,0 » 20,0 | Золото |
| » 21,0 » 23,0 | Иридий, платина |

Б. Горные породы

Горные породы — агрегаты минералов более или менее однородного состава, образующие самостоятельные геологические тела.

По своему составу горные породы делятся на *простые*, состоящие из одного минерала (например, известняки), и *сложные*, состоящие из нескольких минералов (например, гранит):

Классификация горных пород по их происхождению

| Виды горных пород | Породообразующие процессы |
|--------------------------------|--|
| Магматические, или изверженные | Образовались из расплавленной магмы при остывании: 1) <i>эффузивные</i> , или вул- |

| Виды горных пород | Поропообразующие процессы |
|--|---|
| | канические, вылившиеся наружу в виде потока лавы, и 2) интрузивные, застывшие в глубине Земли, не доходя до ее поверхности |
| Осадочные (механические, химические и органогенные осадки) | Образовались из продуктов разрушения первичных пород и последующего выпадения в виде механических осадков (песок, песчаник) или химических отложений (соли). Сюда причисляются и породы, образовавшиеся в результате жизнедеятельности организмов (мел, известняки). Характерный признак этих пород — слоистость и наличие отпечатков и окаменелостей |
| Метаморфические | Образовались из магматических и осадочных пород под влиянием высоких давлений и температур (гнейс, мрамор), химического действия растворов; образование происходит при погружении горных пород в глубь Земли в результате складчатости или при действии поднимающейся в высокие горизонты магмы |

Важнейшие горные породы

| Типы горных пород | Названия пород |
|-------------------|--|
| Магматические | Граниты, диориты, сиениты, габбро. базальты, порфириты, липариты, андезиты, дуниты, трахиты, нефелиновые слениты и др. |

| Типы горных пород | Названия пород |
|-------------------|---|
| Осадочные | <p>Механические или обломочные породы: валуны, щебень, галька, гравий, брекчи, конгломераты, пески, глины и др.</p> <p>Химические осадки: каменная соль, гипс, ангидрит, калийные магнезиальные соли, мирабилит и др.</p> |
| Метаморфические | Глинистые сланцы, кристаллические сланцы (хлоритовые, слюдяные и др.), роговик, песчаник, гнейсы, скарны (кремне-силикатные породы), полевые шпаты и др. |

Основные факторы химических процессов выветривания

1. *Кислород* O_2 обуславливает процессы окисления.
2. *Вода* H_2O как растворитель различных газов, солей и других неорганических и органических веществ.
3. *Двуокись углерода и угольная кислота*, находящиеся в атмосфере и воде, вызывают процессы образования карбонатов.
4. *Химическая деятельность растительных и животных организмов*, особенно микроорганизмов, вызывает разложение многих минералов.
5. Другие вещества, находящиеся в различных слоях атмосферы.

Минералогический состав земной коры (в %)

| | | | |
|-------------------------------------|-----|--|------|
| Полевые шпаты | 55 | Фосфаты | 0,75 |
| Силикаты | 15 | Хлористые соединения | 0,30 |
| Кварц и его разновидности | 12 | Фтористые соединения | 0,20 |
| Слюды | 3 | Доломит | 0,1 |
| Оксиды железа | 3 | Прочие (глины, сульфиды и др.) | 0,15 |
| Вода | 9 | | |
| Кальцит | 1,5 | Всего | 100 |

Классификация магматических горных пород

| Магматические породы | Содержание SiO ₂ (в %) | Примеры |
|--------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Кислые | 66 | Гранит |
| Средние | 66 и 65 | Сиенит, диорит |
| Основные | 45—55 | Габбро, базальт |
| Ультраосновные | 45 | Дунит |
| Щелочные | около 55 | Нефелиновые сиениты |

Относительное содержание горных пород в земной коре

| Виды пород | Содержание в земной коре (в %) |
|-----------------|--------------------------------|
| Магматические . | 95 |
| Мегаморфические | 4 |
| Осадочные . . . | 1 |

Относительное содержание элементов в земном шаре (по А. Е. Ферсману)

| Элементы | Весовые проценты | Элементы | Весовые проценты | Элементы | Весовые проценты |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Железо | 37,04 | Алюминий . . . | 1,32 | Углерод | 0,13 |
| Кислород . . . | 28,56 | Сера | 1,14 | Фосфор | 0,12 |
| Кремний | 14,47 | Натрий | 0,52 | Кобальт | 0,06 |
| Магний | 11,03 | Хром | 0,26 | | |
| Никель | 2,96 | Марганец | 0,18 | | |
| Кальций | 1,38 | Калий | 0,15 | В с е г о . . . | 99,32 |

Примечание. На долю остальных элементов приходится 0,68%.

Состав воздуха (без влаги и пыли, на высоте уровня моря)

| Название газа | Объем (в %) | Вес (в %) | Название газа | Объем (в %) | Вес (в %) |
|-----------------------------|-------------|-----------|-------------------|--------------------|-----------|
| Азот | 78,08 | 75,60 | Неон | 0,0018 | 0,0012 |
| Кислород | 20,95 | 23,10 | Криптон | 0,000108 | 0,0003 |
| Аргон | 0,9325 | 1,286 | Ксенон | 0,000008 | 0,00004 |
| Двуокись углерода | 0,030 | 0,046 | Озон | 0,000001 | — |
| Гелий | 0,0005 | 0,00007 | Радон | $6 \cdot 10^{-18}$ | — |
| | | | Водород | 0,00005 | — |

Химическое выветривание минералов почвы

| Виды выветривания | Примеры |
|-------------------|---|
| Растворение | Соли щелочных и щелочноземельных металлов, например CaSO_4 — гипс и ангидрит, CaCO_3 — кальцит; алюмосиликаты растворяются только после предварительного их разложения в почве |
| Гидратация | Превращение безводных окислов в гидраты |
| Окисление | Присоединение кислорода к окислам |
| Гидролиз | Распад минералов под действием ионов водорода, получающихся в результате диссоциации углекислоты: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SiO}_3$ $\text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$ |

Состав гидросферы по А. Е. Ферману

| Элементы | Весовые проценты | Элементы | Весовые проценты |
|----------------------|------------------|----------------------|------------------|
| Кислород O | 85,45 | Кальций Ca | 0,05 |
| Водород H | 10,63 | Калий K | 0,04 |
| Хлор Cl | 2,06 | Бром Br | 0,015 |
| Натрий Na | 1,14 | Углерод C | 0,0025 |
| Азот N | 0,37 | | |
| Магний Mg | 0,14 | В с е г о | ≈ 99,95 |
| Сера S | 0,09 | | |

Примечание. На долю первых пяти химических элементов приходится почти 99,6% по весу, таким образом, на долю остальных химических элементов приходится лишь 0,4%.

Средний солевой состав воды океанов

| Название соли | Формула | Содержание (в г на 1 кг воды) | Название соли | Формула | Содержание (в г на 1 кг воды) |
|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------------------|
| Хлористый натрий | NaCl | 27,2 | Углекислый кальций | CaCO ₃ | 0,1 |
| Хлористый магний | MgCl ₂ | 3,8 | Бромистый магний | MgBr ₂ | 0,1 |
| Сернокислый кальций | CaSO ₄ | 1,3 | | | |
| Сернокислый магний | MgSO ₄ | 1,6 | В с е г о | | 34,1 |

КЛАССИФИКАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Современная классификация органических соединений основана на их химическом строении. Важнейшим признаком для нее служит строение углеродного скелета молекул и наличие в них тех или иных функциональных групп атомов.

В соответствии со строением все органические соединения делятся на 3 большие группы.

I. *Ациклические соединения*, иначе называемые алифатическими. Скелет молекул этих веществ состоит из непосредственно соединенных атомов углерода в виде открытых (незамкнутых) прямых или разветвленных цепей.

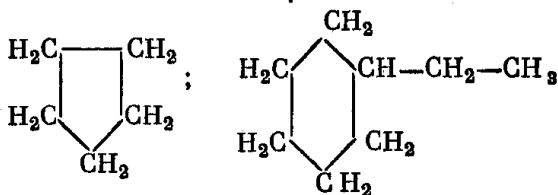
К ним относятся:

а) предельные соединения (насыщенные, или парафины);

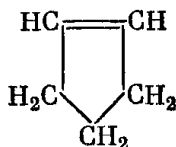
б) не предельные (ненасыщенные) ряда этилена, ряда ацетилена, диеновые соединения и др.

II. *Карбоциклические соединения*. Молекулы этих соединений содержат кольца (циклы) углеродных атомов. Они подразделяются на соединения:

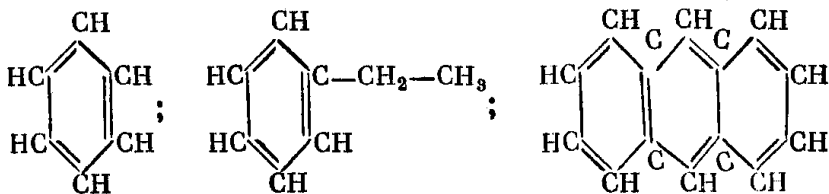
а) алициклические — насыщенные, или циклопарафины, например



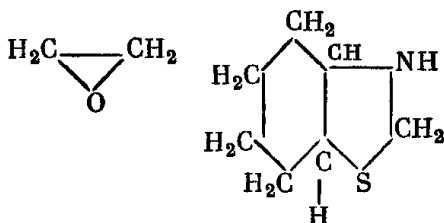
и ненасыщенные, например



б) ароматические, с характерной группировкой углеродных атомов в кольце, например



III. Гетероциклические соединения. В циклах этих соединений, кроме углеродных атомов, содержатся атомы других элементов, например



В каждой из этих групп соединения распределяются по классам в зависимости от имеющихся в них функциональных групп.

Важнейшими классами органических соединений являются:

1. Углеводороды — *предельные, непредельные, алициклические, ароматические.*

2. Галогенопроизводные углеводородов — вещества, содержащие в молекуле один или несколько атомов того или иного галогена. Различают фторо-, хлоро-, бромо- и иодопроизводные, например $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{Br}$, CHCl_3 .

3. Спирты — соединения, содержащие в молекуле одну или несколько гидроксильных групп — OH, соединенных с углеводородным радикалом, например $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{CH}_2\text{OH—CH}_2\text{OH}$.

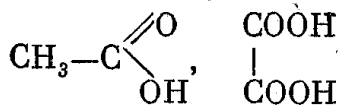
4. Простые эфиры — это вещества, молекулы которых содержат два углеводородных радикала, соединенных атомом кислорода, например $\text{C}_2\text{H}_5\text{—O—C}_2\text{H}_5$.

5. Альдегиды — соединения, в молекулах которых содержится карбонильная группа —C— , соединенная с угле-

водородным радикалом и атомом водорода, например $\text{CH}_3\text{—C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{matrix}$.

6. Кетоны — вещества, в молекуле которых карбонильная группа соединена с двумя радикалами, например $\text{CH}_3\text{—C}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O} \end{matrix}\text{—CH}_3$.

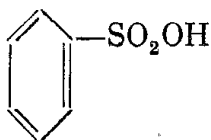
7. Карбоновые кислоты — вещества, содержащие в молекуле одну или несколько карбоксильных групп, например



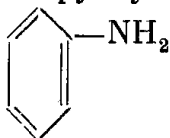
8. Тиоспирты, или меркаптаны, — соединения, содержащие группу $-\text{SH}$ (аналогичную $-\text{OH}$), соединенную с углеводородным радикалом, например $\text{C}_2\text{H}_5\text{SH}$.

9. Тиоэфиры — вещества, в которых углеводородные радикалы соединены атомом серы, например $\text{CH}_3-\text{S}-\text{CH}_3$.

10. Сульфокислоты — соединения, в которых содержится радикал серной кислоты $-\text{SO}_2\text{OH}$, например



11. Амины — вещества, содержащие в молекуле аминогруппу $-\text{NH}_2$ (первичные амины), например



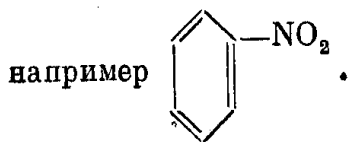
, иминогруппу $>\text{NH}$ (вторичные амины),

например , нитрилогруппу $\equiv\text{N}$

(третичные амины), например

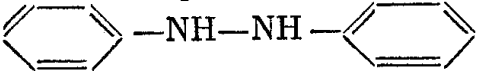
12. Нитрилы — соединения, характеризующиеся наличием группы $-\text{C} \equiv \text{N}$, например $\text{CH}_3-\text{C} \equiv \text{N}$.

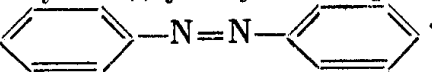
13. **Нитросоединения** — вещества, содержащие в молекуле нитрогруппу $-\text{NO}_2$ (радикал азотной кислоты),



14. **Нитрозосоединения** — вещества, содержащие группу $-\text{N}=\text{O}$ (радикал азотистой кислоты), например $\text{C}_2\text{H}_5-\text{NO}$.

15. **Гидразины** — соединения, характеризующиеся наличием в молекуле одновалентного остатка гидразина ($\text{NH}_2-\text{NH}-$), например $\text{R}-\text{NH}-\text{NH}_2$, и гидразоны, содержащие двухвалентный остаток гидразина, соединенный с углеводородным радикалом, например $\text{R}=\text{N}-\text{NH}_2$.

16. **Гидразосоединения** — вещества, содержащие в молекулах симметричные остатки гидразина $-\text{NH}-\text{NH}-$ или $>\text{N}-\text{N}<$, например .

17. **Азосоединения** — вещества, содержащие группу $-\text{N}=\text{N}-$, соединенную с двумя углеводородными радикалами, например .

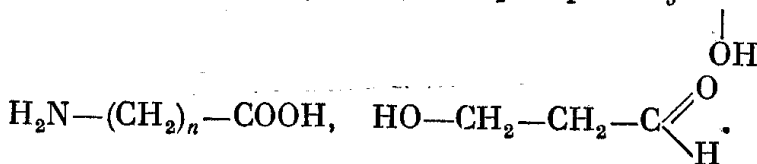
18. **Диазосоединения** — вещества, в которых группа $-\text{N}=\text{N}-$ соединена с углеводородным радикалом и каким-либо неуглеродным остатком, например $\text{C}_6\text{H}_5-\text{N}=\text{N}-\text{SO}_2\text{ONa}$.

19. **Фосфины** — соединения, содержащие трехвалентный фосфор и построенные аналогично аминам.

20. **Металлоорганические соединения** — вещества, содержащие атомы металла, непосредственно связанные с атомами углерода, например $\text{CH}_3-\text{Mg}-\text{CH}_3$, $\text{C}_2\text{H}_5-\text{Mg}-\text{I}$.

21. Существуют соединения со смешанными функци-

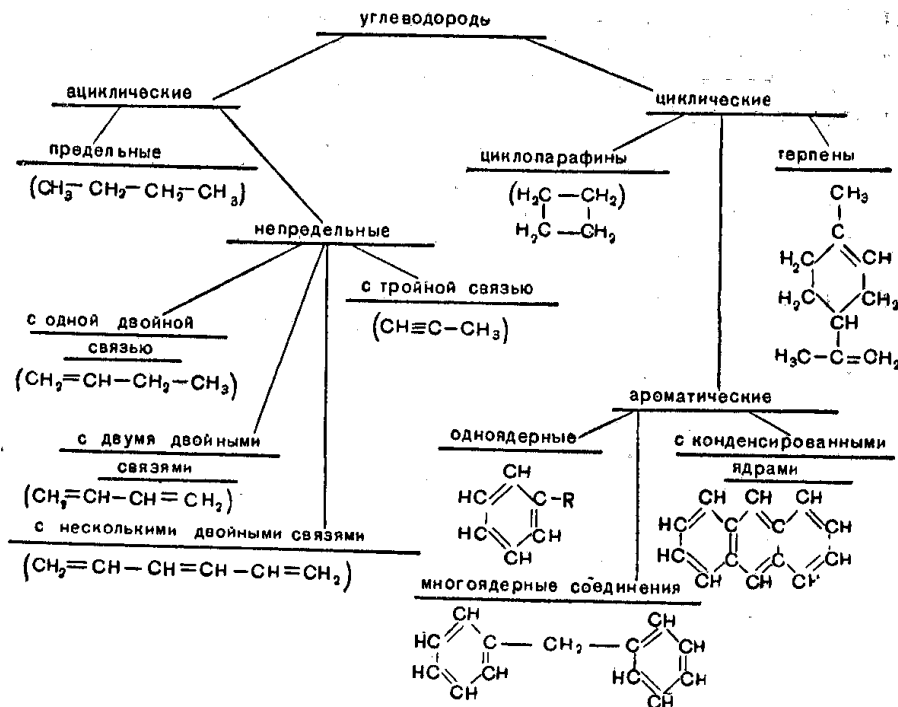
ями, молекулы которых содержат различные функциональные группы, например $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH}$,



Классификация углеводов

Основным классом органических соединений являются углеводороды. Все другие соединения можно рассматривать как их производные.

КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ



Число возможных изомеров органических соединений

| Число атомов углерода в молекуле | Число изомерных веществ | | | |
|----------------------------------|-------------------------|-----------|----------------|----------------------------|
| | в ряду метана | | в ряду этилена | в ряду одноатомных спиртов |
| | возможных | известных | | |
| 1 | 1 | 1 | — | 1 |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 4 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| 5 | 3 | 3 | 5 | 8 |
| 6 | 5 | 5 | 13 | 17 |
| 7 | 9 | 9 | 27 | 39 |
| 8 | 18 | 18 | 66 | 89 |
| 9 | 35 | 16 | — | 211 |
| 10 | 75 | 18 | — | 507 |
| 12 | 355 | 15 | — | 3057 |
| 15 | 4347 | 5 | — | 48865 |
| 60 | $2,2 \cdot 10^{23}$ | — | — | — |

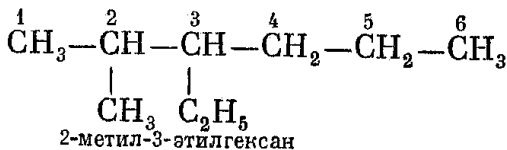
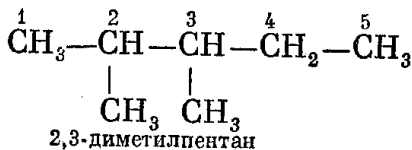
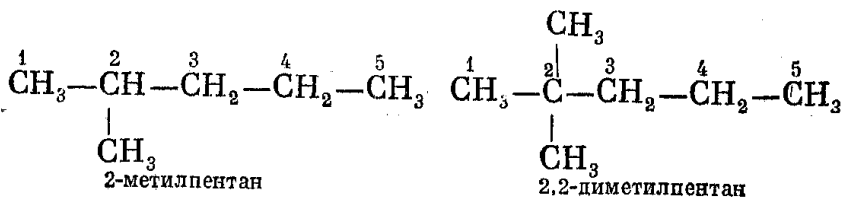
Международная номенклатура органических соединений

Номенклатура органических соединений выработана в 1892 г. в Женеве Международным совещанием химиков. Она получила название международной или жевневской номенклатуры. На последующих конгрессах химиков международная номенклатура была усовершенствована.

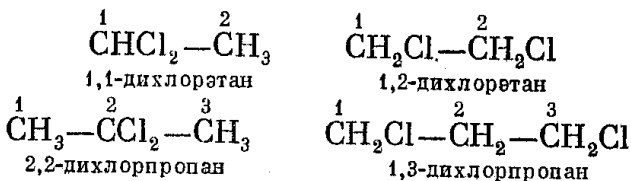
В основу номенклатуры положено название неразветвленных предельных углеводородов — метан, этан, пропан, бутан, пентан, гексан, гептан и т. д.

Чтобы составить название какого-либо углеводорода с разветвленной цепью, его рассматривают как продукт замещения атомов водорода в нормальном (неразветвленном) углеводороде. Для этого выделяют наиболее длинную цепь атомов углерода и нумеруют углеродные атомы, начиная от того конца, к которому ближе разветвление. В названии вещества цифрой ука-

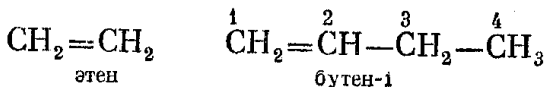
зывают, при каком атоме углерода находится замещающая группа; если замещающих групп несколько, цифрой отмечают каждую из них. Например:

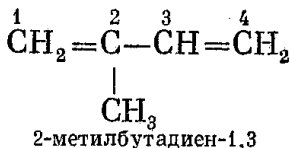
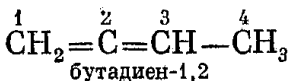
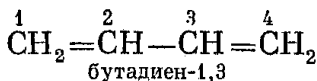
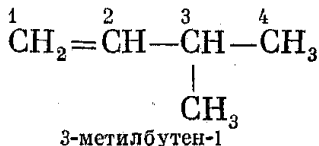
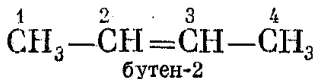


Названия галогенопроизводных образуются подобным же образом. Например:

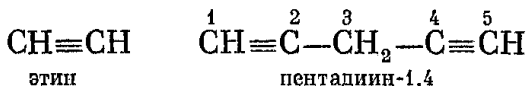


Названия непредельных углеводородов, содержащих двойные связи, образуются из названий соответствующих предельных углеводородов путем замены суффикса *-ан* на *-ен*:

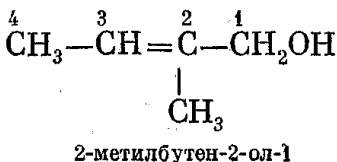
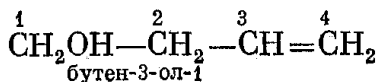
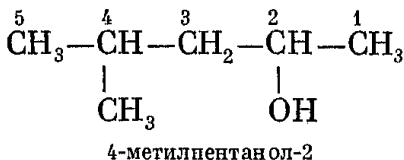
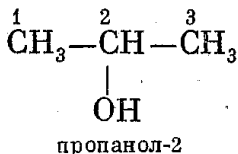
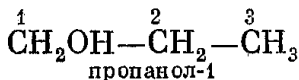




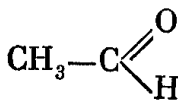
Названия углеводородов с тройной связью образуются путем замены суффикса *-ан* соответствующих предельных углеводородов на *-ин*:



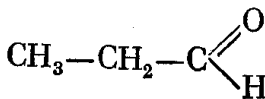
Названия спиртов образуются из названий соответствующих углеводородов с прибавлением суффикса *-ол*:



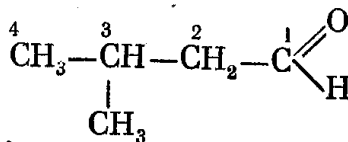
Названия альдегидов образуются из названий углеводородов путем прибавления суффикса *-аль*:



этаналь

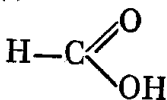


пропаналь

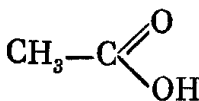


3-метилбутаналь

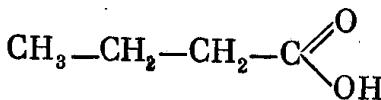
Названия кислот образуются путем прибавления суффикса *-ов* к названию соответствующего углевода:



метановая кислота



этановая кислота



бутановая кислота

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Предельные неразветвленные углеводороды

| Название | Формула | Температура плавления (в °C) | Температура кипения (в °C) |
|----------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------------|
| Метан | CH_4 | -182,49 | -161,58 |
| Этан | C_2H_6 | -182,81 | - 88,63 |
| Пропан | C_3H_8 | -187,65 | - 42,06 |
| Бутан | C_4H_{10} | -138,35 | - 0,5 |
| Пентан | C_5H_{12} | -129,72 | 36,07 |
| Гексан | C_6H_{14} | - 95,32 | 68,74 |
| Гептан | C_7H_{16} | - 90,61 | 98,43 |
| Октан | C_8H_{18} | - 56,79 | 124,67 |
| Нонан | C_9H_{20} | - 53,7 | 150,8 |
| Декан | $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$ | - 29,67 | 174 |
| Ундекан | $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$ | - 25,9 | 195,89 |
| Додекан | $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$ | - 9,595 | 216 |
| Тридекан | $\text{C}_{13}\text{H}_{28}$ | - 5,2 | 235,4 |
| Тетрадекан | $\text{C}_{14}\text{H}_{30}$ | 5,86 | 253,52 |
| Пентадекан | $\text{C}_{15}\text{H}_{32}$ | 9,93 | 270,6 |
| Эйкозан | $\text{C}_{20}\text{H}_{42}$ | 36,8 | 342,7 |

Температуры кипения гексанов различного строения (в °C)

| | |
|---|-------|
| $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | 68,74 |
| $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | 63,28 |
| $\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | |
| $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | 60,27 |
| $\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | |
| $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_3$ | 57,99 |
| $\begin{array}{cc} & \\ \text{CH}_3 & \text{CH}_3 \end{array}$ | |
| $\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | |
| $\text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | 49,7 |
| $\begin{array}{c} \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | |

Углеводороды ряда этилена

| Название | Формула | Температура плавления (в °C) | Температура кипения (в °C) | Плотность в жидком состоянии (в г/см ³) |
|-------------------|---|------------------------------|----------------------------|---|
| Этилен (этен) | $\text{CH}_2 = \text{CH}$ | -169,15 | -103,7 | 0,566 |
| Пропилен (пропен) | $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$ | -187,65 | - 47,75 | 0,579 |
| Бутилен (бутен) | $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ | -185,3 | - 6,25 | 0,618 |
| Амилен (пентен) | $\text{CH}_2 = \text{CH} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_3$ | -165,2 | 29,97 | 0,640 |
| Гексилен (гексен) | $\text{CH}_2 = \text{CH} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_3$ | -139,8 | 63, 5 | 0,673 |
| Гептилен (гептен) | $\text{CH}_2 = \text{CH} - (\text{CH}_2)_4 - \text{CH}_3$ | -119,04 | 93,64 | 0,697 |
| Октилен (октен) | $\text{CH}_2 = \text{CH} - (\text{CH}_2)_5 - \text{CH}_3$ | -101,71 | 121,28 | 0,714 |

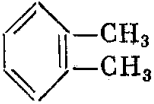
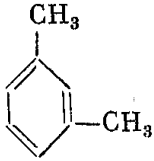

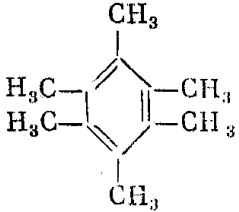
Углеводороды ряда ацетилена

| Название | Формула | Температура плавления (в °С) | Температура кипения (в °С) | Плотность в жидком состоянии (в г/см ³) |
|----------------------|---|------------------------------|----------------------------|---|
| Ацетилен (этин) . . | $\text{CH} \equiv \text{CH}$ | — 80,8 | —83,8 | 0,621 |
| Аллилен (пропин) | $\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$ | —102,7 | —23,23 | 0,690 |
| Кротонилев (бутин) . | $\text{CH} \equiv \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ | —125,72 | 8,07 | 0,678 |
| Валерилев (пентин) . | $\text{CH} \equiv \text{C} - (\text{CH}_2)_2 - \text{CH}_3$ | —106,1 | 40,23 | 0,694 |
| Гексин . . | $\text{CH} \equiv \text{C} - (\text{CH}_2)_3 - \text{CH}_3$ | —132,1 | 71,35 | 0,715 |
| Децин . . | $\text{CH} \equiv \text{C} - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH}_3$ | — 44 | 174 | 0,792 |

Галогенопроизводные предельных углеводов

| Название | Фтористый | | Хлористый | | Бромистый | | Иодистый | |
|----------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| | температура кипения (в °С) | плотность (в г/см ³) | температура кипения (в °С) | плотность (в г/см ³) | температура кипения (в °С) | плотность (в г/см ³) | температура кипения (в °С) | плотность (в г/см ³) |
| Метил | —78,6 | 0,877 | —23,7 | 0,991 | 4,5 | 1,732 | 42,5 | 2,279 |
| Этил | —37,7 | 0,816 | 13,1 | 0,921 | 38,4 | 1,456 | 72,2 | 1,933 |
| Пропил | — 3,2 | 0,779 | 47,2 | 0,890 | 70,9 | 1,353 | 102,4 | 1,747 |
| Бутил | 31,95 | 0,776 | 78 | 0,892 | 101,6 | 1,299 | 131 | 1,617 |
| Амил | 62,8 | 0,788 | 108,2 | 0,883 | 128 | 1,246 | 156 | 1,517 |
| Гексил | 93,2 | — | 132,4 | 0,876 | 156 | 1,176 | 180 | 1,441 |
| Гептил | 119,5 | — | 159,5 | 0,376 | 178,8 | 1,145 | 203,95 | 1,387 |

Ароматические углеводороды ряда бензола

| Название | Формула | Температура плавления (в °C) | Температура кипения (в C°) | Плотность (в г/см ³) |
|--------------------------------|---|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Бензол | C_6H_6 | 5,533 | 80,1 | 0,8790 |
| Толуол (метилбензол) | $C_6H_5-CH_3$ | -95 | 110,63 | 0,8669 |
| Этилбензол | $C_6H_5-C_2H_5$ | -93,9 | 136,15 | 0,8669 |
| Пропилбензол | $C_6H_5-C_3H_7$ | 94,3 | 159 | 0,8620 |
| Бутилбензол | $C_6H_5-C_4H_9$ | -87,97 | 183,27 | 0,8601 |
| <i>o</i> -Ксилол |  | -25,175 | 144,41 | 0,8802 |
| <i>m</i> -Ксилол |  | -47,82 | 139,1 | 0,8642 |
| <i>p</i> -Ксилол |  | -13,26 | 138,35 | 0,8611 |
| Гексаметилбензол |  | 166 | 265 | — |

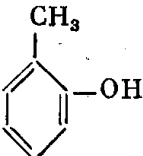
Предельные одноатомные спирты нормального строения

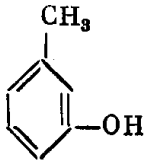

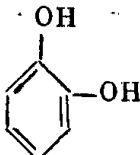
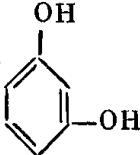
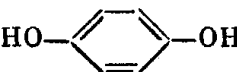
| Название спирта | Формула | Температура плавления (в °С) | Температура кипения (в °С) | Плотность (в г/см ³) |
|-----------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Метилловый | CH ₃ OH | — 97,8 | 64,7 | 0,792 |
| Этиловый | C ₂ H ₅ OH | —117,3 | 78,37 | 0,783 |
| Пропиловый | C ₃ H ₇ OH | —127 | 97,2 | 0,804 |
| Бутиловый | C ₄ H ₉ OH | — 79,9 | 117,5 | 0,8098 |
| Амиловый | C ₅ H ₁₁ OH | — 78,5 | 138 | 0,814 |
| Гексиловый | C ₆ H ₁₃ OH | — 51,6 | 157,2 | 0,819 |
| Дециловый | C ₁₀ H ₂₁ OH | 6 | 231 | 0,289 |
| Додециловый | C ₁₂ H ₂₅ OH | 24 | 255 | 0,831 |

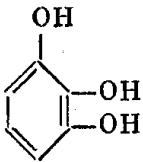
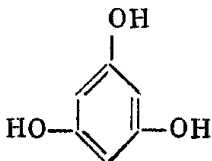
Температура замерзания водных растворов этиленгликоля

| Содержание этиленгликоля (в %) | 26,4 | 36,4 | 45,6 | 52,6 | 58,0 | 63,1 | 66,7 | 72,1 | 78,4 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Температура замерзания (в °С) | —10 | —20 | —30 | —40 | —50 | —60 | —75 | —60 | —50 |

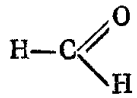
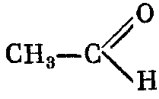
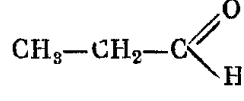
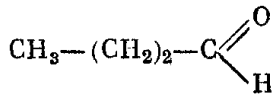
Фенолы

| Название представителей | Формула | Температура плавления (в °С) | Температура кипения (в °С) | Плотность (в г/см ³) |
|----------------------------|---|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Фенол | C ₆ H ₅ OH | 43 | 182 | 1,0545 |
| <i>o</i> -Крезол |  | 30,9 | 190,9 | 1,0465 |

| Название представителей | Формула | Температура плавления (в °С) | Температура кипения (в °С) | Плотность (в г/см ³) |
|-------------------------|---|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| m-Крезол . . |  | 10,9 | 202,8 | 1,034 |
| n-Крезол . . . |  | 34 | 202,5 | 1,0347 |
| Пирокатехин . |  | 105 | 240 | 1,371 (твердый) |
| Резорцин . . |  | 110 | 276,5 | 1,285 (твердый) |
| Гидрохинон . |  | 169 | 285 | 1,358 (твердый) |

| Название представителей | Формула | Температура плавления (в °С) | Температура кипения (в °С) | Плотность (в г/см ³) |
|-------------------------|---|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Пирогаллол . |  | 132,5 | 309 | 1,453 (твердый) |
| Флороглюцин |  | 219 | | |

Альдегиды

| Название альдегида | Формула | Температура плавления (в °С) | Температура кипения (в °С) |
|--------------------|---|------------------------------|----------------------------|
| Муравьиный . . |  | - 92 | -21 |
| Уксусный |  | -123,5 | 20,8 |
| Пропионовый . . |  | - 81 | 48,8 |
| Масляный |  | - 99 | 75,7 |

| Название альдегида | Формула | Температура плавления (в °С) | Температура кипения (в °С) |
|--------------------|--|------------------------------|----------------------------------|
| Валериановый . | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$ | -92 | 103,4 |
| Пальмитиновый . | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$ | 34 | 200 (при давлении 29 мм рт. ст.) |
| Стеариновый . . . | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{C} \begin{array}{l} \text{=O} \\ \text{H} \end{array}$ | 63,5 | 212 (при давлении 22 мм рт. ст.) |

Кетоны

| Название кетона | Формула | Температура плавления (в °С) | Температура кипения (в °С) |
|---------------------------------|---|------------------------------|----------------------------|
| Ацетон (диметилкетон) | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$ | -95,35 | 56,24 |
| Метилэтилкетон . | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | -86,4 | 79,6 |
| Метилпропилкетон | $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | -77,8 | 101,7 |
| Диэтилкетон . . . | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ | -42 | 102,7 |
| Дипропилкетон . | $\text{C}_3\text{H}_7-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_3\text{H}_7$ | -32,6 | 144,0 |

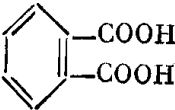
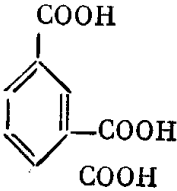
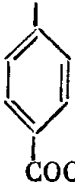
Предельные одноосновные кислоты нормального строения

| Название кислоты | Формула | Температура плавления (в °С) | Температура кипения (в °С) | Плотность (в г/см ³) |
|--------------------|---|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Муравьиная | $\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$ | 8,4 | 100,7 | 1,227 |
| Уксусная | $\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$ | 16,6 | 118,1 | 1,049 |
| Пропионовая . . . | $\text{C}_2\text{H}_5-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$ | -22 | 141,1 | 0,999 |
| Масляная | $\text{C}_3\text{H}_7-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$ | - 7,9 | 163,5 | 0,959 |
| Валериановая . . . | $\text{C}_4\text{H}_9-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$ | -34,5 | 186,35 | 0,942 |
| Капроновая | $\text{C}_5\text{H}_{11}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$ | - 2 | 202 | 0,929 |
| Энантовая | $\text{C}_6\text{H}_{13}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$ | -10,5 | 223 | 0,918 |
| Каприловая | $\text{C}_7\text{H}_{15}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$ | 16 | 237,5 | 0,910 |

| Название кислоты | Формула | Температура плавления (в °C) | Температура кипения (в °C) | Плотность (в г/см ³) |
|---------------------|---|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Пеларгоновая . . . | $C_8H_{17}-C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown OH \end{array}$ | 12,5 | 254 | 0,906 |
| Каприновая . . . | $C_9H_{19}-C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown OH \end{array}$ | 31,5 | 269 | 0,886 |
| Миристиновая . . . | $C_{13}H_{27}-C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown OH \end{array}$ | 53,8 | 250,5 | 0,862 |
| Пальмитиновая . . . | $C_{15}H_{31}-C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown OH \end{array}$ | 64,6 | 272 | 0,849 0,858 0,847 |
| Маргариновая . . . | $C_{16}H_{33}-C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown OH \end{array}$ | 60,6 | 277 | |
| Стеариновая . . . | $C_{17}H_{35}-C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown OH \end{array}$ | 69,4 | 287 | |

Двухосновные карбоновые кислоты

| Название кислоты | Формула | Температура плавления (в °C) |
|-----------------------|--|------------------------------|
| Щавелевая | HOOC—COOH | 189,5 |
| Малоновая | HOOC—CH ₂ —COOH | 135,6 |
| Янтарная | HOOC—(CH ₂) ₂ —COOH | 185 |
| Глутаровая | HOOC—(CH ₂) ₃ —COOH | 97,5 |
| Адипиновая | HOOC—(CH ₂) ₄ —COOH | 153 |
| Пробковая | HOOC—(CH ₂) ₆ —COOH | 140 |
| Себациновая | HOOC—(CH ₂) ₈ —COOH | 133 |

| Название кислоты | Формула | Температура плавления (в °C) |
|--|---|------------------------------|
| <i>o</i> -Фталевая . . . |  | 130,8 |
| <i>m</i> -Фталевая . . . |  | 348,5 |
| <i>n</i> -Фталевая (те-рефталевая) . . |  | Возгоняется, но не плавится |

Непредельные карбоновые кислоты

| Название кислоты | Формула | Температура плавления (в °C) | Температура кипения (в °C) |
|-------------------------------|---|------------------------------|----------------------------|
| Акриловая . . . | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$ | 13 | 141 |
| Метилакриловая (метакриловая) | $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{COOH}$ | 16 | 161 |
| Винилуксусная | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ | -39 | 163 |
| Кроновая . . . | $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$ | 72 | 189 |
| Олеиновая . . . | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-$ $-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ | 14 | 285 |
| Линолевая . . . | $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-$ $-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-$ $-\text{COOH}$ | -9,5 | 230 |
| Линоленовая . . | $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-$ $-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$ $-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ | -11 | 232 |

Сложные эфиры

| Кислота | Метилловый эфир | | Этиловый эфир | |
|------------------------|----------------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| | температура кипения (в °C) | плотность (в г/см ³) | температура кипения (в °C) | плотность (в г/см ³) |
| Муравьиная | 31,5 | 0,975 | 54,3 | 0,924 |
| Уксусная | 57,1 | 0,927 | 77,2 | 0,901 |
| Пропионовая | 79,9 | 0,915 | 99,1 | 0,885 |
| Масляная | 102,3 | 0,898 | 121,3 | 0,879 |
| Валериановая | 137,3 | 0,910 | 146 | 0,877 |

Предельные амины

| Название | Формула | Температура плавления (в °C) | Температура кипения (в °C) |
|------------------------|---|------------------------------|----------------------------|
| Метиламин | CH ₃ — NH ₂ | — 92,5 | 6,5 |
| Диметиламин | (CH ₃) ₂ NH | — 92,2 | 6,9 |
| Триметиламин | (CH ₃) ₃ N | — 117,1 | 2,9 |
| Этиламин | C ₂ H ₅ — NH ₂ | — 83,2 | 16,6 |
| Пропиламин | C ₃ H ₇ — NH ₂ | — 83,0 | 47,5 |
| Бутиламин | C ₄ H ₉ — NH ₂ | — 50,5 | 77,8 |

Одноосновные аминокислоты

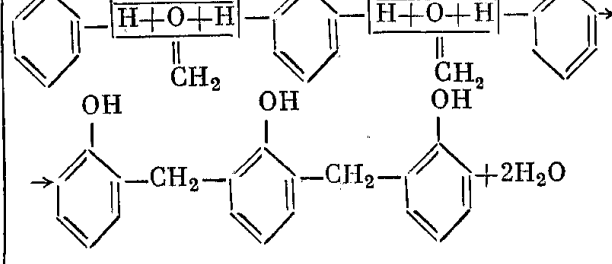
| Название кислоты | Формула |
|-----------------------------|---|
| Аминоуксусная | H ₂ N — CH ₂ — COOH |
| Аминопропионовая | H ₂ N — (CH ₂) ₂ — COOH |
| Аминомасляная | H ₂ N — (CH ₂) ₃ — COOH |
| Аминовалериановая | H ₂ N — (CH ₂) ₄ — COOH |
| Аминокапроновая | H ₂ N — (CH ₂) ₅ — COOH |
| Аминоэнантовая | H ₂ N — (CH ₂) ₆ — COOH |

НЕКОТОРЫЕ РЕАКЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

| Название реакций | Примеры |
|--|--|
| Предельные углеводороды | |
| Действие кислот, щелочей, окислителей Галогенирование Нитрование Сульфирование Окисление | (Не действует при обычных условиях) $C_2H_6 + Cl_2 \rightarrow C_2H_5Cl + HCl$ и т. д. $C_8H_{14} + HONO_2 \rightarrow C_8H_{13}NO_2 + H_2O$ $C_8H_{18} + HOSO_2OH \rightarrow C_8H_{17}-SO_2OH + H_2O$ Продукты окисления: спирты, альдегиды, кислоты. При полном окислении: вода, углекислый газ |
| Термическое разложение | $CH_4 \rightarrow C + 2H_2$ $2C_2H_6 \rightarrow C_2H_2 + 3H_2$ $C_{16}H_{34} \rightarrow C_8H_{18} + C_8H_{16}$ |
| Дегидрирование | $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3 \rightarrow CH_2=CH-CH=CH_2$ |
| Изомеризация | $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3 \rightarrow$ $\rightarrow CH_3-CH-CH_2-CH_3$ |
| Ароматизация | $C_9H_{14} \rightarrow C_9H_8 + 4H_2$ |
| Алкилирование | $CH_3-CH + CH_2=CH-CH_2-CH_3 \rightarrow$ $\rightarrow CH_3-C(CH_3)(CH_2CH_3)-CH-CH_2-CH_3$ |
| Непредельные углеводороды | |
| Гидрирование | $CH_2=CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3-CH_3$ |
| Присоединение галогенов | $CH \equiv CH + 2Cl_2 \rightarrow CHCl_2-CHCl_2$ |
| Присоединение галогеноводородов | $CH_3-CH=CH_2 + HCl \rightarrow CH_3-CH-CH_3$ <div style="text-align: center;"> Cl</div> |

| Название реакций | Примеры |
|--|--|
| Присоединение воды | $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ |
| Окисление | $\text{CH}\equiv\text{CH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3-\underset{\text{H}}{\overset{\text{O}}{\text{C}}}$ |
| Полимеризация | $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \underset{\text{OH}}{\text{CH}_2}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}_2}$ <p>При полном окислении образуются вода и углекислый газ</p> $n\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \rightarrow (-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}_2}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-)_n$ |
| Алкилирование | $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \begin{array}{c} \text{CH} \\ \text{HC} \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{HC} \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{CH} \quad \text{CH} \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{C} \\ \text{HC} \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{HC} \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{CH} \quad \text{CH} \end{array}$ |
| Замещение водорода металлами Дегидратация с образованием простых эфиров | <p>Одноатомные спирты</p> $2\text{R}-\text{OH} + 2\text{Na} \rightarrow 2\text{R}-\text{ONa} + \text{H}_2$ $\text{R}-\text{O} \boxed{\text{H} + \text{HO}} -\text{R}_1 \rightarrow \text{R}-\text{O}-\text{R}_1 + \text{H}_2\text{O}$ |
| Этерификация | $\text{R}-\text{O} \boxed{\text{H} + \text{HO}} \text{C}(=\text{O})-\text{R}_1 \rightarrow \text{R}-\text{O}-\text{C}(=\text{O})-\text{R}_1 + \text{H}_2\text{O}$ |
| Взаимодействие с галогеноводородами | $\text{R}-\boxed{\text{OH} + \text{H}} \text{Br} \rightarrow \text{R}-\text{Br} + \text{H}_2\text{O}$ |

| Название реакций | Примеры |
|--|--|
| Взаимодействие с пятихлористым фосфором Дегидратация с образованием непредельных соединений | $R-OH + PCl_5 \rightarrow R-Cl + HCl + POCl_3$ $\begin{array}{c} CH_2-CH_2 \rightarrow CH_2=CH_2 + H_2O \\ \quad \\ H \quad OH \end{array}$ |
| Дегидрирование | $\begin{array}{c} H \\ \\ R-C-O-H \\ \\ H \end{array} \rightarrow R-C \begin{array}{l} \diagup H \\ \diagdown O \end{array} + H_2$ |
| Окисление | $\begin{array}{c} H \\ \\ R-C-O-H \\ \\ H \end{array} + O \rightarrow R-C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown H \end{array} + H_2O$ |
| Восстановление | <p style="text-align: center;">Альдегиды</p> $R-C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown H \end{array} + H_2 \rightarrow R-CH_2OH$ |
| Окисление | $R-C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown H \end{array} + Ag_2O \rightarrow R-C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown OH \end{array} + 2Ag$ |
| Взаимодействие с пятихлористым фосфором | $R-C \begin{array}{l} \diagup O \\ \diagdown H \end{array} + PCl_5 \rightarrow R-CHCl_2 + POCl_3$ |

| Название реакций | Примеры |
|---|---|
| Полимеризация | $\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{C}=\text{O} & + & \text{C}=\text{O} & + & \text{C}=\text{O} & + \dots \rightarrow \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$ $\rightarrow \begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ -\text{C}-\text{O}- & \text{C}-\text{O}- & \text{C}-\text{O}- \dots \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$ |
| Поликонденсация с другими соединениями |  <p style="text-align: center;"> $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH}) + 2\text{H}_2\text{O}$ </p> |
| Качественная реакция | <p>С фуксिनсернистой кислотой дают красное окрашивание</p> |
| Взаимодействие с металлами | <p>Карбоновые кислоты</p> $2\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array} + \text{Mg} \rightarrow \left(\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \right)_2 \text{Mg} + \text{H}_2$ |
| Взаимодействие с окислами и гидроокисями металлов | $2\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{OH} \end{array} + \text{MgO} \rightarrow \left(\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{O}^- \end{array} \right)_2 \text{Mg} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{R}-\text{COO} \left[\text{H} + \text{HO} \right] \text{Na} \rightarrow \text{R}-\text{COONa} + \text{H}_2\text{O}$ |
| Электролитическое разложение | <p>На аноде:</p> $2\text{CH}_3\text{COO}^- - 2e^- \rightarrow \text{CH}_3-\text{CH}_3 + 2\text{CO}_2$ |

| Название реакций | Примеры |
|---|--|
| Взаимодействие с пятихлористым фосфором | $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + \text{PCl}_5 \rightarrow \text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{Cl} \end{array} + \text{HCl} + \text{POCl}_3$ |
| Дегидратация с образованием ангидридов | $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{O} \end{array} \begin{array}{ c c } \hline \text{H} & \text{HO} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{C}-\text{R} \end{array} \rightarrow$ $\rightarrow \text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{OO} \\ // \\ \text{O} \end{array} \text{C}-\text{R} + \text{H}_2\text{O}$ |
| | <p>Практически ангидриды получают в результате реакции</p> $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{O} \end{array} \begin{array}{ c c } \hline \text{Na} & \text{Cl} \\ \hline \end{array} + \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{C}-\text{R} \end{array} \rightarrow$ $\rightarrow \text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{OO} \\ // \\ \text{O} \end{array} \text{C}-\text{R} + \text{NaCl}$ |
| Этерификация с образованием сложных эфиров | $\text{R}-\text{COO} \begin{array}{ c c } \hline \text{H} & \text{HO} \\ \hline \end{array} \text{R}_1 \rightarrow \text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{O}-\text{R}_1 \end{array} + \text{H}_2\text{O}$ |
| Восстановление | $\text{R}-\text{COOH} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{R}-\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$ |
| Взаимодействие с галогенами . . | $\text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{ClCH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + \text{HCl}$ |
| | <p>Сложные эфиры</p> $\text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{O}-\text{R}_1 \end{array} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{R}-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ // \\ \text{OH} \end{array} + \text{R}_1-\text{OH}$ |

| Название реакций | Примеры |
|--|--|
| Восстановление | <p>Нитросоединения</p> $R-NO_2 + 6H \rightarrow R-NH_2 + 2H_2O$ <p>Амины</p> $R-NH_2 + HCl \rightarrow [R-NH_3]^+ Cl^-$ <p>или $R-NH_2 \cdot HCl$</p> |
| Взаимодействие с кислотами Конденсация с другими соединениями | $R-N \begin{array}{c} \\ H \end{array} - \overline{[H+NO]} - \begin{array}{c} O \\ \end{array} C - R_1 \rightarrow R-N \begin{array}{c} \\ H \end{array} - \begin{array}{c} O \\ \end{array} C - R_1 + H_2O$ |
| СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВАЖНЕЙШИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ | |


| Вещества | Способы получения |
|-------------------------------------|---|
| Анилин | <p style="text-align: center;">Из бензола</p> <p>а) Нитрование бензола:</p> $C_6H_6 + HNO_3 \rightarrow C_6H_5NO_2 + H_2O$ <p>б) Восстановление нитробензола:</p> $C_6H_5NO_2 + 6H \rightarrow C_6H_5NH_2 + 2H_2O$ <p>1. Гидратация ацетилена:</p> $CH \equiv CH + H_2O \rightarrow CH_3 - C \begin{array}{c} \diagup O \\ \diagdown H \end{array}$ <p>2. Окисление этилового спирта:</p> $CH_3 - CH_2OH + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CH_3 - C \begin{array}{c} \diagup O \\ \diagdown H \end{array} + H_2O$ <p>3. Дегидрирование этилового спирта:</p> $CH_3 - CH_2OH \rightarrow CH_3 - C \begin{array}{c} \diagup O \\ \diagdown H \end{array} + H_2$ |
| Ацетальдегид (уксусный альдегид) | |

| Вещества | Способы получения |
|--|--|
| Ацетон | <p>4. Окисление этилена:</p> $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_2-\underset{\text{O}}{\text{CH}_2} \rightarrow \text{CH}_3-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \text{H} \end{array}$ <p>1. При сухой перегонке древесины 2. Неполное окисление изопропилового спирта:</p> $\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_3 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ <p>3. Дегидрирование изопропилового спирта:</p> $\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_3 \rightarrow \text{CH}_3-\underset{\text{O}}{\text{C}}-\text{CH}_3 + \text{H}_2$ |
| Бензол | <p>4. Кумольный способ (см. получение фенола)</p> <p>1. При коксовании каменного угля 2. Дегидрирование циклогексана: $\text{C}_6\text{H}_{12} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 + 3\text{H}_2$ 3. Дегидроциклизация гексана: $\text{C}_6\text{H}_{14} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6 + 4\text{H}_2$</p> |
| Бутан (и другие предельные углеводороды) | <p>1. Синтез Вюрца:</p> $\text{C}_2\text{H}_5 \left[\boxed{\text{I} + 2\text{Na} + \text{I}} \right] \text{C}_2\text{H}_5 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10} + 2\text{NaI}$ <p>или</p> $\text{C}_3\text{H}_7 \left[\boxed{\text{I} + 2\text{Na} + \text{I}} \right] \text{CH}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10} + 2\text{NaI}$ <p>2. Гидрирование непредельных углеводородов:</p> $\text{C}_4\text{H}_8 + \text{H}_2 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_{10}$ |
| Гликокол (глицин) | $\text{ClCH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \text{OH} \end{array} + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \text{OH} \end{array} + \text{HCl}$ |
| Глицерин | <p>1. Расщепление (гидролиз) жиров 2. Синтез на основе пропилена:</p> |

| Вещества | Способы получения |
|------------------------|--|
| Карбамид (мочевина) | <p>a) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{500^\circ\text{C}} \text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HCl}$</p> <p>б) $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HCl}$</p> <p>в) $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{HOCl} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}-\text{CHCl}-\text{CH}_2\text{OH}$</p> <p>г) $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHCl}-\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}-\text{C(=O)}-\text{NH}_2 + \text{HCl}$</p> <p>Синтез из аммиака и двуокси углерода:</p> <p>a) $2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2$</p> <p>б) $\text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}_2 + \text{H}_2\text{O}$</p> |
| Метилловый спирт | <p>1. При сухой перегонке древесины</p> <p>2. Синтез из окиси углерода и водорода: $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{OH}$</p> <p>3. Окисление метана: $2\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{OH}$</p> |
| Окись этилена | <p>1. Из этилена через этиленхлоргидрин:</p> <p>a) $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HOCl} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{Cl}$</p> <p>б) $\text{CH}_2-\text{CH}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{CH}_2-\text{CH}_2 + \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$</p> <p style="margin-left: 40px;"> $\begin{array}{c} \quad \\ \text{OH} \quad \text{Cl} \end{array}$ $\begin{array}{c} \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \end{array}$ </p> <p>2. Прямое окисление этилена: $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_2-\text{CH}_2$</p> <p style="margin-left: 40px;"> $\begin{array}{c} \diagdown \quad \diagup \\ \text{O} \end{array}$ </p> |

| Вещества | Способы получения |
|------------------|---|
| Толуол | <p>1. При коксовании каменного угля</p> <p>2. Дегидрирование метилциклогексана:</p> $C_6H_{11}CH_3 \rightarrow C_6H_5-CH_3 + 3H_2$ <p>3. Дегидроциклизация гептана:</p> $C_7H_{16} \rightarrow C_6H_5-CH_3 + 4H_2$ <p>4. Реакция Вюрца — Фиттига:</p> $C_6H_5 \left[\begin{array}{c} Br \\ \\ Br \end{array} \right] + 2Na + \left[\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ Br \end{array} \right] \rightarrow C_6H_5-CH_3 + 2NaBr$ |
| Уксусная кислота | <p>1. При сухой перегонке древесины</p> <p>2. Брожение разбавленных растворов этилового спирта:</p> $CH_3-CH_2OH + O_2 \rightarrow CH_3-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow OH \end{array} + H_2O$ <p>3. Окисление ацетальдегида:</p> $2CH_3-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow H \end{array} + O_2 \rightarrow 2CH_3-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow OH \end{array}$ <p>4. Окисление бутана:</p> $CH_3-CH_2-\overset{ }{\underset{ }{CH_2}}-CH_3 + 2\frac{1}{2}O_2 \rightarrow$ $\rightarrow 2CH_3-C \begin{array}{l} \nearrow O \\ \searrow OH \end{array} + H_2O$ |

| Вещества | Способ получения |
|--------------|---|
| Фенол | <p>1. При коксовании каменного угля</p> <p>2. Из бензола через хлорбензол: $C_6H_6 \rightarrow C_6H_5Cl \rightarrow C_6H_5OH$</p> <p>3. Кумольный способ — из бензола через изопропилбензол:</p> <p>а) $C_6H_6 + CH_2=CH-CH_3 \rightarrow C_6H_5-\underset{\substack{ \\ CH_3}}{\overset{CH_3}{ }}{C}H$ изопропилбензол</p> <p>б) $C_6H_5-\underset{\substack{ \\ CH_3}}{\overset{CH_3}{ }}{C}H + O_2 \rightarrow C_6H_5-\underset{\substack{ \\ CH_3}}{\overset{CH_3}{ }}{C}-O-O-H$ гидроперекись изопропилбензола</p> <p>в) $C_6H_5-\underset{\substack{ \\ CH_3}}{\overset{CH_3}{ }}{C}-O-O-H \rightarrow C_6H_5OH + \underset{\substack{ \\ O}}{CH_3-C-CH_3}$ ацетон</p> |
| Формальдегид | <p>1. Окисление метилового спирта: $CH_3-OH + 1/2 O_2 \rightarrow H-\underset{\substack{ \\ O}}{\overset{O}{/}}{C}-H + H_2O$</p> <p>2. Окисление метана: $CH_4 + O_2 \rightarrow H-\underset{\substack{ \\ O}}{\overset{O}{/}}{C}-H + H_2O$</p> |

| Вещества | Способ получения |
|-------------------|--|
| Щавелевая кислота | <p>1. Окислением этиленгликоля:</p> $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{HOOC}-\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>2. Из муравьинокислого натрия (калия):</p> <p>а) $2\text{HC} \begin{array}{l} \diagup \text{O} \\ \diagdown \text{ONa} \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{NaO}-\text{C}-\text{C}-\text{O} \\ \parallel \\ \text{ONa} \end{array} + \text{H}_2$ щавелевокислый натрий</p> <p>б) $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{NaO}-\text{C}-\text{C}-\text{O} \\ \parallel \\ \text{ONa} \end{array} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$ $\rightarrow \text{HOOC}-\text{COOH} + \text{Na}_2\text{SO}_4$</p> |
| Этиленгликоль | <p>1. Из этилена через дихлорэтан:</p> <p>а) $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$</p> <p>б) $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH} + 2\text{NaCl} + \text{CO}_2$</p> <p>2. Из этилена через этиленхлоргидрин:</p> <p>а) $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{HOCl} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{Cl}$</p> <p>б) $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{Cl} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow$ $\rightarrow \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH} + \text{NaCl} + \text{CO}_2$</p> <p>3. Гидратация окиси этилена:</p> $\text{CH}_2-\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$  |

ЖИРЫ

Среднее содержание жира в семенах и плодах различных растений

| Растение | Содержание жира (в %) | Растение | Содержание жира (в %) |
|--------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Пшеница | 1,5 | Подсолнечник | 24,0 |
| Рожь | 2,0 | Конопля | 32,0 |
| Овес | 6,0 | Лен | 40,0 |
| Кукуруза | 6,5 | Клещевина | 50—60 |

Кислотный состав животных жиров (в %)

| Жир | Кислоты | | | | | |
|-------------------|------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| | миристиновая $C_{13}H_{27}COOH$ | пальмитиновая $C_{15}H_{31}COOH$ | стеариновая $C_{17}H_{35}COOH$ | олеиновая $C_{17}H_{33}COOH$ | линолевая $C_{17}H_{31}COOH$ | линоленовая $C_{17}H_{29}COOH$ |
| Говяжий | 2—2,5 | 27—29 | 25—31 | 36—43 | 3—4 | — |
| Бараний | 2—4 | 25—27 | 25—31 | 36—43 | 3—4 | — |
| Свиной | — | 25—30 | 12—16 | 41—51 | 3—8 | 1—2 |

Кислотный состав растительных масел (в %)

| Масло | Кислоты | | | |
|------------------------|------------|-----------|-----------|-------------|
| | насыщенные | олеиновая | линолевая | линоленовая |
| Подсолнечное | 8—10 | 39—42 | 47—54 | — |
| Льняное | 9—11 | 13—29 | 15—30 | 41—60 |

АМИНОКИСЛОТЫ И БЕЛКИ

Некоторые аминокислоты из числа постоянно встречающихся
в составе белков

| Название | Формула |
|------------------------------------|---|
| Гликокол (глицин) | $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Аланин | $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Валин | $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH—COOH} \\ \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Лейцин | $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{—CH—CH}_2\text{—CH—COOH} \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Аспарагиновая кислота | $\begin{array}{c} \text{HOOC—CH}_2\text{—CH—COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Серин | $\begin{array}{c} \text{HO—CH}_2\text{—CH—COOH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$ |
| Цистеин | $\begin{array}{c} \text{HS—CH}_2\text{—CH—COOH} \\ \\ \text{NH} \end{array}$ |
| Лизин | $\text{H}_2\text{N—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—CH—COOH}$ <div style="text-align: right; margin-right: 20px;"> $$ NH_2 </div> |
| Гистидин | $\begin{array}{c} \text{N} \quad \quad \text{C—CH}_2\text{—CH—COOH} \\ \diagdown \quad \diagup \quad \\ \text{HC} \quad \quad \text{CH} \quad \quad \text{NH}_2 \\ \\ \text{NH} \end{array}$ |
| Тирозин | $\begin{array}{c} \text{HO—C} \quad \quad \text{C—CH}_2\text{—CH—COOH} \\ \diagdown \quad \diagup \quad \\ \text{HC} \quad \quad \text{CH} \quad \quad \text{NH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{HC} \quad \quad \text{CH} \end{array}$ |

Аминокислотный состав некоторых белков
 (А — процентное содержание аминокислоты;
 Б — число аминокислотных остатков в молекуле)

| Наименование аминокислот | Яичный альбумин | | Пепсин | |
|-----------------------------|-----------------|----|--------|----|
| | А | Б | А | Б |
| Аланин | 6,72 | 35 | — | — |
| Глицин | 3,05 | 19 | 6,4 | 29 |
| Валин | 7,05 | 28 | 7,1 | 24 |
| Лейцин | 9,20 | 32 | 10,4 | 27 |
| Изолейцин | 7,00 | 25 | 10,8 | 28 |
| Пролин | 3,60 | 14 | 5,0 | 15 |
| Фенилаланин | 7,66 | 21 | 6,4 | 13 |
| Тирозин | 3,68 | 9 | 8,5 | 16 |
| Триптофан | 1,20 | 3 | 2,4 | 4 |
| Серин | 8,15 | 36 | 12,2 | 40 |
| Треонин | 4,03 | 16 | 9,6 | 28 |
| Цистин | 0,51 | 2 | 1,64 | 4 |
| Цистеин | 1,35 | 5 | 0,5 | 2 |
| Метионин | 5,2 | 16 | 1,7 | 4 |
| Аргинин | 5,72 | 15 | 1,0 | 2 |
| Гистидин | 2,35 | 7 | 0,9 | 2 |
| Лизин | 6,30 | 20 | 0,9 | 2 |
| Аспарагиновая кислота . | 9,30 | 32 | 16,0 | 41 |
| Глутаминовая кислота . . | 16,50 | 52 | 11,9 | 28 |

Возможное число сочетаний аминокислот

| Число аминокислот | Возможное число сочетаний |
|-------------------|---------------------------|
| 2 | 2 |
| 3 | 6 |
| 4 | 24 |
| 5 | 120 |
| 6 | 720 |
| 7 | 5040 |
| 8 | 40320 |
| 9 | 362880 |
| 10 | 3628800 |
| 15 | 1307674368000 |
| 17 | 355687428096000 |
| 19 | 121645100480832000 |
| 20 | 2432902009616640000 |

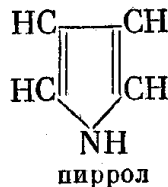
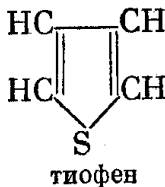
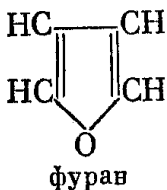
Элементарный состав жиров, углеводов и белков

| Название веществ | Содержание (в %) | | | | |
|--------------------|------------------|----------|-----------|-------|---------|
| | углерода | водорода | кислорода | азота | серы |
| Жиры | 76—79 | 11—13 | 10—12 | — | — |
| Углеводы | 40—44,4 | 6,1—6,6 | 49,5—53,4 | — | — |
| Белки | 50—55 | 6,5—7,3 | 19—24 | 15—19 | 0,2—2,4 |

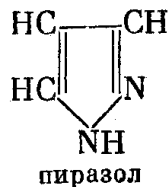
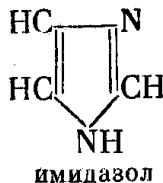
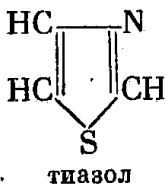
ВАЖНЕЙШИЕ ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ

Пятичленные гетероциклы

а) С одним гетероатомом

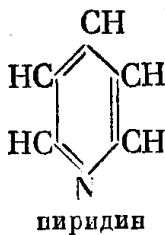


б) С двумя гетероатомами

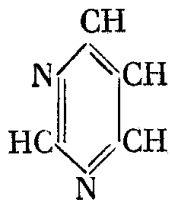


Шестичленные гетероциклы

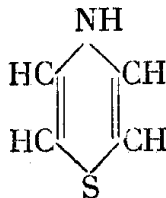
а) С одним гетероатомом



б) С двумя гетероатомами

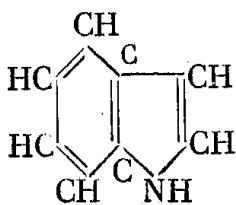


пиримидин

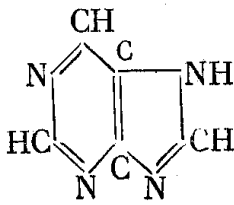


тиазин

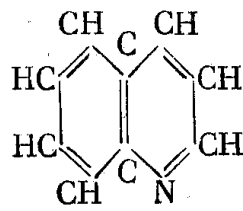
Конденсированные гетероциклические системы



индол



пурин

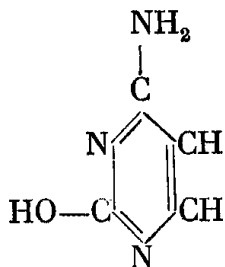


хинолин

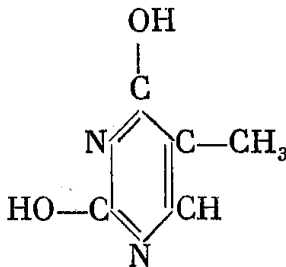
НУКЛЕИНОВЫЕ КИСЛОТЫ

Азотистые соединения (основания), входящие в состав нуклеотидов

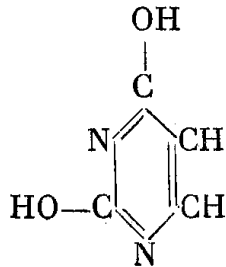
Производные пиримидина



цитозин

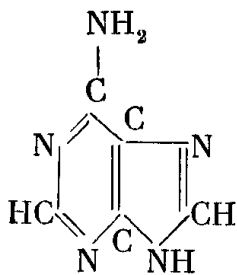


тимин

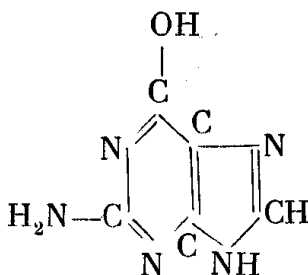


урацил

Производные пурина

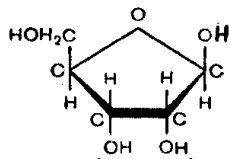


аденин

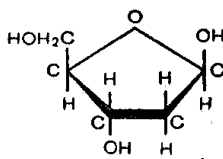


гуанин

Углеродная часть нуклеотидов



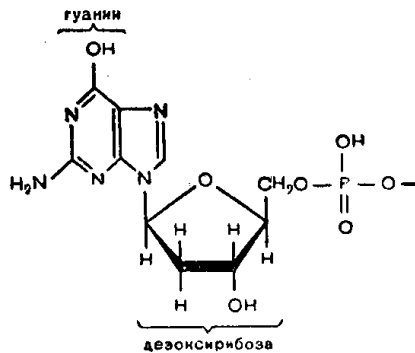
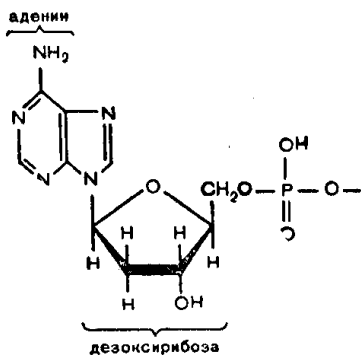
рибоза

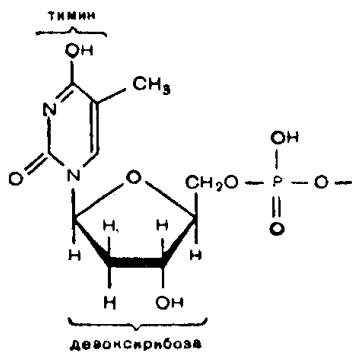
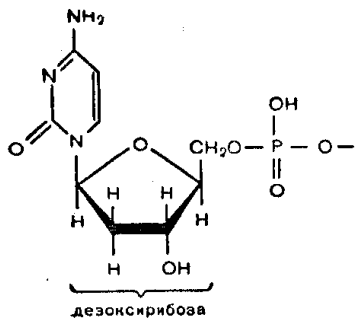


дезоксирибоза

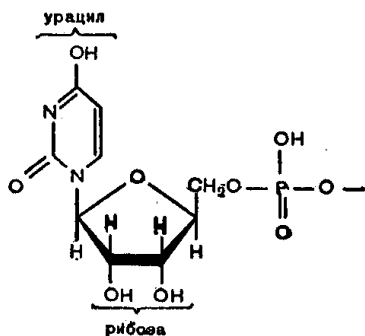
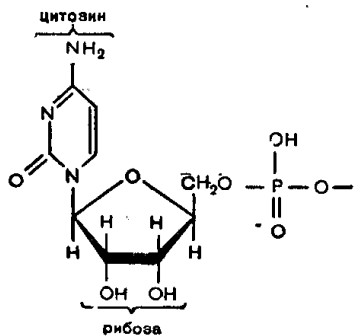
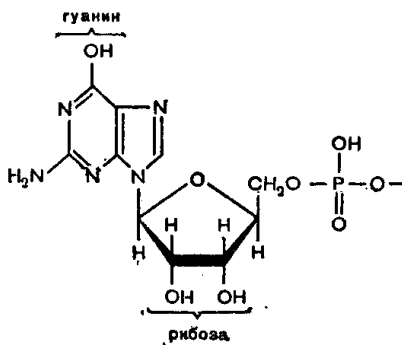
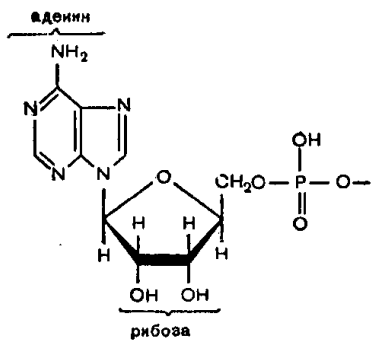
Нуклеотиды, входящие в состав нуклеиновых кислот

Дезоксирибонуклеотиды

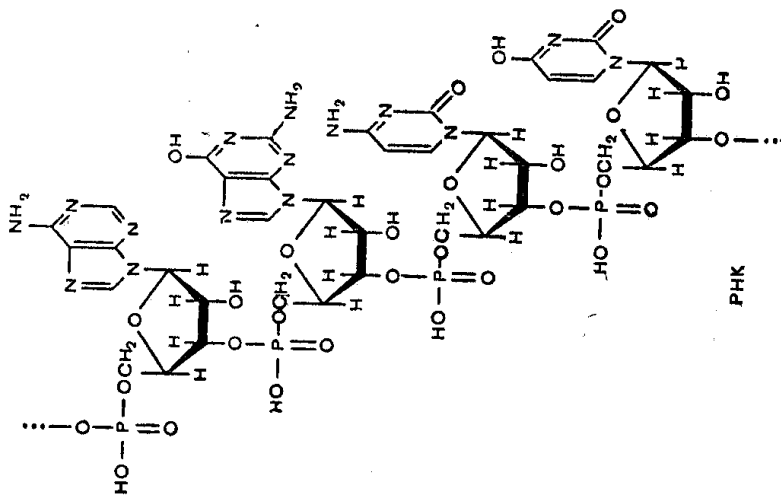
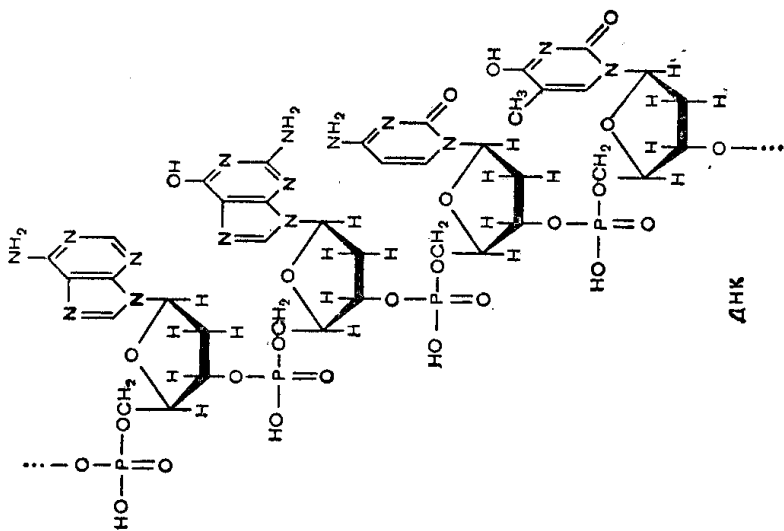




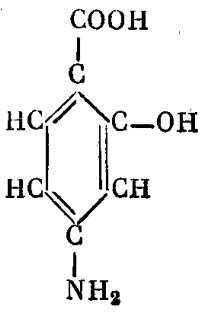
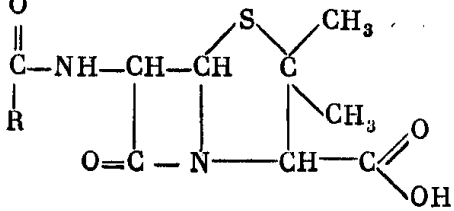
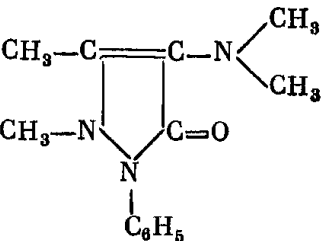
Рибонуклеотиды

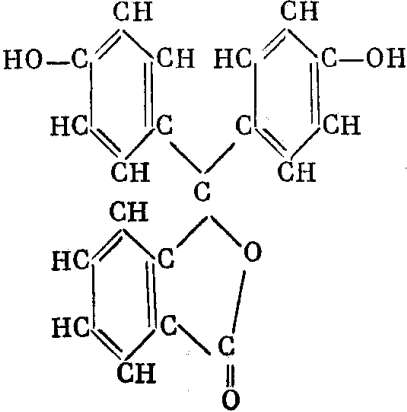
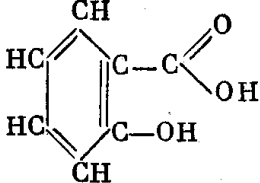
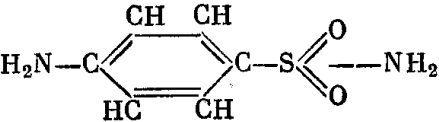


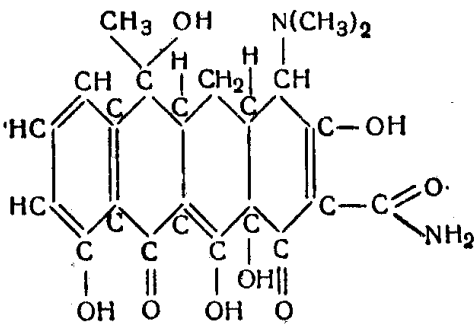
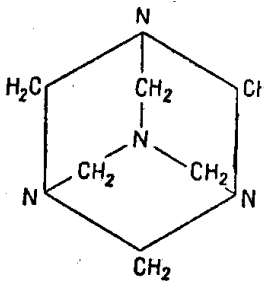
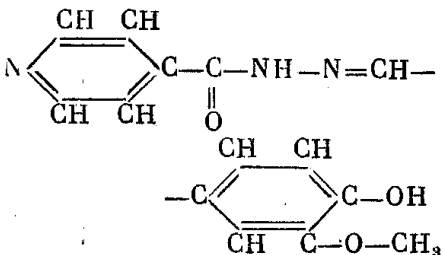
Строение дезоксирибонуклеиновой и рибонуклеиновой кислот



| Вещество | Формула | Характеристика |
|----------|--|--|
| Димедрол | $\begin{array}{c} \text{C}_6\text{H}_5 \\ \diagdown \\ \text{CH} \\ \diagup \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \text{—O—CH}_2\text{—CH}_2\text{—N} \begin{array}{l} \diagup \text{CH}_3 \\ \diagdown \text{CH}_3 \end{array} \cdot \text{HCl}$ | Применяется при крапивнице, бронхиальной астме и других заболеваниях |
| Люминал | $\begin{array}{c} \text{H}_5\text{C}_2 \quad \text{C}_6\text{H}_5 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O}=\text{C} \quad \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H—N} \quad \text{N—H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$ | Снотворное средство |
| Новокаин | $\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{C} \\ \diagdown \\ \text{O} \end{array} \text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—N} \begin{array}{l} \diagup \text{C}_2\text{H}_5 \\ \diagdown \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{HC} \quad \text{CH} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{HC} \quad \text{CH} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \\ \mid \\ \text{NH}_2 \end{array}$ | Полностью заменил собой кокаин в качестве анестезирующего средства |

| Вещество | Формула | Характеристика |
|-------------------------------------|---|---|
| Паск (парааминосалициловая кислота) |  | Применяется при лечении туберкулеза |
| Пенициллин |  | Антибиотик, обладающий бактерицидным и бактериостатическим действием. Различные виды пенициллина (различающиеся значением R) применяются при большом количестве заболеваний |
| Пирамидон |  | Жаропонижающее и болеутоляющее средство |

| Вещество | Формула | Характеристика |
|--|---|--|
| <p>Пурген (Фенолфта- леин)</p> |  | <p>Применяется в качестве сла- бительного средства</p> |
| <p>Салицило- вая кислота</p> |  | <p>В виде на- триевой соли применяется при суставном ревматизме</p> |
| <p>Стрепто- цид белый</p> |  | <p>Один из пер- вых сульфа- мидных препа- ратов, приме- няющихся для лечения гной- ных заболева- ний</p> |

| Вещество | Формула | Характеристика |
|-------------|---|--|
| Тетрациклин |  <p>The structure shows a tetracycline molecule with a central four-ring system. Substituents include a methyl group (CH₃), a dimethylamino group (N(CH₃)₂), a hydroxyl group (OH), and a dimethylamino group (N(CH₃)₂) attached to the rings. The structure is highly detailed with carbon, oxygen, nitrogen, and hydrogen atoms explicitly labeled.</p> | <p>Препарат высокой активности против кокковых заболеваний</p> |
| Уротропин |  <p>The structure is a hexahydro-1,3,5-triazine, consisting of a six-membered ring with alternating carbon and nitrogen atoms. Each carbon atom is bonded to two hydrogen atoms (CH₂), and each nitrogen atom is bonded to two hydrogen atoms (NH₂).</p> | <p>Используется как противогриппозное средство и для дезинфекции мочевых путей</p> |
| Фтивазид |  <p>The structure shows two pyridine rings. The top ring is substituted with a methyl group (CH₃) and a dimethylamino group (N(CH₃)₂). The bottom ring is substituted with a methyl group (CH₃) and a hydroxyl group (OH). The two rings are connected via a chain containing a carbonyl group (C=O) and a nitrogen atom (NH).</p> | <p>Препарат, обладающий высокой противотуберкулезной активностью</p> |

СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВЫСОКОМОЛЕКУ

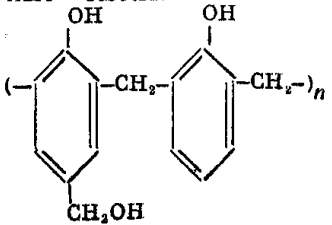

| № п/п | Название полимера и его строение | Исходные мономеры | Условия синтеза полимера |
|----------|--|--|--|
| 1 | Полиэтилен $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ | Этилен $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ | Полимериза- ция под высо- ким давлением при 200° С или без давления в присутствии катализатора |
| 2 | Полипропилен $(-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-)_n$ | Пропилен $\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}$ | Полимериза- ция в растворе в присутствии катализатора |
| 3 | Полистирол $(-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-)_n$ | Стирол $\text{CH}_2 = \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}$ | Полимериза- ция в присут- ствии инициа- тора (напри- мер, перекиси бензоила) или без него |
| 4 | Полибутадиен $(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$ | Бутадиен $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH} = \text{CH}_2$ | Полимериза- ция при нагре- вании в присут- ствии метал- лического нат- рия. Стереоспе- цифическая по- лимеризация в присутствии металлоорга- нического ка- тализатора |

ЛЯРНЫЕ ВЕЩЕСТВА (ПОЛИМЕРЫ)

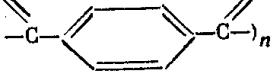
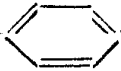
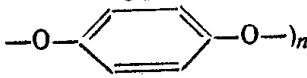

| Свойства полимера | Применение | Некоторые признаки для распознавания. |
|---|---|--|
| <p>Прочность, высокие электроизоляционные свойства, малый уд. вес, термопластичность, высокая химическая стойкость</p> <p>Большая механическая прочность и теплоустойчивость, чем у полиэтилена. Высокая химическая стойкость</p> <p>Высокие электроизоляционные свойства, прозрачность, хорошая термопластичность. Температура размягчения 70—80° С.</p> <p>Стереорегулярный полистирол более термостоек. Сополимеры не обладают хрупкостью</p> <p>Эластичный каучукообразный полимер, влагуустойчив, газонепроницаем. Стереорегулярный полимер, по эластичности и сопротивлению к истиранию превосходит натуральный каучук, уступает ему по прочности. Сохраняет эластичность при низких температурах</p> | <p>Пленки, трубы, электроизоляция, емкости для агрессивных жидкостей, предметы домашнего обихода</p> <p>То же, что и у полиэтилена. Синтетическое волокно</p> <p>Электроизолирующие пленки, емкости для агрессивных жидкостей, предметы домашнего обихода, игрушки, художественные изделия</p> <p>Известен как первый синтетический каучук (СКБ). Используется СКБ в производстве шин</p> | <p>Жирный на ощупь, легко размягчается при нагревании. Горит синеватым пламенем, распространяя запах расплавленного парафина</p> <p>Хрупок. При нагревании легко вытягивается в нити. Горит коптящим пламенем, распространяя запах стирола. Легко деполимеризуется</p> <p>Растворяется в бензине и бензоле. Обесцвечивает бромную воду. Горит коптящим пламенем. При термическом разложении образует непредельные продукты</p> |

| № п/п | Название полимера и его строение | Исходные мономеры | Условия синтеза полимера |
|----------|---|--|---|
| 5 | <p>Полиизопрен $(-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$</p> | <p>Изопрен $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$</p> | <p>Стереоспецифическая полимеризация в растворе в присутствии металлоорганического катализатора</p> |
| 6 | <p>Полибутадиенстирол $(-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-)_n$</p> <p>Полихлорвинил (поливинилхлорид) $(-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Cl})-)_n$</p> | <p>Бутадиен $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ и стирол $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)$</p> <p>Хлористый винил (винилхлорид) $\text{CH}_2=\text{CHCl}$</p> | <p>Сополимеризация при нагревании в присутствии инициаторов (перекисей) Полимеризация в присутствии инициаторов (перекисей)</p> |
| 7 | <p>Политетрафторэтилен $(-\text{CF}_2-\text{CF}_2-)_n$</p> | <p>Тетрафторэтилен $\text{CF}_2=\text{CF}_2$</p> | <p>Полимеризация при нагревании под давлением 50 — 100 атм</p> |
| 9 | <p>Полихлорпропен $(\text{CH}_2-\text{C}(\text{Cl})=\text{CH}-\text{CH}_2-)_n$</p> | <p>Хлоропрен $\text{CH}_2=\text{C}(\text{Cl})-\text{CH}=\text{CH}_2$</p> | <p>Полимеризация при 40° С в присутствии перекисных инициаторов</p> |

| Свойства полимера | Применение | Некоторые признаки для распознавания |
|--|--|---|
| <p>Стереорегулярный полимер, сходен по прочности, износостойкости и эластичности с натуральным каучуком</p> <p>Эластичный каучук, по прочности и устойчивости к истиранию превосходит натрийбутадиеновый</p> <p>Механическая прочность, термопластичность, высокие электроизоляционные свойства, высокая химическая стойкость</p> <p>Высокая термостойкость (до 300°C), наивысшая химическая стойкость, очень высокие электроизоляционные свойства</p> <p>Эластичность, прочность, огнестойкость, устойчивость к истиранию, действию органических растворителей, окислителей и света</p> | <p>Для производства технических резиновых изделий, преимущественно шин для самолетов и автомобилей</p> <p>Для производства резиновых изделий технического и бытового назначения</p> <p>Электроизоляция проводов, пленочные изделия (клеенки, накладки, сумки), трубы, шланги, детали хим. аппаратуры, электролитические ванны</p> <p>Детали химической аппаратуры, электроизолирующие пленки и волокна, электро- и радиотехнические детали</p> <p>На производство бензостойких шлангов, транспортных лент, ремней, электроизоляции для кабелей</p> | <p>Признаки те же, что и у бутадиенового каучука. В продуктах разложения можно обнаружить изопрен</p> <p>Общие признаки те же. Хорошо растворяется в бензоле, хуже в бензине</p> <p>Горит коптящим пламенем, вне пламени не горит. Размягчается при 60°C. При термическом разложении выделяется хлористый водород</p> <p>Не горит. При высоком нагревании разлагается, распространяя резкий запах. Не растворяется ни в каких растворителях</p> <p>Загорается с трудом, вне пламени не горит, при нагревании выделяет HCl</p> |

| № п/п | Название полимера и его строение | Исходные мономеры | Условия синтеза полимера |
|----------|---|---|---|
| 10 | <p>Поливиниловый спирт</p> $\left(-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}- \right)_n$ | <p>Винилацетат</p> $\text{CH}_2=\text{CH}$ $\begin{array}{c} \\ \text{O}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ | <p>Гидролиз поливинилацетата</p> $\left(-\text{H}_2\text{C}-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}- \right)_n$ $\begin{array}{c} \\ \text{O}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ |
| 11 | <p>Полиформальдегид</p> $\left(-\text{CH}_2-\text{O}- \right)_n$ | <p>Формальдегид</p> $\text{H}-\underset{\text{H}}{\overset{\text{O}}{\text{C}}}$ | <p>Полимеризация в присутствии металлоорганических соединений</p> |
| 12 | <p>Фенолформальдегидные смолы</p>  | <p>Фенол</p>  <p>Формальдегид</p> $\text{H}-\underset{\text{H}}{\overset{\text{O}}{\text{C}}}$ | <p>Поликонденсация при нагревании в присутствии кислот или оснований</p> |
| 13 | <p>Полиметилметакрилат</p> $\left(-\text{CH}_2-\underset{\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O}-\text{CH}_3 \end{array}}{\text{C}}- \right)_n$ | <p>Метилметакрилат</p> $\text{CH}_2=\underset{\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{C} \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{O}-\text{CH}_3 \end{array}}{\text{C}}$ | <p>Полимеризация при нагревании в присутствии инициаторов</p> |
| 14 | <p>Поливинилацетат</p> $\left(-\text{CH}_2-\underset{\begin{array}{c} \text{O}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}}{\text{CH}}- \right)_n$ | <p>Винилацетат</p> $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\underset{\begin{array}{c} \text{O}-\text{C}=\text{O} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}}{\text{O}}$ | <p>Полимеризация при нагревании в присутствии инициаторов</p> |

| Свойства полимера | Применение | Некоторые признаки для распознавания |
|---|---|--|
| <p>Растворяется в воде, устойчив к действию органических растворителей</p> <p>Высокая прочность, устойчивость к удару, не растворяется в обычных растворителях</p> <p>Прочность, высокие электроизоляционные свойства, стойкость по отношению к воде, органическим растворителям и кислотам средней концентрации</p> <p>Прозрачность, светостойкость, механическая стойкость; растворяется в ацетоне, дихлорэтане</p> <p>Эластичность, прозрачность, светостойкость. Малая устойчивость к нагреванию и химическим реагентам</p> | <p>Для бензостойких плангов и мембран, пленок, синтетического волокна (винол)</p> <p>Детали приборов и механизмов, трубы, ленты</p> <p>Для электроаппаратуры, бытовых приборов, шестерен, труб, химической аппаратуры и т. д.</p> <p>Для остекления средств транспорта, бытовых изделий и т. п.</p> <p>Безосколочное стекло «Триплекс», клеящие составы, пластмассы в виде сополимеров с хлорвинилом и другими мономерами</p> | <p>Растворяется в воде, нерастворим в спирте, ацетоне</p> <p>При термическом разложении выделяется формальдегид, обнаруживаемый по запаху</p> <p>Вне пламени не горят. При нагревании разлагаются, появляется запах фенола</p> <p>Горит синеватым пламенем с легким потрескиванием, распространяя эфирный запах</p> <p>При горении появляется запах уксусной кислоты</p> |

| № ш/п | Название полимера и его строение | Исходные мономеры | Условия синтеза полимера |
|----------|---|--|---|
| 15 | Полиэтилентерефталат $\left(\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}- \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} \right)_n$  | Этиленгликоль $\text{CH}_2\text{OH}-\text{CH}_2\text{OH}$ Терефталевая кислота $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$  | Поликонденсация |
| 16 | Эпоксидные смолы $\left(\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{OH} \end{array} \right)_n$  | Эпихлоргидрин $\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2\text{Cl}$  и двухатомные фенолы | Поликонденсация при нагревании в присутствии щелочи |
| 17 | Полиакрилонитрил $\left(\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{C}\equiv\text{N} \end{array} \right)_n$ | Нитрил акриловой кислоты (акрилонитрил) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$ | Полимеризация в присутствии инициатора |
| 18 | Полибутадиеннитрил $\left(\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ -\text{CH}_2-\text{CH}- \\ \\ \text{C}\equiv\text{N} \end{array} \right)_n$ | Бутадиен $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ Акрилонитрил $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{N}$ | Сополимеризация в присутствии инициатора |

| Свойства | Применение | Некоторые признаки для распознавания |
|--|---|--|
| <p>Прочность, эластичность, высокая термостойкость (260° С), стойкость к действию кислот</p> <p>Хорошие электроизоляционные свойства, стойкость к действию щелочей, масел, растворителей</p> | <p>Для производства стеклопластов. В текстильной промышленности в виде волокна лавсан. Ткани из лавсана идут на изготовление костюмов, платьев, пальто</p> <p>Пленки, клеи, лакокрасочные покрытия, в качестве связующего в производстве слоистых пластиков</p> | <p>Горит коптящим пламенем с образованием темного блестящего шарика</p> <p>Вязкие жидкости или твердые хрупкие вещества от желтого до бронзового цвета, растворяются в ацетоне, сложных эфирах</p> |
| <p>Прочность, термостойкость, устойчивость к влаге, свету и разбавленным кислотам</p> | <p>В виде волокна нитрон как добавка к шерсти для изготовления одежды, искусственного меха и т. п.</p> | <p>Набухает в насыщенном растворе хлористого цинка и в насыщенных растворах роданистых солей. Пожелтение нитей при нагревании с концентрированной щелочью</p> |
| <p>Масло- и бензостойкий каучук с высокой газонепроницаемостью, теплостойкостью и стойкостью к истиранию</p> | <p>Для изготовления резиновых бензостойких шлангов, рукавов, прокладок, транспортерных лент и т. д.</p> | <p>Горит коптящим пламенем. Почти не изменяется в маслах и бензине</p> |

| № п/п | Название полимера и его строение | Исходные мономеры | Условия синтеза полимера |
|-------|---|--|---|
| 19 | Мочевиноформальдегидные смолы | <p>Мочевина</p> $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{H}_2\text{N} \end{array}$ <p>Формальдегид</p> $\text{H}-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{H} \end{array}$ | Поликонденсация при нагревании в присутствии кислот или щелочей |
| 20 | <p>Поликапролактам</p> $\begin{array}{c} \text{H} \qquad \qquad \text{O} \\ \qquad \qquad \parallel \\ (-\text{N}-(\text{CH}_2)_5-\text{C}-)_n \end{array}$ | <p>Капролактам</p> $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \qquad \qquad \diagup \\ \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH} \end{array} \text{CO}$ | Полимеризация в атмосфере азота |
| 21 | <p>Энант</p> $\begin{array}{c} \text{H} \qquad \qquad \text{O} \\ \qquad \qquad \parallel \\ (-\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{C}-)_n \end{array}$ | <p>Аминоэнантовая кислота</p> $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{C} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{OH} \end{array}$ | Поликонденсация |
| 22 | <p>Анид (найлон)</p> $\begin{array}{c} \text{O} \qquad \qquad \text{O} \qquad \text{H} \\ \parallel \qquad \qquad \parallel \qquad \\ (-\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\text{C}-\text{N}-)_n \\ \qquad \qquad \diagup \\ (\text{CH}_2)_6-\text{N}- \end{array}$ | <p>Адипиновая кислота</p> $\text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$ <p>Гексаметилендиамин</p> $\text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}_2$ | Поликонденсация |
| 23 | <p>Полисилоксаны</p> $\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ (-\text{Si}-\text{O}-)_n \\ \\ \text{R} \end{array}$ | <p>Силандиолы типа</p> $\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{HO}-\text{Si}-\text{OH} \\ \\ \text{R} \end{array}$ | Поликонденсация при нагревании |

| Свойства полимера | Применение | Некоторые признаки для распознавания |
|---|--|--|
| <p>Прочность, светостойкость, неплавкость, нерастворимость в кислотах средней концентрации</p> | <p>На изготовление декоративных, отделочных, микропористых материалов, используемых в качестве тепло- и звукоизоляции</p> | <p>Почти не горит, обугливается, распространяя запах формальдегида и аммиака</p> |
| <p>Высокая прочность, термопластичность, эластичность, износостойкость</p> | <p>В виде волокна капрон для изготовления платяных и кордных тканей. В виде пластмассы для изготовления многих технических деталей</p> | <p>При нагревании волокно плавится, образуя твердый блестящий шарик. При горении распространяет неприятный запах</p> |
| <p>Прочность, термопластичность, эластичность, светостойкость, повышенная (в сравнении с капроном) теплостойкость</p> | <p>В виде волокна для выработки текстильных изделий и технических тканей</p> | <p>Горит голубоватым пламенем, распространяя цветочно-плодовый запах</p> |
| <p>Прочность, эластичность, высокая износостойкость</p> | <p>В виде волокна для изделий широкого потребления и для кордной ткани. В виде пластмассы для технических изделий</p> | <p>То же</p> |
| <p>Термостойкость (от -60 до +250°C), устойчивость к действию воздуха и озона, эластичность</p> | <p>В виде каучука идет на изготовление электроизоляционных материалов, уплотняющих прокладок и т. п.</p> | <p>Не набухает в углеводородах. При сгорании образуется белый налет</p> |

Влияние функциональных групп на свойства полимеров

| Группа | Теплостойкость | Прочность при растяжении | Светостойкость | Эластичность | Водопоглощение |
|-------------------|----------------|--------------------------|----------------|--------------|----------------|
| COOH | ++ | ++ | | — | + |
| CONH ₂ | ++ | + | | — | + |
| NH ₂ | | + | | — | + |
| CN | | +++ | +++ | — | + |
| OH | + | +++ | | — | — |
| Cl | + | + | — | — | — |
| F | +++ | + | + | — | — |
| CH ₃ | — | — | | + | — |

Условные обозначения: + повышает, ++ сильно повышает, +++ очень сильно повышает, — понижает, — — сильно понижает.

Физико-механические свойства природных, искусственных и синтетических волокон

| Волокно | Разрывная длина (в км) ¹ | | Разрывная прочность (в кг/мм ²) |
|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------|---|
| | в сухом состоянии | в мокром состоянии | |
| Природные волокна | | | |
| Хлопок | 27—36 | 30—40 | 41—54 |
| Шелк | 27—32 | 22—28 | 35—42,5 |
| Шерсть | 12—14 | 10—12 | 14—18,5 |
| Искусственные волокна | | | |
| Вискозное | 15—20 | 7—9 | 22,5—30 |
| Высокопрочное вискозное | 40—50 | 30—40 | 60—75 |
| Ацетатное | 10,5—14 | 6—6,5 | 15—18,5 |

¹Разрывная длина—это длина волокна (в км), при которой происходит разрыв его под действием собственного веса.

| Волокно | Разрывная длина (в км) | | Разрывная прочность (в кг/мм ²) |
|--|------------------------|--------------------|--|
| | в сухом состоянии | в мокром состоянии | |
| Синтетические волокна | | | |
| Перхлорвиниловое (хлорин) | 15—20 | 15—20 | 24—32 |
| Полиамидное (капрон, анид, найлон) | 45—70 | 40—67 | 51—59 |
| Полиэфирное (лавсан) | 35—55 | 35—55 | 49—77 |
| Полиакрилонитрильное (нитрон) | 25—40 | 25—40 | 28—47 |
| Полипропиленовое | 30—55 | 30—55 | 36—48 |

ХИМИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Основные направления развития

«Одна из крупнейших задач — всемерное развитие химической промышленности, полное использование во всех отраслях народного хозяйства достижений современной химии, в огромной степени расширяющей возможности роста народного богатства, выпуска новых, более совершенных и дешевых средств производства и предметов народного потребления. Металл, дерево и другие материалы будут все более заменяться экономичными, практичными и легкими синтетическими материалами. Резко возрастет производство минеральных удобрений и химических средств защиты растений» («Программа Коммунистической партии Советского Союза», изд. «Правда», Москва, 1961, стр. 70).

Предусматриваются высокие темпы развития производства синтетических материалов и изделий.

Улучшается качество химических продуктов, особенно минеральных удобрений, значительно повышается содержание в них питательных веществ и улучшаются их физические свойства.

Рост производства некоторых видов химических продуктов (в тыс. т)

| Виды продукции | Годы | | | | | |
|---|------|------|------|-------|-------|-------|
| | 1928 | 1940 | 1950 | 1960 | 1965 | 1967 |
| Серная кислота в пересчете на 100 %-ную | 211 | 1587 | 2125 | 5398 | 8515 | 9737 |
| Сода кальцинированная в пересчете на 95 %-ную | 217 | 536 | 749 | 1887 | 2871 | 3169 |
| Сода каустическая в пересчете на 92 %-ную | 59 | 190 | 325 | 765 | 1303 | 1524 |
| Синтетические смолы и пластические массы | — | 10,9 | 67,1 | 311,6 | 803,1 | 1114 |
| Химические волокна | 0,2 | 11,1 | 24,2 | 211,2 | 458,3 | 510,6 |

Важнейшие виды минерального сырья, их состав и области применения

Минеральным сырьем называют полезные ископаемые, которые служат сырьем для производства кислот, щелочей, солей, удобрений и других химических продуктов. По степени подготовленности к разработке запасы минерального сырья подразделяются на три категории, обозначаемые буквами *A*, *B* и *C*. Запасы категорий *A* и *B* являются промышленными запасами, т. е. изученными и разведанными в достаточной степени для их практического освоения. Запасы категории *C* являются геологическими, или перспективными, запасами. Для проектирования, строительства и эксплуатации промышленных предприятий учитываются запасы сырья категории *A* и *B*; запасы категории *C* дают лишь основание для планирования дальнейших геологических исследований.

| Название | Состав | Применение |
|----------------------------|---|--|
| Барит, или тяжелый шпат | Содержит в основном сернокислый барий $BaSO_4$ | Для производства бариевых солей, белой минеральной краски — литопона в качестве наполнителя в производстве резины, клеенки, линолеума, бумаги |
| Гипс | Состоит главным образом из двуводного сернокислого кальция $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ | После соответствующей обработки — как вяжущее вещество в строительном деле и в качестве удобрения в сельском хозяйстве |
| Графит | Состоит из самородного углерода; встречается в виде пластинок или сплошных масс | Обогащенный кристаллический графит для производства карандашей, в литейном деле, для изготовления коллоидно-графитовых препаратов, для изготовления гальванических элементов |
| Доломит | Химический состав $CaMg_2CO_3$. Обычно содержит примеси глины и известняка | В качестве огнеупорного сырья и флюса в металлургической промышленности, для получения извести, магнезиальных солей и металлического магния, в качестве удобрения и пр. |
| Известняк | По химическому составу — углекислый кальций $CaCO_3$. В большинстве известняков присутствуют глины и углекислый магний | В промышленности строительных материалов, цементной, металлургической, при производстве соды, хлорной извести, глинозема, карбида кальция, минеральных красок, в сельском хозяйстве для известкования почв и др. |

| Название | Состав | Применение |
|-------------------------------|---|--|
| Каолин обогащенный | Состоит в основном из минерала каолинита $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ | В силикатной, бумажной, резиновой, кабельной и парфюмерной промышленности, а также для производства сернокислого глинозема |
| Карналлит | Двойная соль хлористого калия и хлористого магния $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ | Для получения магния и калийных солей |
| Колчедан серный (пирит) | Кроме FeS_2 , содержит ряд примесей: сернистые соединения меди, цинка, свинца, мышьяка, селена и теллура, углекислый кальций и карбонат магния, сернокислые соли железа, алюминия, кальция, магния и бария, кварц. Содержание серы колеблется от 30 до 52% и железа — от 35 до 44%. Рядовой, кусковой колчедан получают при разработке месторождений серного колчедана и попутно при разработке месторождений медного колчедана. Флотационный колчедан — тонко измельченный продукт, получающийся как отход при флотации медных или полиметаллических руд | Для получения серной кислоты и в целлюлозно-бумажной промышленности |

| Название | Состав | Применение |
|------------------------|---|--|
| Концентрат апатитовый | <p>Продукт флотационного обогащения апатито-нефелиновой руды. Состоит в основном из фторапатита $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$. Содержание пятиокси фосфора в продукте в пересчете на сухое вещество должно быть не менее 39,4%, влаги — не более 1%</p> | <p>Для производства фосфорных и сложных удобрений, фосфорной кислоты и технических фосфатов</p> |
| Концентрат нефелиновый | <p>Продукт обогащения апатито-нефелиновой руды. Состоит в основном из минерала нефелина, представляющего собой натриево-калиевый алюмосиликат</p> <p>$(\text{Na}, \text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (2,3—2,4)\text{SiO}_2$</p> <p>Содержание окиси алюминия не менее 29%</p> | <p>Для комплексной переработки на окись алюминия, содо-поташные смеси, поташ и цемент</p> |
| Магнезит | <p>Состоит из углекислого магния MgCO_3 и различных примесей</p> | <p>В металлургической промышленности, в промышленности вяжущих материалов, в производстве металлического магния, в химической промышленности и др.</p> |
| Мел | <p>Состоит из углекислого кальция CaCO_3 (90—98%)</p> | <p>В промышленности строительных материалов, химической, стекольной и пищевой промышленности</p> |

| Название | Состав | Применение |
|--------------------------------|--|---|
| Руда апатито - нефелиновая | Состоит преимущественно из апатита $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ и нефелина, $(\text{Na}, \text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (2,3 - 2,4)\text{SiO}_2$ | Для получения апатитового и нефелинового концентратов, для получения фосфора |
| Руда марганцовая | Состоит из минералов: пиролюзита MnO_2 , браунита $\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2$ и др. В качестве примесей содержит преимущественно двуокись кремния | В металлургической промышленности при выплавке чугуна, для производства марганца, в химической промышленности и др. |
| Руда хромитовая | Содержит минерал хромит, или хромистый железняк $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ | В металлургической промышленности для изготовления хромистой стали, металлического хрома и в качестве огнеупорного материала, а также в химической промышленности |
| Сильвинит | Состоит из сильвина — хлористого калия KCl и галита — хлористого натрия NaCl с примесями других минеральных соединений: солей магния, кальция | Для производства хлористого калия, других соединений калия и минеральных удобрений |
| Соль поваренная, соль каменная | Кроме NaCl , содержит различные примеси, чаще всего хлористый кальций, хлористый магний, сернокислый кальций, сернокислый магний. В присутствии небольшого количества соединений железа поваренная соль имеет желтоватый цвет | В пище; как консервирующее средство; в химической промышленности при производстве соляной кислоты, сульфата натрия, едкого натра, хлора, белильной извести и других соединений хлора, органических красителей и т. д. |

| Название | Состав | Применение |
|----------------|---|---|
| Фосфориты | Состоят в основном из осадочных фосфатов, представляющих собой высокодисперсный фтор-апатит $\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3$ и примесей кварца, глинистых частиц и др. В фосфоритах встречаются окаменелые остатки организмов | Для производства фосфоритной муки, фосфора и в металлургической промышленности для производства феррофосфора |
| Шпат плавленый | Природный фтористый кальций CaF_2 | Для оптических приборов, для производства плавиковой кислоты и фтористых солей; для производства матовых стекол, эмалей и др. |

Использование закона сохранения массы и энергии для производственных расчетов

Закон сохранения массы и энергии лежит в основе химико-технических расчетов. По уравнению химической реакции можно вычислить, сколько продукта образуется из данного количества исходных веществ или какое количество исходных веществ необходимо для образования данного количества продукта. Вычисленные по химическому уравнению затраты сырья на единицу продукта или количества продукта на единицу сырья называются теоретическими или стехиометрическими.

В производстве, как правило, реакции не протекают до конца, т. е. исходные вещества не полностью превращаются в продукты, реагирующие вещества теряются

по разным причинам (неплотность аппаратуры и т. д.). Поэтому на основе анализов сырья, продуктов и учета их количеств составляют материальный баланс процесса. Он отражает все количественные изменения масс веществ, происходящие в течение процесса. В приходную часть баланса входят веса всех веществ, поступающих на переработку, в расходную — веса всех получаемых веществ.

**Примерный упрощенный материальный баланс производства
1 т аммиака**

| Приход | | Расход | |
|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
| статьи | в кг | статьи | в кг |
| Азот | 895 | Аммиак | 1000 |
| Водород | 191 | Азот | 71 |
| | | Водород | 15 |
| Всего . . . | 1086 | Всего . . . | 1086 |

Как показывает этот пример, в расходную часть баланса, кроме продукта реакции, входят также теряемые исходные вещества. На основе материальных балансов вычисляют отношение полученного из единицы сырья количества продукта к стехиометрическому, которое называется практическим выходом и выражается обыкновенно в процентах. Приведенный выше материальный баланс синтеза аммиака позволяет вычислить выход аммиака. Он равен:

$$\frac{1000 \cdot 100}{1086} = 92 \%$$

Аналогично материальным составляют энергетические балансы.

Тепловой баланс производства 1 т фосфора

| Приход (в ккал) | Расход (в ккал) |
|---|------------------------------------|
| Теплота электрического тока 1435940 | Физическая теплота газов 54900 |
| Физическая теплота шихты 5590 | Теплота на испарение воды 9960 |
| Теплота экзотермических реакций 5000 | Физическая теплота шлака 441500 |
| | Тепловые потери 217000 |
| Всего 1446530 | Всего 723360 |

Катализаторы некоторых промышленных реакций

| Реакции | Катализаторы |
|---------|--------------|
|---------|--------------|

А. Окислительно-восстановительные реакции при участии молекулярного кислорода или водяного пара

| | |
|---|--|
| Окисление двуокиси серы | Платина, пятиокись ванадия, окись железа |
| Окисление аммиака | Платина, окислы железа, окислы кобальта |
| Окисление окиси углерода водяным паром | Окислы железа и хрома |
| Окисление метана водяным паром с образованием водорода и окиси углерода | Никель |
| Окисление метилового спирта до формальдегида | Серебро, медь |
| Окисление ацетальдегида в уксусную кислоту | Соли марганца |
| Окисление нафталина до фталевого ангидрида | Ванадиевый катализатор |

| Реакции | Катализаторы |
|---------|--------------|
|---------|--------------|

Б. Реакции изомеризации, крекинга, алкилирования, полимеризации

Изомеризация бутана
Крекинг нефтепродуктов
Алкилирование изобутанов бутиленами с получением изооктанов и другие реакции алкилирования
Алкилирование бензола пропиленом
Полимеризация непредельных углеводородов

Хлористый алюминий
Алюмосиликаты
Концентрированная серная кислота, жидкий фтористый водород

Фосфорная кислота

Концентрированная серная кислота, жидкий фтористый водород, фосфорная кислота; металлоорганические соединения

В. Реакции гидрогенизации и дегидрогенизации

Синтез аммиака
Синтез метанола
Получение углеводородов взаимодействием окиси углерода и водорода
Гидрогенизация углей

Железо
Окислы цинка и хрома, медь
Железо, кобальт

Дегидрирование бутанов
Гидрирование чистым водородом при невысоких давлениях, гидрирование олефинов

Окислы и сульфиды железа, молибдена, вольфрама
Окись хрома
Никель

Гидрогенизация жиров
Ароматизация парафиновых углеводородов

Никель, медь
Платина, окислы хрома, молибдена, ванадия

Важнейшие химические продукты

| Торговое название и состав | Основные области применения |
|----------------------------|-----------------------------|
|----------------------------|-----------------------------|

Простые вещества

Сера S

Для производства серной кислоты, сульфитцеллюлозы, для вулканизации каучука, для получения сероуглерода; в производстве красителей, в фармацевтической промышленности, в спичечной промышленности, для окуривания зараженных зернохранилищ и плодовоовощехранилищ, для окуривания чесоточных животных, для опыливания растений

Сера коллоидная, состоит из тонкодисперсных частиц элементарной серы

В качестве препаратов для борьбы с болезнями сельскохозяйственных культур

Фосфор желтый P

Для получения красного фосфора, фосфорной кислоты, фосфорного ангидрида и других соединений фосфора

Фосфор красный P

В спичечной промышленности, в металлургии и пиротехнике

Иод технический I₂

Для получения фармацевтических препаратов и реактивов

Оксиды

Глинозем, окись алюминия Al₂O₃

Для получения алюминия, высококачественных огнеупоров

Корунды синтетические
Монокристаллы окиси алюминия, окрашенные в разные цвета присадками окислов металлов

Для изготовления ювелирных изделий,

для производства технических камней

Двуокись марганца. Содержание двуокиси марганца MnO₂ не менее 87%

В гальванических элементах, как катализатор, в качестве окислителя

| Торговое название и состав | Основные области применения |
|--|---|
| <p><i>Мышьяк белый</i> (ангидрид мышьяковистый) As_2O_3</p> | <p>В стекольной промышленности, в производстве ядохимикатов (для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур)</p> |
| <p><i>Перекись водорода</i> H_2O_2</p> | <p>Для белиenia тканей, целлюлозы, в качестве окислителя, катализатора и дезинфицирующего средства</p> |
| <p>Кислоты</p> | |
| <p><i>Азотная концентрированная</i></p> | <p>Производство красителей, взрывчатых веществ и других продуктов</p> |
| <p>1-й сорт — не менее 98%</p> | |
| <p>HNO_3</p> | |
| <p>2-й сорт — не менее 97%</p> | |
| <p>HNO_3</p> | |
| <p><i>Азотная</i> неконцентрированная</p> | <p>Производство аммиачной селитры, других нитратов, сложных удобрений, концентрированной азотной кислоты</p> |
| <p>1-й сорт — не менее 55%</p> | |
| <p>HNO_3</p> | |
| <p>2-й сорт — не менее 47%</p> | |
| <p>HNO_3</p> | |
| <p>3-й сорт — не менее 45%</p> | |
| <p>HNO_3</p> | |
| <p><i>Серная кислота</i> H_2SO_4</p> | <p>Производство суперфосфата, сульфата аммония и других удобрений, производство кислот, сульфатов и других солей, в металлургии для травления железа и других металлов, для очистки нефтепродуктов и для других целей</p> |
| <p>(башенная), не менее 75 %</p> | |
| <p>H_2SO_4</p> | |
| <p><i>Серная кислота</i> (контактная техническая), не менее 92,5% H_2SO_4</p> | <p>Для составления нитрационных смесей с азотной кислотой, сульфирования, очистки нефтепродуктов и др.</p> |
| <p><i>Олеум</i>, не менее 18,5%</p> | |
| <p>SO_3</p> | <p>То же</p> |

| Торговое название и состав | Основные области применения |
|--|--|
| <p><i>Аккумуляторная серная кислота</i>, сорт А (92—94% H_2SO_4)</p> <p><i>Соляная кислота</i> (синтетическая), не менее 31% хлористого водорода HCl</p> <p><i>Фтористоводородная кислота</i> (плавиковая), не менее 40% HF</p> <p><i>Фосфорная кислота</i> H_3PO_4</p> | <p>Для наполнения аккумуляторов</p> <p>Производство хлористых солей, органических красителей, уксусной кислоты, для пайки, лужения, очистки паровых котлов и др.</p> <p>В металлургии — для очистки чугуновых отливок от формовочного песка, в стекольной промышленности — для травления стекла, в химической промышленности — для получения фтористых солей</p> <p>Производство двойного суперфосфата, фосфорнокислых солей аммония и других солей, для органического синтеза, в спичечной промышленности</p> |
| <p style="text-align: center;">Щелочи</p> <p><i>Кали едкое</i> KOH</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Техническое — плав. 2. Электролитическое жидкое 3. Аккумуляторное <p><i>Натр едкий</i> (сода каустическая, каустик) $NaOH$</p> <p>Твердый, марка А, 1-й сорт не менее 96% $NaOH$, марка Б не менее 92% $NaOH$</p> <p>Жидкий, марка А ртутный не менее 42% $NaOH$, марка Б диафрагменный, улучшенный не менее 50% $NaOH$</p> | <p>Для получения туалетных мыл, красителей, в бумажной промышленности, для щелочных аккумуляторов</p> <p>Производство мыла, органических красителей, искусственных волокон и бумаги</p> |

| Торговое название и состав | Основные области применения |
|--|---|
| <p><i>Аммиачная вода</i></p> | <p>В медицине, производство соды, как жидкое удобрение</p> |
| <p>Соли</p> | |
| <p><i>Сода кальцинированная</i> (натрий углекислый безводный прокаленный) Na_2CO_3</p> | <p>Для получения каустика, в производстве химических продуктов, в мыловаренной, стекольной, текстильной, целлюлозно-бумажной, лакокрасочной, металлургической и кожевенной промышленности, в быту</p> |
| <p><i>Натрий двууглекислый</i> (бикарбонат натрия, сода двууглекислая, сода питьевая) NaHCO_3</p> | <p>В медицине, в хлебопечении, для наполнения огнетушителей</p> |
| <p><i>Соль глауберова</i> (натрий сернокислый десятиводный) $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$</p> | <p>В ветеринарии, в медицине, для получения безводного сульфата натрия</p> |
| <p><i>Сульфат натрия</i> Na_2SO_4</p> | <p>В стекольной, целлюлозно-бумажной, кожевенной, текстильной и мыловаренной промышленности, для изготовления химических продуктов</p> |
| <p><i>Сульфит натрия</i> $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$</p> | <p>В кожевенной промышленности, в фотокинопромышленности, в медицине</p> |
| <p><i>Динатрийфосфат</i> $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$</p> | <p>В пищевой и фармацевтической промышленности, в текстильной промышленности, в качестве водоумягчителя</p> |
| <p><i>Тринатрийфосфат</i> $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$</p> | <p>Для умягчения воды, для удаления масла и жира с машин и одежды, для мытья стекол и полов</p> |
| <p><i>Соль бертолетова</i> (хлорат калия) KClO_3</p> | <p>При изготовлении массы для спичечных головок, фейерверков и в медицине</p> |

| Торговое название и состав | Основные области применения |
|---|--|
| <p><i>Калий марганцовокислый</i> (перманганат калия) $KMnO_4$ <i>Калий сернокислый</i> K_2SO_4</p> | <p>Для белиenia тканей, жиров, масел, как окислитель и в медицине В производстве стекла, квасцов в качестве удобрения</p> |
| <p><i>Калий цианистый</i> KCN</p> | <p>Для извлечения золота и серебра из руд, в органических синтезах</p> |
| <p><i>Аммоний хлористый</i> (нашатырь) 99,5—99,0% NH_4Cl</p> | <p>При пайке металлов и нанесении на них покрытий, для изготовления гальванических элементов, в текстильной промышленности</p> |
| <p><i>Аммоний углекислый</i> $(NH_4)_2CO_3$</p> | <p>В хлебопечении, производстве витаминов и пищевых концентратов, в медицине</p> |
| <p><i>Моноаммонийфосфат</i> $NH_4H_2PO_4$</p> | <p>В качестве огнезащитного средства и удобрений</p> |
| <p><i>Диаммонийфосфат</i> $(NH_4)_2HPO_4$</p> | <p>Для пропитки деревянных конструкций с целью придания им огнестойкости, минеральное удобрение</p> |
| <p><i>Барий сернокислый</i> (бланфикс) $BaSO_4$</p> | <p>Для изготовления фотографической и крашеной бумаги</p> |
| <p><i>Барий хлористый</i> $BaCl_2 \cdot 2H_2O$, не менее 95—96% $BaCl_2$</p> | <p>В качестве ядохимиката (для борьбы с сельскохозяйственными вредителями)</p> |
| <p><i>Гипохлорит кальция</i> $Ca(ClO)_2$</p> | <p>Для отбеливания тканей и целлюлозы и в качестве окислителя в химических производствах</p> |
| <p><i>Известь хлорная</i> (известь белильная). Смесь гипохлорита кальция и хлористого кальция</p> | <p>В качестве окислителя в текстильной и бумажной промышленности, в химических производствах, в качестве дезинфицирующего средства</p> |
| <p><i>Медь однохлористая</i> $CuCl$</p> | <p>В органическом синтезе и в газовом анализе</p> |
| <p><i>Купорос цинковый</i> $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$</p> | <p>В текстильной промышленности, для получения белой краски литопона</p> |

| Торговое название и состав | Основные области применения |
|--|--|
| <p><i>Глинозем сернокислый</i> (алюминий сернокислый) $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$</p> <p><i>Купорос железный</i> $FeSO_4 \cdot 7H_2O$</p> <p><i>Железо хлорное безводное</i> $FeCl_3$</p> | <p>Неочищенный применяют в качестве коагулянта для очистки воды, очищенный — для производства бумаги</p> <p>В качестве протравы для тканей в красильном деле, в сельском хозяйстве, как инсектофунгицид</p> <p>Применяют в качестве коагулянта</p> |

**Газы (в том числе сжиженные и растворенные)
и их применение**

| Название | Основные области применения |
|--|---|
| <p>Аммиак NH_3</p> <p>Азот N_2</p> <p>Ацетилен C_2H_2</p> <p>Водород H_2</p> | <p>В качестве хладоагента, в производстве азотной кислоты органических продуктов и жидких удобрений</p> <p>Для заполнения колб электрических ламп накаливания, как инертная среда при проведении некоторых химических реакций, в качестве холодильного агента; для синтеза аммиака</p> <p>Для кислородной резки и газовой сварки металлов и пайки, для синтеза ряда органических продуктов</p> <p>Для гидрогенизации жиров и смол; в производстве органических продуктов; для синтеза аммиака</p> |

| Название | Основные области применения |
|--|---|
| Газы нефтяные: пропан, пропилен, бутан, бутилен Кислород O ₂ Фреон-12 SF ₂ Cl ₂ (дифтордихлорметан) Хлор Cl ₂ | В качестве топлива, для органического синтеза Для газопламенной обработки металлов и для медицинских целей В качестве холодильного агента в домашних холодильниках Для отбелики тканей, бумаги, целлюлозы, для получения ряда органических веществ, для дезинфекции воды |

**Окраска баллонов с сжатыми или сжиженными газами
и цвет надписей на баллонах**

| Наименование газа | Окраска баллона | Цвет надписи |
|---|---|--|
| Азот Аммиак Апетилен Водород Воздух Закись азота Кислород Двуокись углерода Фреон-12 Хлор Этилен Все другие горючие газы | Черная Желтая Белая Темно-зеленая Черная Серая Голубая Белая Серебристо-белая Зеленая Фиолетовая Красная | Желтый Черный Красный Красный Белый Черный Черный Желтый Черный — Красный Белый |

Органические растворители и их применение

| Название вещества | Применение |
|---|--|
| Ацетон | В производстве пластических масс, каучука и искусственного волокна, для извлечения жиров, масел и смол, в лако-красочном производстве |
| Бензин для промышленно-технических целей | Для химической чистки тканей, для промывки деталей при ремонте, для смывания антикоррозионных покрытий с изделий |
| Бензол | Для синтеза органических продуктов, в производстве красителей, синтетического фенола, фармацевтических препаратов, взрывчатых веществ, для химической чистки |
| Дихлорэтан | В органическом синтезе, для извлечения жиров и алкалоидов. В качестве инсектицида для обеззараживания зерна, зернохранилищ и почвы виноградников |
| Сероуглерод | При производстве вискозы, при вулканизации каучука, в качестве ядохимиката (для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур), для извлечения жиров и масел |
| Спирт метиловый, метанол, или древесный спирт | Для производства формальдегида. В качестве экстрагирующего средства для извлечения органических веществ, в качестве растворителя для получения лаков, для денатурации этилового спирта |
| Спирт этиловый, этанол, или винный спирт | Для производства органических продуктов и в качестве растворителя |
| Толуол | Для производства органических продуктов, а также в качестве растворителя в производстве лаков и красок |
| Углерод четыреххлористый | В качестве растворителя для экстракции жиров и масел, при химической чи- |

| Название вещества | Применение |
|-------------------|---|
| Эфир этиловый | <p>стке тканей, для приготовления мыла из сульфированных масел</p> <p>Важнейший растворитель для лабораторного органического синтеза и в производстве тонких органических продуктов</p> |

Оптимизация управления химическими реакциями на производстве

Оптимизация управления производством имеет своей целью улучшение экономических показателей и прежде всего повышение производительности труда и снижение себестоимости продукции. Поэтому химические реакции стремятся проводить на заводах при оптимальных условиях.

Оптимальные условия обеспечивают получение продукта, удовлетворяющего по составу и свойствам требованиям Государственного стандарта, — высокий выход продукта и большую удельную производительность¹ (интенсивность) аппаратов.

Первичными исходными данными для определения оптимальных условий служат физико-химические свойства реакций, из которых наибольшее значение имеют:

1. Обратима или необратима реакция? Условия сдвига равновесия.

¹ Удельная производительность — количество продукта, получаемого в единицу времени, с единицы объема аппарата или с единицы объема катализатора, или с одного квадратного метра сечения аппарата (в зависимости от типа аппарата).

2. Экзотермична или эндотермична реакция?

3. Является ли реакция гомогенной (исходные вещества и продукты реакции полностью смешиваются друг с другом в газообразном или жидком состоянии) или гетерогенной (реакция протекает на границе раздела фаз, например, между газом и твердым телом)?

4. Течет ли реакция в одном направлении (как, например, при окислении двуокиси серы кислородом) или в двух и более направлениях (как, например, при окислении аммиака кислородом в присутствии катализатора возможно образование окиси азота, закиси азота и молекулярного азота);

5. Каталитическая или некаталитическая реакция?

6. Уравнение скорости (кинетическое уравнение) реакции.

Некоторые закономерности управления химическими реакциями

1. Удельная производительность (интенсивность) реакционного аппарата растет с увеличением скорости химической реакции, проводимой в данном аппарате. Важнейшей задачей является определение условий, при которых данная реакция течет с максимальной скоростью.

2. Если реакция обратима, то на выбор условий (концентрация реагирующих веществ, температура, давление) накладываются ограничения, вытекающие из требования сместить равновесие в сторону образования продуктов реакции.

3. Экзотермические реакции используются не только для прямой цели — получения химического продукта, но и как источник энергии, что значительно понижает себестоимость продукта.

4. Выбор условий для сложной реакции определяется прежде всего требованием направить реакцию в сторону образования целевого продукта и исключить другие направления реакции.

5. Оптимальный катализатор характеризуется высокой активностью, а в случае сложной реакции высокой избирательностью (преимущественным ускорением целевого направления), способностью длительно сохранять активность и избирательность. Катализатор должен изготавливаться по возможности из доступного и дешевого сырья. Необходима очистка исходных веществ от каталитических ядов и других вредных примесей, создание условий, при которых катализатор не повреждается механически (стирается), не спекается и т. д.

Модельные реакции

Использование закономерностей показано на примерах, служащих моделями отдельных типов производственных химических реакций.

1. *Необратимые гетерогенные простые экзотермические некаталитические реакции на примере обжига колчедана.*

Полнота обжига колчедана (высокий выход двуокиси серы) и большая удельная производительность реакционного аппарата (печи для обжига колчедана) получаются при проведении реакции с максимальной скоростью. В соответствии с данными кинетики для этого необходимы высокая концентрация реагирующих веществ (серы в колчеданной руде), большая поверхность соприкосновения реагирующих веществ (обжиг в кипящем слое), высокая температура — 850°C (температура, выше которой смеси окиси железа и сернистого железа спекаются). Избыточная теплота реакции используется для получения водя-

ного пара (соединение в один агрегат реакционного аппарата— печи и парового котла).

2. *Необратимые гетерогенные сложные экзотермические каталитические реакции на примере окисления аммиака.*

Выбор оптимальных условий определяется требованием направить реакцию в нужную сторону, создав условия, при которых скорость образования продукта значительно превышает скорость течения реакций в разных направлениях.

Для модельной реакции оптимальные условия определяются однозначно; катализатор — сплав платины с радием, температура 800°C , избыток кислорода.

3. *Обратимые гомогенные простые некаталитические эндотермические реакции на примере синтеза окиси азота.* Для смещения равновесия в сторону образования окиси азота и для увеличения скорости реакции необходима возможно более высокая температура. Предел повышения ее обуславливается диссоциацией азота и кислорода на атомы. Для сохранения образовавшейся окиси азота необходимо замораживание равновесия — быстрое охлаждение, так как иначе реакция пойдет в обратную сторону.

4. *Обратимые гомогенные простые экзотермические некаталитические реакции на примере окисления окиси азота кислородом в двуокись азота.*

Верхний предел температуры определяется требованием сместить равновесие в сторону образования продукта реакции — для полного окисления окиси азота при атмосферном давлении необходима температура ниже 200°C .

Так как скорость реакции увеличивается при понижении температуры (редкое исключение), то оптимальной является более низкая температура, например комнатная, или еще более низкая.

5. *Обратимые гетерогенные простые некаталитические экзотермические реакции на примере образования азотной кислоты из двуокиси азота, воды и кислорода.* Для смещения равновесия необходимо повышение концентрации двуокиси азота, повышение давления и понижение температуры. Для увеличения скорости реакции необходимо повышение температуры и увеличение поверхности соприкосновения газовой и жидкой фаз.

Неконцентрированную кислоту получают на заводах при давлении от 1 до 10 атм и температуре близкой к комнатной, из окислов азота той концентрации, которая образуется при сжигании аммиака, с применением насадки (для развития поверхности соприкосновения газа и жидкости).

Для производства концентрированной азотной кислоты надо соблюдать (по условиям равновесия) значительно более жесткие условия — 100-процентную двуокись азота, чистый кислород в качестве окислителя, давление 50 атм, а для обеспечения необходимой скорости взаимодействия нужна повышенная температура — около 75°C.

6. *Обратимые гетерогенные простые экзотермические каталитические реакции на примерах окисления двуокиси серы и синтеза аммиака.*

Равновесие окисления двуокиси серы смещается при атмосферном давлении и некотором избытке кислорода в сторону образования продукта реакции при температуре около 400°C. Следовательно, для получения высокого выхода продукта температура к моменту завершения реакции должна быть близкой к указанной (400—450°C). Однако реакция при этой температуре идет очень медленно, и поэтому для достижения высокой производительности аппарата следует поддерживать в начале реакции более высокую температуру (около 600°C). При еще более высокой температуре ванадиевый катализатор, приме-

няемый в производстве, начинает терять свою активность. Температуру надо снижать постепенно в ходе реакции.

Оптимальным катализатором является в настоящее время пятиокись ванадия, удовлетворяющая перечисленным выше требованиям. Смесь исходных веществ должна быть освобождена от пыли и паров воды, забивающих и портящих катализатор, и от ядов — трехокиси мышьяка и др. Для увеличения поверхности соприкосновения целесообразно применять его в кипящем слое.

Синтез аммиака во всех своих характеристиках подобен здесь окислению двуокиси серы, за исключением того, что равновесие в данном случае не может быть смещено при экономически обоснованном давлении (от 100 до 1000 атм).

Отсюда вытекает необходимость выделения продукта реакции из образующейся газовой смеси, содержащей 15—20% аммиака, и возврата азотоводородной смеси после дополнительного сжатия в реакционный аппарат (колонну синтеза аммиака).

7. Обратимые гетерогенные сложные каталитические экзотермические реакции на примере синтеза метанола.

Реакция отличается от синтеза аммиака только тем, что наряду с метанолом образуются из окиси углерода и водорода метан и другие вещества. Поэтому при выборе условий накладывается дополнительное требование — по возможности уменьшить выход вредных продуктов. Для достижения этого большое значение имеет состав катализатора и состав газовой смеси.

Более сложным примером реакций этого типа является каталитический крекинг нефтепродуктов. Из всех условий течения реакций на первое место выдвигается вопрос о составе катализатора. Изменяя его состав, можно менять состав получаемых продуктов.

Состав некоторых катализаторов

| Химические производства | Состав (в %) | | Размер гранул (в мм) |
|---|--|--------------------|----------------------|
| | качественный | количественный | |
| Серноокислотное (контактный способ) Синтез аммиака | Пятиокись ванадия | 7,5 | 3—5 |
| | Железо в пересчете на закись железа. | 29—36 | 3—5 |
| | Калий в пересчете на окись калия | 0,7—1,0 3,0—4,0 | То же То же |
| | Алюминий в пересчете на окись алюминия | 2,0—3,0 | То же |
| | Кальций в пересчете на окись кальция | | |
| Крекинг нефтепродуктов (с движущимся гранулированным катализатором) | Окись алюминия | 9—15 | 2,5—5 |
| | Окись кремния | 83—89 | То же |

ТОПЛИВО

«Будет последовательно проводиться линия на преимущественное развитие добычи нефти и газа с возрастающим их использованием как сырья для химических производств. Добыча угля, газа и нефти должна обеспечить полностью все потребности народного хозяйства. Широкое применение получают наиболее прогрессивные и экономичные способы добычи минерального топлива».¹

¹ «Программа Коммунистической партии Советского Союза», изд. «Правда», М., 1961, стр. 70.

Изменение структуры топливной промышленности в СССР

В новой пятилетке произойдет дальнейшее совершенствование структуры топливного баланса: доля газа и нефти в общем производстве топлива возрастет до 60% против 52% в 1965 г.

Рост добычи топлива в СССР

| Топливо | Годы | | | |
|-------------------------------------|------|-------|-------|-------------|
| | 1913 | 1940 | 1965 | 1970 (план) |
| Уголь (в млн. т) . . . | 29,1 | 165,9 | 578 | 665—675 |
| Нефть (в млн. т) . . . | 9,1 | 31,1 | 243 | 345—355 |
| Газ (в млрд. м ³) . . . | 0,02 | 3,4 | 129,2 | 225—240 |

Мировое потребление основных энергоресурсов (в пересчете на условное топливо — 7000 ккал)

| Виды энергоресурсов | Годы | | | |
|--------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1913 | 1950 | 1965 | 1967 |
| Уголь | 1255 | 1561 | 2248 | 2196 |
| Торф | 6 | 18 | 20 | 26 |
| Нефть | 77 | 680 | 2000 | 2300 |
| Газ природный и попутный | 22 | 256 | 960 | 1120 |
| Гидроэлектроэнергия | 45 | 187 | 346 | 384 |
| Всего | 1405 | 2702 | 5574 | 6026 |

Состав горючей массы ископаемого твердого и жидкого топлива

| Вид топлива | Содержание (в весовых процентах) | |
|--------------------------|----------------------------------|-----------|
| | углерода | водорода |
| Торф | 49—60 | 5,6 |
| Бурый уголь | 59—80 | 4,5—6,5 |
| Каменный уголь | 70—95 | 3,4—6 |
| Антрацит | 92—98 | 1—3 |
| Нефть | 85,3—87,0 | 11,7—12,7 |

Примечание. Горючая масса определяется вычитанием из веса топлива веса содержащейся в нем воды и образующейся при его полном сгорании золы.

Высшая теплотворность твердого топлива

| Вид топлива | Теплотворность (ккал/кг на горючую массу) |
|--------------------------|---|
| Торф | 5400 (в среднем) |
| Бурый уголь | 5000—7000 |
| Каменный уголь | 7000—9000 |
| Антрацит | 7800—8500 |

Температуры воспламенения газов в воздухе

| Газ | Температура (в °С) | Газ | Температура (в °С) |
|--------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Метан | 600—800 | Окись углерода . . . | 630—650 |
| Этан | 530—570 | Сероводород | 300—400 |
| Пропан | 530—570 | Этилен | 520—540 |
| Бутан | 500—550 | Коксовый газ | 640—650 |
| Ацетилен | 400—450 | Генераторный газ . . . | 640—650 |
| Бензол | 600 | | |

Теплотворность и теоретические температуры горения газов

| Газ | Низшая теплотворность (в ккал/м ³) | Теоретическая температура сгорания (в °С) |
|--------------------------------------|---|---|
| Ацетилен | 12 805 | 2325 |
| Водород | 2 570 | 2045 |
| Окись углерода | 3 020 | 2100 |
| Метан | 8 000 | 1875 |
| Этан | 14 400 | 1900 |
| Пропан | 19 950 | 1925 |
| Бутан | 25 900 | 1900 |
| Сероводород | 5 660 | 1900 |
| Водяной газ | 2 600 | 1850 |
| Коксовый газ | 4 100 | 1835 |
| Воздушный генераторный газ | 1 050 | 1515 |
| Колошниковый газ | 780 | 1235 |

Пределы взрываемости газов и паров

| Газ | Пределы взрываемости газа в смеси с воздухом (в объемных процентах) | |
|----------------------------|---|---------|
| | нижний | верхний |
| Водород | 4,1 | 75,0 |
| Окись углерода | 12,5 | 75,0 |
| Метан | 5,3 | 15,0 |
| Этан | 3,2 | 12,5 |
| Пропан | 2,4 | 9,5 |
| Этилен | 3,0 | 16,0 |
| Ацетилен | 2,3 | 82,0 |
| Сероводород | 4,3 | 45,5 |
| Аммиак | 15,7 | 27,4 |
| Коксовый газ | 5,6 | 31,0 |
| Водяной газ | 6,2 | 72,0 |
| Генераторный газ | 20,7 | 73,7 |

Антидетонационные свойства топлив для карбюраторных двигателей

При детонационном сгорании топлива пламя распространяется со скоростью около 2000 м/сек, превышающей примерно в 100 раз скорость распространения пламени при нормальном сгорании.

В зависимости от химического состава топлива обладают различной детонационной стойкостью. Показателем этого свойства топлива является его октановое число.

Октановое число равняется содержанию (% по объему) изооктана (2,2,4-триметилпентана) в смеси изооктана и нормального гептана, эквивалентной по детонационной стойкости испытываемому топливу, при сравнении топлив в стандартных условиях. Октановое число изооктана принято равным 100, нормального гептана — 0.

Октановые числа бензинов прямой перегонки колеблются в зависимости от преобладания в них углеводородов того или иного класса и их строения в широких пределах—от 66 до 80. Октановые числа бензинов, полученных путем термического крекинга, находятся в пределах от 60 до 75. Бензины каталитического крекинга имеют октановое число, близкое к 80.

Оценка дизельных топлив производится путем сравнения сгорания данного топлива с эталонными смесями. В качестве эталонов служат цетан и α -метилнафталин. Показателем качества топлива является цетановое число, равное содержанию цетана (в процентах) в смеси обоих эталонных веществ, эквивалентной по самовоспламеняемости испытываемому топливу.

Октановые числа углеводородов

| Углеводороды | Октановое число | Углеводороды | Октановое число |
|--|-----------------|----------------------------|-----------------|
| н-пентан | 61,7 | 2-гексилен | 78 |
| н-гексан | 24,8 | 2-октилен | 74 |
| н-гептан | 0 | Циклогексан | 77 |
| н-октан | 28 | Метилциклогексан | 46,5 |
| Изопентан | 93 | Бензол | 108 |
| 2,2,4-триметилпентан (изооктан) | 100 | Толуол | 115 |
| | | Этилбензол | 98 |

МЕТАЛЛУРГИЯ

«Дальнейшее быстрое увеличение производства металла и топлива, составляющих фундамент современной промышленности, по-прежнему останется одной из важнейших народнохозяйственных задач»¹.

Применение металлов

| Металлы | Применение металлов |
|----------|---|
| Железо | Применяется в виде сплавов с другими элементами. Чугун идет на производство стали и на отливки чугунных деталей машин. Сталь используют в литом виде при изготовлении деталей машин и в виде полуфабрикатов, получаемых методом горячей прокатки,ковки или штамповки |
| Марганец | Для раскисления и обессеривания стали и как легирующая добавка для производства специальных ее сортов |
| Хром | Для производства многих видов сталей: жаростойких, нержавеющей, магнитных. Для электропокрытий металлических деталей, чтобы придать им твердость, химическую и термическую стойкость и красивый вид |
| Ванадий | Для производства ванадиевой стали |
| Алюминий | Алюминий и алюминиевые сплавы находят широкое применение в авиации Алюминий применяют в машиностроении, моторостроении, для танкостроения, артиллерии, производства средств связи, взрывчатых веществ, осветительных и зажигательных снарядов, проводки кабеля; для конструктивных элементов промышленного и жилищного строительства |
| Магний | В самолетостроении и производстве алюминиевых сплавов |

¹ «Программа Коммунистической партии Советского Союза», изд. «Правда», М., 1961, стр. 69—70.

| Металлы | Применение металлов |
|---------|--|
| Титан | Сплавы на основе титана применяют главным образом в самолетостроении, для изготовления отдельных частей реактивных двигателей |
| Медь | В электротехнике используется медь в чистом виде: в производстве кабельных изделий, шин голого и контактного проводов, электрогенераторов, телефонного и телеграфного оборудования и радиоаппаратуры. Сплавы на медной основе используются в машиностроении, в автомобильной и тракторной промышленности (радиаторы, подшипники), для изготовления химической аппаратуры |
| Никель | Широко используется в сплавах с другими металлами. Хромоникелевые нержавеющие стали (антикоррозионные и кислотостойкие материалы) — в судостроении, при изготовлении химической аппаратуры, посуды. Нихром, содержащий 75—85% никеля, 10—20% хрома и немного железа, применяется в нагревательных приборах |
| | Для никелирования, на изготовление щелочных аккумуляторов |
| Свинец | В производстве кабелей для покрытия их коррозионноустойчивой оболочкой, в аккумуляторной промышленности. Для защитных покрытий химической аппаратуры. Свинец лучше других материалов способен поглощать γ -лучи |
| Цинк | Для оцинкования листов, труб, проволоки и других изделий. Сплавы цинка используют для отливки типографских шрифтов. Цинк — составная часть латуней |
| Олово | На изготовление белой жести, на выпуск припоев, баббитов, латуней, бронз и типографских сплавов; для лужения |

Рост производства черных металлов (в млн. т)

| Черные металлы | Годы | | | |
|-----------------|------|------|------|-------------|
| | 1913 | 1940 | 1965 | 1970 (план) |
| Чугун | 4,2 | 14,9 | 66,2 | 94—97 |
| Сталь | 4,2 | 18,3 | 91 | 124—129 |

Промышленная классификация металлов

В современной технике сложилась классификация металлов на две основные группы: черные и цветные.

К черным металлам относятся железо во всем многообразии его сплавов — в виде разнообразных чугунов, сталей и ферросплавов; металлы, которые в основном применяются в качестве добавки к железу: марганец, хром.

Все остальные металлы объединяются общим названием «цветные». Цветные металлы в зависимости от физико-технических свойств классифицируют на пять групп:

1. Легкие — алюминий, магний, титан.
2. Тяжелые — медь, свинец, никель, цинк, олово.
3. Малые — кобальт, кадмий, молибден, вольфрам, сурьма, ртуть, висмут.
4. Благородные — золото, серебро и металлы платиновой группы: платина, палладий и др.
5. Редкие, обладающие самыми разнообразными физическими и химическими свойствами. Общим для них следует считать относительную новизну применения в технике.

Принята следующая условная классификация группы редких металлов.

Легкие металлы — литий, рубидий, цезий, бериллий.
 Рассеянные — галлий, индий, таллий, германий, рений.

Тугоплавкие — цирконий, гафний, ниобий, тантал.
 Редкоземельные — лантан и все лантаноиды.

Радиоактивные — радий, полоний, актиний и все актиноиды.

Руды

Рудой называют горную породу, в которой содержание полезного металла достаточно для того, чтобы при данном уровне техники добыча его была возможна и рентабельна. Руды представляют собой совокупность минералов. Минералы, содержащие извлекаемый металл, называются рудными, а все остальные — пустой породой.

Железные руды

| Месторождение в наименование руд | Состав руды (в %) | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|------|------|-------|------------------|--------------------------------|-----|-----|------------------|
| | Fe | Mn | P | S | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | H ₂ O |
| Магнитогорское (сырая) | 56,0 | 0,05 | 0,03 | 0,035 | 10,5 | 3,0 | 2,5 | 0,6 | 7,0 |
| Кузнецкое (темирская) | 44,1 | 0,3 | 0,05 | 0,03 | 16,8 | 5,0 | 7,0 | 3,0 | — |
| Соколовское | 61,5 | 0,1 | 0,11 | 0,22 | 6,1 | 1,8 | 1,4 | 0,7 | 4,1 |

Агломераты

| Наименование | Состав агломерата (в %) | | | | | | | |
|----------------------------|-------------------------|------|------|------|------|------------------|--------------------------------|------|
| | Fe | FeO | Mn | P | S | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO |
| Магнитогорская аглофабрика | 55,1 | 15,1 | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 7,2 | 2,4 | 10,4 |
| Криворожская аглофабрика | 48,5 | 11,1 | 0,7 | 0,04 | 0,06 | 14,7 | 2,5 | 13,2 |

Примерный химический состав черных металлов (в %)

| Название | C | Si | Mn | P | S |
|---|---------|-----------|-----------|-----------|------|
| Чугун литейный | 3,7—4,2 | 2,26—2,75 | 0,51—0,90 | 0,11—0,30 | 0,04 |
| Чугун передельный мартеновский | — | 0,76—1,25 | 1,0 | 0,20 | 0,05 |
| Чугун передельный бессемеровский | — | 1,26—1,75 | 0,60—1,20 | 0,07 | 0,04 |

| Название | C | Si | Mn | P | S |
|---|-----------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Ферросилиций доменный | — | 13,10 и более | 3,00 | 0,20 | не более 0,04 |
| Ферросилиций электротермический | — | 74,80 | 0,5 | 0,04 | 0,04 |
| Ферромарганец доменный | — | не более 2,00 | 70,50— —75,00 | 0,35 | не более 0,03 |
| Ферромарганец электротермический | не более 1,0 | не более 2,0 | не менее 80,0 | не более 0,30 | не более 0,03 |
| Сталь мартеновская | 0,14—0,22 | 0,12—0,30 | 0,40—0,65 | не более 0,050 | не более 0,055 |
| Сталь бессемеровская | не более 0,12 | 0,10—0,35 | 0,25—0,55 | не более 0,085 | не более 0,065 |
| Хромистая сталь (нержавеющая и кислотостойкая) | не более 0,35—0,45 | не более 0,60 | не более 0,60 | не более 0,030 | не более 0,035 |
| Хромоникелевая сталь (нержавеющая и кислотостойкая) | 0,06 | 0,50—1,0 | 1,0—2,0 | 0,030 | 0,020 |
| Хромоникелевая сталь (окалиностойкая и жаропрочная) | 0,20 | 1,50 | 2,00 | 0,035 | 0,030 |

Классификация сталей по химическому составу

Углеродистые стали

| Название | Содержание углерода (в %) |
|--------------------|---------------------------|
| Низкоуглеродистые | Не более 0,3 |
| Среднеуглеродистые | От 0,3 до 0,65 |
| Высокоуглеродистые | От 0,65 до 1,5 |

Легированные стали

| Название | Содержание легирующих элементов (в %) |
|--------------------|---------------------------------------|
| Низколегированные | Не более 4 |
| Среднелегированные | От 4 до 10 |
| Высоколегированные | От 10 до 50 |

Физические свойства цветных металлов

| Группа и наименование металлов | Плотность при 20°C (в г/см ³) | Температура (в °C) | | Теплопроводность при 20°C (кал/см · сек) | Удельное электросопротивление при 20°C (см · мм ² /м) |
|---------------------------------|---|--------------------|---------|--|--|
| | | плавления | кипения | | |
| Легкие цветные металлы: | | | | | |
| Алюминий | 2,699 | 660,2 | 2060 | 0,53 | 0,0265 |
| Магний | 1,74 | 650 | 1107 | 0,38 | 0,047 (0°C) |
| Титан | 4,54 | 1800 | 3400 | 0,036 | 0,47 |
| Тяжелые цветные металлы: | | | | | |
| Медь | 8,96 | 1083 | 2600 | 0,94 | 0,0167 |
| Никель | 8,9 | 1455 | 2730 | 0,22 | 0,068 |

| Группа и наименование металлов | Плотность при 20°C (в г/см ³) | Температура (в °C) | | Теплопроводность при 20°C (кал/см·сек) | Удельное электросопротивление при 20°C (ом·мм ² /м) |
|--------------------------------|---|--------------------|---------|--|--|
| | | плавления | кипения | | |
| Свинец | 11,34 | 327,4 | 1740 | 0,084 | 0,2065 |
| Цинк | 7,14 | 419,5 | 907 | 0,268 | 0,059 |
| Олово | 7,3 | 232 | 2270 | 0,156 | 0,115 |
| Малые цветные металлы: | | | | | |
| Молибден | 10,2 | 2625 | 4800 | 0,35 | 0,0517 (°C) |
| Вольфрам | 19,35 | 3377 | 6000 | 0,4 | 5,03 |
| Благородные цветные металлы: | | | | | |
| Золото | 19,32 | 1063 | 2600 | 0,745 | 0,0225 |
| Серебро | 10,49 | 960,5 | 2210 | 0,974 | 0,0159 |
| Платина | 21,45 | 1773,5 | 4410 | 0,1664 | 0,109 |
| Редкие металлы: | | | | | |
| Германий | 5,36 | 958 | 1760 | — | 0,89 (°C) |
| Ниобий | 8,57 | 2420 | 3700 | — | 0,131 |
| Тантал | 16,6 | 2850 | 5300 | 0,13 | 0,124 |

Важнейшие сплавы цветных металлов

Латуни — сплавы меди с цинком (меди от 60 до 90% и цинка от 40 до 10%) — прочнее меди и меньше подвержены окислению. При присадке к латуни кремния и свинца повышаются ее антифрикционные качества, при присадке олова, алюминия, марганца и никеля повышается антикоррозионная стойкость. Листы, литые изделия используются в машиностроении, особенно в химическом, в оптике и приборостроении, в производстве сеток для целлюлозно-бумажной промышленности.

Бронзы. Раньше бронзами назывались сплавы меди (80—94%) и олова (20—6%). В настоящее время производятся безоловянные бронзы, именуемые по главному компоненту.

Алюминиевые бронзы обычно содержат 5—11% алюминия, обладают высокими механическими свойствами в сочетании с антикоррозионной стойкостью. *Свинцовые бронзы*, обычно содержащие 25—33% свинца, используются главным образом для изготовления подшипников, работающих при высоких удельных давлениях и больших скоростях скольжения.

Кремниевые бронзы, обычно содержащие 4—5% кремния, применяются как дешевые заменители оловянных бронз.

Бериллиевые бронзы, содержащие 1,8—2,3% бериллия, отличаются твердостью после закалки и высокой упругостью. Они применяются для изготовления пружин и пружинящих изделий.

Кадмиевые бронзы — сплавы меди с небольшим количеством кадмия (до 1%) — используются при производстве троллейных проводов, для изготовления арматуры водопроводных и газовых линий и в машиностроении.

Силумины — сплавы алюминия с кремнием, иногда более сложного состава. По своей прочности не уступают стали, но значительно легче ее и обладают исключительно высокими литейными качествами, широко применяются в машиностроении для отливки многих деталей, а в автомобильной промышленности — для отливки моторов, поршней, коробок скоростей и других деталей. Пример — силумин марки АЛ4: 8—10,5% Si, 0,17—0,3% Mg, 0,25—0,5% Mn.

Дуралюмины — сплавы, содержащие, кроме алюминия, медь, магний, кремний и марганец; используются для обшивки самолетов, автобусов. Пример — дуралюмин марки Д1: 3,8—4,8% Cu, 0,4—0,8% Mg, 0,4—0,8% Mn.

Баббиты — антифрикционные сплавы на основе олова, свинца, цинка или алюминия. Сначала баббитами называли сплавы на основе олова. Баббиты используют для заливки подшипников и вкладышей турбин, компрессоров, электродвигателей, тракторов, автомобилей, вагонов, локомотивов.

Припой — сплавы цветных металлов, применяемые при пайке для получения монолитного паяного шва: мягкий припой — сплав олова, свинца и сурьмы (40% Sn; 1,5—2,0% Sb; остальное — свинец) и твердый припой — медносеребряный сплав (44,5—45,5% Ag; 29—31% Cu; остальное — цинк).

Твердые сплавы — твердые и износостойкие металлические материалы, способные сохранять эти свойства при нагреве до 900—1000° С. В основном изготавливаются на основе карбидов вольфрама и титана при различном содержании кобальта: вольфрамо-кобальтовые твердые сплавы, содержащие 85—97% карбида вольфрама и 3—15% кобальта, титано-вольфрамо-кобальтовые, содержащие 34—85% карбида вольфрама, 6—60% карбида титана и 6—9% кобальта. Применяются для оснащения наплавкой бурового и режущего инструмента.

Некоторые огнеупорные материалы

Под огнеупорностью понимается способность материалов выдерживать без деформации высокую температуру.

Динасовыми называются огнеупоры, изготовленные из кварца. Динасовые изделия содержат от 92 до 94,5% SiO₂ и 1,5—3% Al₂O₃. Их огнеупорность гарантируется в пределах 1690—1710°С.

Шамот делают из смеси пластичной огнеупорной глины с отощающими веществами: кварцем, измельченным боем кирпича, тощей или обожженной глиной. Шамотный кирпич содержит от 52 до 60% SiO₂, от 30 до 42% Al₂O₃, до 2,5% Fe₂O₃ и до 1,5% CaO. Для высшего класса огне-

упорность равна 1730°C , а для низшего — 1580°C . Под нагрузкой 2 кг/см^2 деформация наступает уже при $1200\text{—}1400^{\circ}\text{C}$.

Магнезит MgCO_3 . Metallургический магнезит — продукт обжига при температуре 1600°C содержит 92—93,5% MgO , 0,3% Fe_2O_3 , до 3% Al_2O_3 и до 2,5% CaO и SiO_2 . Огнеупорность — 2000°C , начало деформации наблюдается при температуре не ниже $1500\text{—}1600^{\circ}\text{C}$.

Хромомагнезит состоит из смеси одинаковых количеств metallургического магнезита и хромистой руды. Огнеупорность равна 1770°C .

Мировое потребление минеральных удобрений (в тыс. т)

| Минеральные удобрения | Годы | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1912/13 | 1937/38 | 1950/51 | 1960/61 | 1966/67 |
| Азотные удобрения (в пересчете на азот) | 742 | 2485 | 4191 | 10 210 | 19 959 |
| Фосфорные удобрения (в пересчете на P_2O_5) | 2116 | 3678 | 6208 | 9 950 | 15 435 |
| Калийные удобрения (в пересчете на K_2O) | 1075 | 2960 | 4514 | 8 470 | 12 995 |

Рост производства в пересчете минеральных удобрений в СССР (в пересчете на N, P_2O_5 и K_2O , в тыс. т)

| Удобрения | Годы | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|
| | 1940 | 1950 | 1960 | 1965 | 1967 |
| Азотные | 199 | 392 | 1003 | 2712 | 3753 |
| Фосфорные | 253 | 440 | 912 | 1599 | 1867 |
| Фосфоритная мука | 73 | 92 | 280 | 701 | 907 |
| Калийные | 221 | 312 | 1084 | 2368 | 2868 |

Минеральные удобрения

| Название | Содержание питательных веществ |
|--|---|
| <i>Азотные удобрения</i> | |
| Аммиак жидкий | 82 % N |
| Аммиакат А (водный раствор аммиачной селитры, насыщенной аммиаком) | 34 — 37,5 % N |
| Аммиачная вода | 20 — 25 % N |
| Аммиачная селитра марки Б для применения в сельском хозяйстве | |
| 1-й сорт | Не менее 34,6 % N |
| 2-й сорт | Не менее 34,3 % N |
| Кальциевая селитра | Не менее 17,0 % N |
| Натриевая селитра, 2-й сорт (в пересчете на сухое вещество) | Не менее 16,2 % N |
| Мочевина (карбамид) | Не менее 46,0 % N |
| Сульфат аммония (в пересчете на сухое вещество) | Не менее 20,8 % N |
| <i>Фосфорные удобрения</i> | |
| Фосфоритная мука (в пересчете на сухое вещество): | |
| высший сорт | Не менее 30 % P ₂ O ₅ |
| 1-й сорт | Не менее 25 % P ₂ O ₅ |
| 2-й сорт | Не менее 22 % P ₂ O ₅ |
| Суперфосфат простой гранулированный из апатитового концентрата | |
| 1-й сорт | Не менее 20,5 % P ₂ O ₅ |
| 2-й сорт | Не менее 19,5 % P ₂ O ₅ |
| Суперфосфат простой гранулированный из фосфоритов Кара-Тау | Не менее 14 % P ₂ O ₅ |
| Суперфосфат двойной гранулированный из апатитового концентрата | Не менее 45 % P ₂ O ₅ |

| Название | Содержание питательных веществ |
|--|---|
| Преципитат: | |
| 1-й сорт | Не менее 31 % P_2O_5 |
| 2-й сорт | Не менее 27 % P_2O_5 |
| Фосфат обесфторенный кормовой | Не менее 36 % P_2O_5 |
| <i>Калийные удобрения</i> | |
| Калий хлористый (в пересчете на сухое веще- ство), 2-й сорт | Не менее 95 % KCl |
| Соль калийная смешан- ная (смесь хлористого калия с сильвинитом) | Не менее 40 % K_2O |
| Сульфат калия | Не менее 48 % K_2O |
| <i>Комплексные удобрения</i> | |
| Аммофос гранулирован- ный из флотационных фосфоритов Кара-Тау | Не менее 41 % P_2O_5 , не менее 11 % N |
| Калиевая селитра | Не менее 98 % KNO_3 |
| Суперфосфат аммони- зированный из фосфори- тов Кара-Тау | Не менее 14 % P_2O_5 , не более 2,3 % N |
| Нитрофоска А | 16 — 17 % N, 16 — 17 % P_2O_5 , 16 — 17 % K_2O |
| Нитрофоска Б | 12,5—13,5 % N, 8,5—9,5 % P_2O_5 , 12,5—13,5 % K_2O |
| Нитрофоска В | 11—12 % N, 10—11 % P_2O_5 , 11—12 % K_2O |

Средний химический элементарный состав живых организмов (в %)

| Группа | Содержание |
|----------------------------|-----------------------|
| Макроэлементы: | |
| О, Н | Более 10 |
| С, N, Са | 10^0 — 10^1 |
| S, P, K, Si | 10^{-1} — 10^0 |
| Mg, Fe, Na, Cl, Al | 10^{-2} — 10^{-1} |
| Микроэлементы: | |
| Zn, Br, Mn, Cu, Mo | 10^{-3} — 10^{-2} |
| I, As, B, F, Pb, Ti, V | 10^{-4} — 10^{-3} |
| Cr, Ni, Sr, Ag, Co, Ba, Th | 10^{-5} — 10^{-4} |

Поставка минеральных удобрений сельскому хозяйству на 1 га пашни (в пересчете на N, P₂O₅, K₂O, в кг)

| Удобрения | Годы | | | | |
|--------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1940 | 1950 | 1960 | 1965 | 1967 |
| Азотные | 0,8 | 1,8 | 3,6 | 10,3 | 14,0 |
| Фосфорные | 1,3 | 2,6 | 3,8 | 6,8 | 7,7 |
| Фосфоритная мука | 0,5 | 0,5 | 1,2 | 2,8 | 3,7 |
| Калийные | 1,1 | 2,4 | 3,6 | 8,6 | 9,7 |
| Всего . . . | 3,7 | 7,3 | 12,2 | 28,5 | 35,1 |

Подразделение почв по степени кислотности

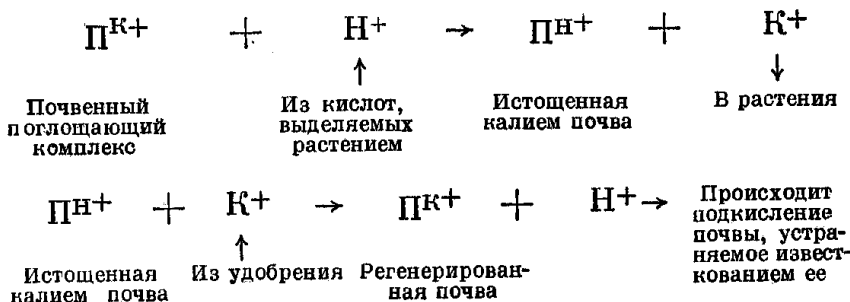
| Почвы | pH | Почвы | pH |
|--------------------|-----|----------------------|-----|
| Сильнокислые . . . | 3—4 | Нейтральные . . . | 6—7 |
| Кислые | 4—5 | Щелочные | 7—8 |
| Слабокислые . . . | 5—6 | Сильнощелочные . . . | 8—9 |

Оптимальное значение рН почвы для развития растений

| Растения | рН | Растения | рН | Растения | рН |
|--------------|---------|-----------------------------|---------|----------------------|---------|
| Пшеница | 6,5—7,5 | Подсолнечник | 6,0—6,8 | Капуста | 6,0—7,4 |
| Рожь . . . | 5,0—7,0 | Соя | 6,5—7,1 | Редис . . . | 5,5—6,5 |
| Овес . . . | 5,0—6,0 | Горох | 6,0—7,0 | Огурцы . . . | 6,0—7,0 |
| Ячмень . . | 7,0—8,0 | Бобы | 5,0—7,0 | Помидоры | 6,3—6,7 |
| Кукуруза | 6,5—8,5 | Вика | 6,3—6,8 | Морковь . . | 5,5—7,0 |
| Просо . . . | 6,5—8,5 | Мак | 6,5—7,5 | Сельдерей | 6,0—7,5 |
| Гречиха . . | 4,7—7,0 | Свекла сахарная | 7,0—7,5 | Люцерна | 7,0—8,0 |
| Конопля . . | 7,0—7,5 | Свекла кормовая . . | 6,5—7,5 | Клевер красный | 6,0—7,0 |
| Лен | 6,0—6,5 | Картофель | 5,0—5,5 | Люпин . . . | 4,5—6,0 |
| Арбуз . . . | 5,5—8,0 | Яблоня | 5,5—6,0 | Малина . . . | 5,0—6,0 |
| Дыня | 6,5—8,0 | Груша, вишня, слива | 6,5—7,0 | Черная смородина | 6,0—7,0 |
| Виноград | 6,5—8,0 | | | Земляника, крыжовник | 5,0—6,0 |

Примечание. При значении рН меньше 4 в почве накапливаются ионы водорода, алюминия, марганца и других элементов в концентрациях, вредных для растений. Наоборот, при значениях рН больше 8 вредное действие оказывают накапливающиеся ионы OH^- .

Схема ионообмена в почве



Прибавка урожая от известкования

| Культуры | Прибавка урожая на почвах (в ц с 1 га) | |
|------------------------------------|---|-------------|
| | сильно- и средне- кислых | слабокислых |
| Озимые зерновые (зерно) | 2,0—2,2 | 0,5—1,0 |
| Яровые зерновые (зерно) | 2,0—2,6 | 0,5—0,6 |
| Зернобобовые | 2,0—3,0 | 1,0—1,5 |
| Сахарная свекла | 60,0 | 25,0 |
| Кукуруза (зеленая масса) | 42,0 | 20,0 |
| Картофель | 15,0 | 5,0 |
| Лен: соломка | 3,0 | 1,0 |
| семена | 1,0 | 0,3 |
| Многолетние травы | 15,0 | 7,0 |
| Капуста столовая | 70,0 | 30,0 |
| Свекла столовая | 55,0 | 25,0 |
| Морковь столовая | 45,0 | 15,0 |

Нормальные дозы извести (в т на га)

| Почвы | рН солевой вытяжки из почвы | | | | | |
|--|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------|
| | 4,5 и менее | 4,6 | 4,8 | 5,0 | 5,2 | 5,4— 5,5 |
| Супесчаные и легкосуг- линистые | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | 2,0 | 2,0 |
| Средне- и тяжелосугли- нистые | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | 3,5 |

Примечание. Известкование почвы нормальными (полными) дозами повышает урожай сельскохозяйственных культур в течение 10—12 лет и больше.

Элементарный состав почв (в %) по В. И. Вернадскому

| | | | |
|--------------------|------|--|---------|
| Кислород | 49,5 | Водород | 1,0 |
| Кремний | 25,7 | Титан, углерод, марганец, хлор, сера, фосфор | 0,1—0,5 |
| Алюминий | 7,5 | Остальные элементы — доли процента | |
| Железо | 4,7 | | |
| Кальций | 3,4 | | |
| Калий | 2,4 | | |
| Магний | 2,0 | | |

Состав местных удобрений и равноценность их минеральным удобрениям

| Удобрение | Содержание (в %) | | | Количество полезного элемента (в кг), эквивалентное 1 т местных удобрений | | |
|---|------------------|-------------------------------|------------------|---|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| Навоз смешанный (коровий и конский) | 0,5 | 0,25 | 0,6 | 2 | 4 | 5 |
| Птичий помет, содержащий 50% воды | 1,8 | 1,6 | 0,7 | 10 | 25 | 9 |
| Древесная зола | — | 3,0 | 8,0 | — | 30 | 80 |
| Торфяная зола | — | 1,2 | 1,0 | — | 12 | 10 |
| Фекалии | 0,5 | 0,2 | 0,1 | 4 | 3 | 1 |
| Торф низинный проветренный | 2,0 | — | — | 1 | — | — |

Прирост урожая от внесения минеральных удобрений (в расчете на 1 т основного питательного вещества, ориентировочные данные)

| Виды сельскохозяйственной продукции | Основные питательные вещества (в т) | | |
|---|-------------------------------------|--------|-------|
| | азот | фосфор | калий |
| Хлопок-сырец | 11 | 5 | 2 |
| Свекла сахарная | 16 | 10 | 6 |
| Картофель | 110 | 60 | 50 |
| Озимая пшеница и рожь (зерно) | 19 | 22 | 4 |

Прибавка урожая от минеральных удобрений на различных типах почв СССР

(по разнице между урожаем по полному удобрению и неудобренной делянке, в процентах)

| Подзолистые почвы | | Черноземы | | |
|-------------------|----------|-----------------|--------|--------------|
| суглинистые | песчаные | деградированные | мощные | обыкновенные |
| 112 | 90 | 81 | 63 | 36 |

В таблице приведены результаты обработки опытов по определению эффекта от удобрений на различных типах почв СССР.

Содержание питательных элементов в зерне и соломе растений при уборке урожая с 1 га
(в кг, по данным Мироновской опытной станции Киевской области)

| Растения | Урожай в ц с 1 га | | Азота | | | Фосфора | | | Калия | | |
|--------------------------|----------------------|--------|---------|----------|-------|---------|----------|-------|---------|----------|-------|
| | зерна | соломы | в зерне | в соломе | всего | в зерне | в соломе | всего | в зерне | в соломе | всего |
| | | | | | | | | | | | |
| Озимая пшеница | 25 | 64 | 69,5 | 46,1 | 115,6 | 25,5 | 12,2 | 37,7 | 10,0 | 58,2 | 68,2 |
| Горох | 15 | 28 | 61,0 | 32,7 | 93,7 | 14,3 | 9,8 | 24,1 | 21,9 | 29,4 | 51,3 |

Микроэлементы

Микроэлементами называются такие элементы минерального питания растений, животных и микроорганизмов, которые необходимы живому организму лишь в очень небольших количествах. В настоящее время применяют в сельском хозяйстве бор, медь, марганец, цинк, молибден, кобальт, йод.

Содержание микроэлементов в растениях
(в мг на 1 кг сухой массы)

| | |
|----------|-----------|
| Бор | 1,0 |
| Медь | 7—20 |
| Марганец | 10,0—50,0 |
| Цинк | 10—40 |
| Кобальт | 0,2—0,4 |
| Молибден | 0,2—8,0 |

В относительно доступном состоянии в почвах находится лишь небольшая часть общих запасов микроэлементов.

Микроэлементы входят в состав многих ферментов.

Бор. Борные удобрения рекомендуется применять для повышения урожайности льна, сахарной свеклы, овощных культур и кормовых корнеплодов. Бор повышает урожайность льна на 40—57%. Под влиянием бора увеличивается сахаристость свеклы, крахмалистость картофеля. Лучшими дозами бора под сахарную свеклу в пересчете на буру являются 6—9 кг на 1 га.

Медь. На бедных медью почвах пиритные огарки повышают урожай зерновых культур на 4—7 ц/га и более; на торфяно-болотных почвах значительно повышается урожай и качество льна. В настоящее время используются пиритные огарки в дозах 6—8 ц/га или медный купорос в дозах 20—25 кг/га.

Марганец. В качестве марганцовых удобрений применяют сернокислый марганец и отходы, получающиеся при переработке марганцовых руд — марганцовый шлам (получается в качестве отхода марганцовой промышленности на обогатительных фабриках). При внесении марганцового шлама прирост урожая сахарной свеклы составляет 18—20 ц/га, зерна озимой пшеницы — 1,5—2,5 ц/га. Средние нормы предпосевного внесения марганцовых шламов — от 0,5 до 2 ц на 1 га, а сернокисло-го марганца — 10—15 кг/га.

Цинк. Доказано положительное действие цинксодержащих отходов промышленности и предпосевной обработки семян растворами солей цинка на урожай сахарной свеклы и пшеницы, семян подсолнечника.

Кобальт. Кобальт входит в состав витамина B_{12} (содержит 4,5% кобальта). Недостаток витамина B_{12} в кормлении вызывает заболевание животных сухоткой. Наиболее бедны кобальтом легкие песчаные почвы.

Наибольшее значение в настоящее время приобрело применение кобальта в животноводстве. Для излечения домашних животных от сухотки применяют суточные дачи хлористого кобальта коровам и лошадям по 20—40 мг. При даче кобальта в профилактических целях здоровым животным эти дозы могут быть уменьшены вдвое.

Молибден. Молибден показывает высокую эффективность прежде всего при внесении его под бобовые культуры. Прибавка урожая зерен гороха составляет 24—34%.

Иод. Иод содержится в гормоне щитовидной железы. Недостаток его вызывает зоб человека и животных. Наименее обеспечены иодом подзолистые и серые лесные почвы. В районах, где в почвах содержится недостаточное количество иода, в корм домашних животных вводят иод — иодированную поваренную соль с содержанием 7,5 г иодистого калия на тонну поваренной соли.

Химические средства защиты растений — пестициды

Меры предосторожности. В большинстве случаев химические средства защиты растений опасны для жизни человека и домашних животных. Поэтому при обращении с ними требуется соблюдать установленные меры предосторожности.

Ядовитые препараты должны храниться в специально оборудованных сухих складских помещениях, хорошо защищенных от проникновения влаги и оборудованных вентиляцией. Хранение ядохимикатов совместно с пищевыми продуктами, фуражом, а также с оборудованием и инвентарем, не имеющими отношения к работе с ядохимикатами, запрещено.

При перевозке ядовитых препаратов должны приниматься предписанные меры предосторожности. Продукты, упакованные в тару, должны быть тщательно закрыты, размещены на подстилке, плотно уложены и укреплены. Ядовитые препараты следует предохранять от нагревания солнцем и от дождя. Воспрещается перевозка ядовитых препаратов совместно с пищевыми продуктами, фуражом и питьевой водой. Автомашины немедленно после их разгрузки от ядовитых препаратов необходимо хорошо очистить и помыть. При работе с ядохимикатами следует защищать глаза предохранительными очками, органы дыхания — респиратором или марлевой повязкой, руки — резиновыми перчатками, надевать халат или комбинезон.

Инсектициды — препараты, применяемые для уничтожения вредных насекомых.

Различают инсектициды:

кишечные — попадают в желудок насекомого вместе со съеденным кормом;

контактные — проникают в тело насекомого через его кожные покровы;

дыхательные, или фумиганты, — проникают через органы дыхания;

системные, или внутрирастительные, — поглощаются корнями или листьями и делают растение ядовитым для вредных насекомых.

Многие инсектициды обладают комплексным действием, например контактным и кишечным.

Ниже указаны некоторые широко применяемые инсектициды.

Зелень парижская — двойная соль уксуснокислой и мышьяковистокислой меди $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3 \text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$. Тонкий кристаллический порошок ярко-зеленого цвета. Один из самых токсичных мышьяксодержащих препаратов для насекомых. Кишечный яд. Категорически запрещается использование парижской зелени для покраски.

Натрий мышьяковистокислый, арсенит натрия, технический продукт — смесь натриевых солей мышьяковистой кислоты NaAsO_2 и Na_3AsO_3 . Пастообразная масса серого цвета. Применяют в качестве ядохимиката, главным образом для борьбы с повиликой на люцерне, с саранчой, а также для борьбы с мышами и другими мелкими грызунами. Кишечный яд.

Кальций мышьяковистокислый, арсенит кальция, кальциевая соль метамышьяковистой кислоты $\text{Ca}(\text{AsO}_2)_2$ с примесью кальциевой соли ортомышьяковистой кислоты $\text{Ca}_3(\text{AsO}_3)_2$ — порошкообразный продукт серого цвета. Применяют главным образом для борьбы с саранчой, а также с полевыми мышами, с сусликами и другими грызунами. Кишечный яд.

Кальций мышьяковокислый, арсенат кальция, основная кальциевая соль ортомышьяковой кислоты $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ — порошкообразный продукт светло-серого цвета. Применяют для борьбы с сельскохозяйственными вредителями. Кишечный яд.

Никотин — алкалоид состава $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2$. Никотинсульфат представляет собой водный раствор сернокислой соли никотина $(\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$. Никотинсульфат применяют для борьбы с сельскохозяйственными вредителями, имеющими мягкий покров (тля, трипсы и др.). Контактный яд.

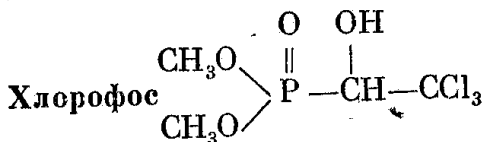
Анабазин-сульфат — водный раствор сернокислых солей алкалоидов дикорастущего кустарника анабазиса. Главная составная часть алкалоидов — анабазин $C_{10}H_{14}N_2$. Прозрачная жидкость темно-бурого цвета. Применяют для борьбы с сельскохозяйственными вредителями методом опрыскивания. Контактный яд.

Гексахлоран-порошок (дуст). Получают при совместном смешении и измельчении гексахлорциклогексана $C_6H_6Cl_6$ с наполнителем — тальком. Применяют для борьбы с саранчовыми вредителями путем опыливания растений. Применяют также для борьбы с насекомыми в быту. Контактный яд.

ДДТ, 4,4'-дихлордифенилтрихлорэтан $(ClC_6H_4)_2CHCCl_3$ — чешуйки или кусочки размером не более 3 см, от белого или кремового до серого цвета. Применяют для изготовления разных инсектицидных препаратов — порошков, эмульсий, растворов и суспензий, используемых для уничтожения насекомых-вредителей сельскохозяйственных культур и садов, паразитов животных, бытовых паразитов, малярийных комаров. Комплексное действие через органы пищеварения, дыхания, кожные покровы. Следует учитывать, что ДДТ ядовит и для теплокровных организмов.

ДДТ, дуст для сельского хозяйства. Белый или желтовато-серый порошок, хорошо распыляющийся, со слабым запахом ДДТ, нерастворимый в воде. Препарат изготавливают путем совместного размола талька и технического ДДТ. Выпускают также дуст ДДТ с наполнителем — каолином.

Препарат НИУИФ-100, тиофос, паратион, диэтил-4-нитрофенилтиофосфат $(C_2H_5O)PSOC_6H_4NO_2$ — густая маслянистая жидкость темно-коричневого цвета с неприятным запахом. В воде растворяется очень плохо, растворяется в различных органических растворителях. Применяют для борьбы с вредными насекомыми.



Основной препарат в борьбе с кожным оводом крупного рогатого скота, эффективен против мух, клопов, вредителей сельскохозяйственных растений, растворим в воде, мало токсичен для теплокровных, может обжечь листья растений.

Фунгициды и протравители — препараты, применяемые для борьбы с грибными, бактериальными и вирусными болезнями растений и для протравливания семян.

Купорос медный $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ применяют для борьбы с грибными заболеваниями растений главным образом в виде бордосской жидкости, представляющей собой смесь раствора медного купороса и известкового молока. Бордосская жидкость применяется для опрыскивания зеленых растений в виноградниках и плодовых садах.

Смесь бордосская сухая представляет собой соединенные в общей упаковке пакет с медным купоросом и пакет с гашеной известью (пушонкой). Служит для изготовления бордосской жидкости путем смешения раствора медного купороса и известкового молока.

Сера молотая, серный цвет, коллоидная сера — порошок желтого цвета. Применяется путем опыливания для борьбы против грибных и вирусных болезней винограда, в садах и цветниках, а также против клещей. Химические средства борьбы с клещами называются *акарицидами*. Акарицидами являются также фосфорорганические инсектициды, ДДТ и гексахлорциклогексан.

Известково-серный отвар, ИСО. Действующее начало — полисульфид кальция. Жидкость оранжево-красного цвета, при хранении разлагается. Поэтому его гото-

вят перед употреблением. Исходные вещества — сера и известь. Области применения те же, что и серы.

Гранозан, НИУИФ-2, этилмеркурхлорид C_2H_5HgCl . Служит для обеззараживания посевного материала. Такие препараты называются протравителями. Применяется в порошкообразном виде (сухой протравитель) в качестве протравителя семян хлопчатника.

ТХФМ, 2, 4, 5-трихлорфенолят меди — $(C_6H_2Cl_3O)_2Cu$ — красно-бурый порошок, практически — нерастворимый в воде и в большинстве органических растворителей. Препарат содержит 20% активного вещества и 80% наполнителя. Применяется для той же цели, что и гранозан.

Меркуран — смесь этилмеркурхлорида, гексахлорциклогексана, обогащенного γ -изомером, и наполнителя (талк с добавкой каолина). Пример препарата комплексного действия. Активен как против возбудителей заболеваний (головня, плесени и др.), так и против насекомых, в частности почвообитающих вредителей — хрущей, проволочников. Применяется для протравливания семян хлопчатника.

Гербициды — препараты, служащие для борьбы с сорной растительностью, — для химической прополки.

Различают гербициды сплошного и избирательного действия. Гербициды сплошного действия используются для уничтожения всех растений: мелкой древесной растительности, кустарников, трав. Применяются главным образом на неполевых землях. Гербициды избирательного действия подавляют рост и развитие некоторых видов растений, не угнетая при определенных дозировках другие растения. Они используются для уничтожения сорняков в посевах сельскохозяйственных культур.

2,4-Д, натриевая соль — натриевая соль 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты $C_6H_3Cl_2OCH_2COONa \cdot H_2O$ — светлый тонкий однородный порошок с серым, желтоватым или розовым оттенком. Препарат применяют в

качестве гербицида для уничтожения путем опрыскивания сорняков из класса двудольных растений в посевах злаковых культур. При повышенных дозах применяется для уничтожения древесной и кустарниковой растительности.

Концентрат бутилового эфира 2,4-дихлорфеноксисукусной кислоты $C_6H_3Cl_2OCH_2COOC_4H_9$ — маслянистая жидкость от желтого до коричневого цвета. Применяют для той же цели путем опрыскивания водными эмульсиями.

Препарат 2М-4Х, метаксон, натриевая соль 2-метил-4-хлорфеноксисукусной кислоты $C_6H_3CH_3ClOCH_2COONa$ — кристаллический порошок серого цвета с фиолетовым оттенком. Применение то же, что и препарата 2,4Д.

Препарат 2,4,5-Т, натриевая соль 2,4,5-трихлорфеноксисукусной кислоты $C_6H_2Cl_3OCH_2COONa$ — светлый порошок. Применяют для борьбы с двудольными сорными растениями в посевах злаков, а также при повышенной дозировке для уничтожения кустарников и сорной растительности.

Цианамид кальция $CaCN_2$ — гербицид избирательного действия.

Дефолианты — препараты, вызывающие опадение листьев растений.

Цианамид кальция $CaCN_2$ применяется путем опрыскивания для удаления листьев хлопчатника перед машинной уборкой.

Десиканты — препараты для предуборочного высушивания растений.

В качестве десикантов применяют гербициды контактного действия, хлораты.

Стимуляторы роста растений активизируют физиологические процессы.

Этилен C_2H_4 стимулирует созревание плодов лимонов, апельсинов, дынь и т. д.

Гетероауксин — препарат в виде таблеток серого цвета, состоящий из смеси калиевой соли β -индолилуксусной кислоты с наполнителем — тальком и крахмалом. Таблетки хорошо растворимы в воде. Применяют в качестве стимулятора роста растений, ускоряющего образование корней у черенков и способствующего лучшей приживаемости кустарников и деревьев при их пересадке. Препарат используют в виде раствора в воде.

Кислота альфанафтилуксусная, калиевая соль $C_{10}H_7CH_2COOK$ — порошок или кусочки неправильной формы от желтовато-серого до светло-коричневого цвета. Применяют для изготовления препаратов, ускоряющих корнеобразование у черенков, усиливающих развитие корней у сеянцев и саженцев, задерживающих распускание цветочных и листовых почек в ближайшую весну.

Препарат КАНУ, калиевая соль альфанафтилуксусной кислоты с наполнителем (углекислым натрием) — порошок серого или коричневого цвета. Применяют для опрыскивания водным раствором препарата яблонь и груш с целью уменьшения предуборочного падения плодов.

Гиббереллины — группа физиологически активных веществ (смесь карбоновых кислот). Применение дает возможность регулировать высоту стеблей растений, развитие листы, цветение, созревание семян.

Ингибиторы — вещества, тормозящие жизнедеятельность растения.

Препарат М-1, дуст, метиловый эфир альфанафтилуксусной кислоты — порошоквидная смесь метилового эфира альфанафтилуксусной кислоты $\alpha-C_{10}H_7CH_2COOCH_3$ и тонко размолотой глины. Применяют для опыления картофеля, за исключением семенного, задержки прорастания его при хранении.

ХИМИЧЕСКИЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Для того чтобы помочь ученикам старших классов средних школ получить химическое образование и химическую профессию, в ряде школ организованы химические классы. В этих классах программа трудового политехнического обучения предусматривает теоретическое и практическое изучение основ химического анализа и химической технологии, а также практикумы по отдельным специальностям.

Выпускники средних общеобразовательных школ, в особенности прошедшие трудовую подготовку в химических классах, овладевают в довольно короткий срок химическими профессиями — лаборантов, аппаратчиков — и успешно работают после окончания школы в заводских химических лабораториях, в цехах, в лабораториях научно-исследовательских институтов, агрохимических и др.

Для того чтобы дать представление о характере работы лаборанта химической лаборатории, ниже приводятся квалификационные характеристики лаборантов 2-го и 4-го разрядов.

Квалификационная характеристика

Лаборант химической лаборатории

2-й разряд

Характеристика работ. Проведение однородных объемных анализов без предварительного разделения компонентов. Приготовление титрованных растворов, паяльных флюсов. Определение температуры плавления и зас-

тывания горючих и смазочных материалов на специальном лабораторном оборудовании. Определение степени влажности материалов. Анализ газа на аппаратах различных систем. Наблюдение за работой лабораторной установки, запись ее показаний под руководством лаборанта более высокой квалификации.

Должен знать: методику проведения объемных анализов; свойства анализируемых материалов и ГОСТ на них; правила обслуживания лабораторного оборудования, аппаратуры и контрольно-измерительных приборов; основы аналитической химии.

4-й разряд

Характеристика работ. Проведение количественных и качественных анализов с предварительным разделением компонентов. Проведение анализа электровесовым методом. Анализ сильнодействующих ядов, взрывчатых веществ и проведение анализа с применением радиоактивных индикаторов. Проведение в лабораторной установке синтеза по заданной методике. Производство расчетов по результатам анализа. Химический анализ металлов на гальваническое покрытие. Сборка лабораторных установок по имеющимся схемам.

Должен знать: основы разработки и выбора методики анализов; правила сборки и работы лабораторных установок; основы общей химии и электротехники; способы определения веса и объема химикатов; приготовление титрованных растворов; правила взвешивания осадков на аналитических весах и проведения необходимых расчетов по результатам анализа.

Кроме основных требований к уровню теоретических и специальных знаний, изложенных в квалификационных характеристиках и предъявляемых к рабочему соответствующей квалификации, рабочий должен также знать:

а) правила технической эксплуатации оборудования, на котором он работает, а также правила его регулировки; способы экономного расхода горючего, энергии и материалов;

б) инструкционную технологическую карту и технологический процесс на выполняемую работу;

в) сортамент, маркировку и основные свойства применяемых материалов и полуфабрикатов;

г) правила обозначения конструктивных и технологических параметров, встречающихся при чтении чертежей и эскизов, непосредственно применяемых в процессе работы;

д) технические требования к качеству выполняемых работ; виды брака и способы его предупреждения;

е) правила и условия применения охлаждающих и смазывающих жидкостей;

ж) порядок организации своего рабочего места, а при бригадной работе для рабочих высшей квалификации — метод организации работы своей бригады или группы рабочих;

з) безопасные и санитарно-гигиенические методы труда, основные средства и приемы предупреждения и тушения пожаров на своем рабочем месте (участке);

и) производственную (должностную) инструкцию, правила внутреннего трудового распорядка;

к) конструктивные особенности, условия работы и эксплуатации деталей, узлов и машин, которые подлежат техническому контролю, а также методы проведения анализов брака, сортности и других показателей качества продукции и мероприятия по профилактике брака (для контролеров-приемщиков);

л) сигнализацию и правила управления подъемно-транспортным оборудованием.

ХИМИЧЕСКАЯ ПОСУДА И ДРУГИЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ

Посуда, применяемая в химических лабораториях, изготавливается преимущественно из специальных сортов стекла, реже — из кварца, а также из фарфора, различных огнеупорных материалов и из прозрачных или полупрозрачных пластиков и продуктов полимеризации.

Стеклоянная посуда

А. Посуда общего назначения

Пробирки используют для проведения очень многих экспериментов с небольшими количествами реактивов (рис. 7).

Воронки применяют для переливания жидкостей и пересыпания в посуду твердых веществ в форме порошков (рис. 8 и 9). Специальные капельные и делительные воронки применяются для аналитических целей.

Стаканы химические, тонкостенные с носиком и без носика (рис. 10).

Колбы плоскодонные (рис. 11).

Промывалки — колбы, приспособленные для хранения дистиллированной воды и для промывания ею тонкой

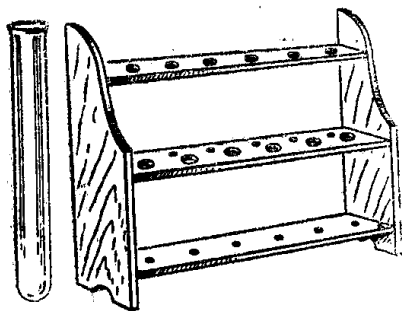


Рис. 7. Пробирка и штатив для пробирок.

струей различных осадков; имеется несколько конструкций, в том числе с притертой стеклянной пробкой.

Конические колбы Эрленмейера применяют преимущественно при аналитических работах, и в частности, при титровании (рис. 12).

Колбы Бунзена (рис. 14) для фильтрования, толсто-

стенные, конической формы, в верхней части имеют отросток для соединения с вакуум-насосом или с линией вакуума. Приспособлены для работы с пониженным давлением. Перед работой каждую новую колбу Бунзена следует проверить. Для этого ее закрывают резиновой пробкой с капилляром, заворачивают колбу в халат или полотенце или же помещают в специально приспособленный для испытаний ящик и соединяют колбу с вакуум-насосом. Колбу держат под разрежением не меньше 15 мин, и, если она выдержит это испытание, ее можно применять для работы. Следует наблюдать

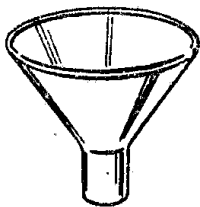


Рис. 8. Воронка для порошков.

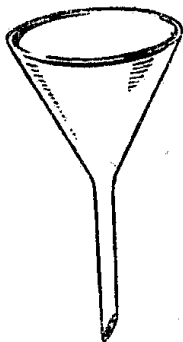


Рис. 9. Воронка химическая.

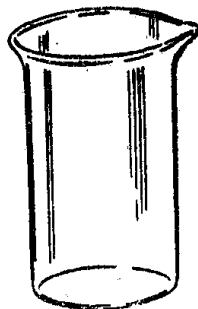


Рис. 10. Стакан химический.

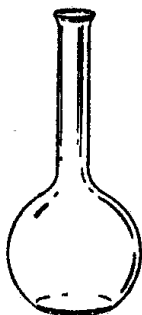


Рис. 11. Колба плоскодонная.

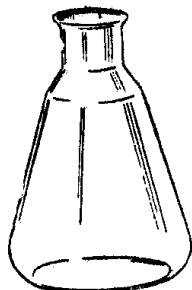


Рис. 12. Коническая колба Эрленмейера.

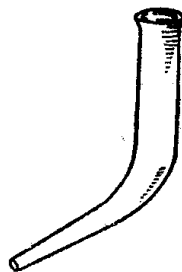


Рис. 13. Аллонж.

за тем, чтобы колба Бунзена не имела царапин, так как это может привести к разрушению колбы при создании вакуума в ней и вызвать несчастный случай.

Реторты — толстостенные сосуды, приспособленные для нагревания, с пробкой и без пробки. Предназначены для проведения ряда работ, связанных с высокотемпературной перегонкой при обыкновенном давлении.

Кристаллизаторы (рис. 15) низкортные, цилиндрической формы сосуды, предназначенные для перекристаллизации твердых веществ, тонкостенные и толстостенные. В них проводят охлаждение на-

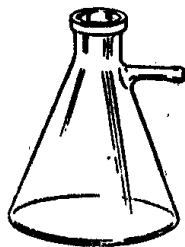


Рис. 14. Колба Бунзена для фильтрования.

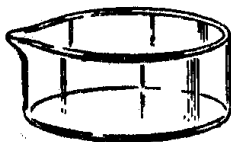


Рис. 15. Кристаллизатор.



Рис. 16. Холодильник Либиха.



Рис. 17. Сифоны.

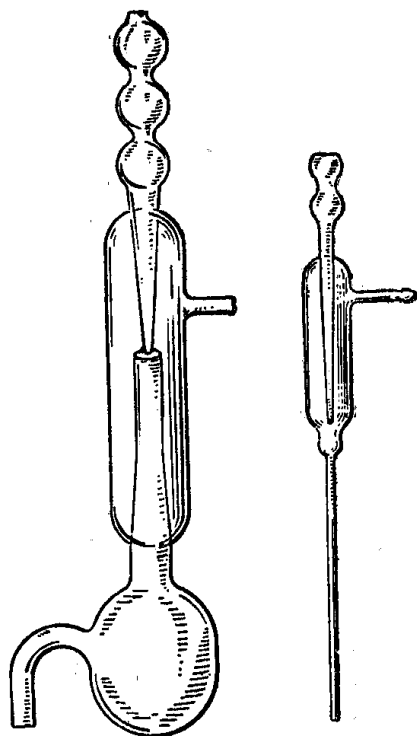


Рис. 18. Водяные вакуум-насосы.

сыщенных растворов, помещая кристаллизатор на лед, снег или другие охлаждающие смеси.

Холодильники — приборы для охлаждения паров, образующихся при кипячении или нагревании жидкостей. При охлаждении пары конденсируются с образованием соответствующей жидкости. Холодильники (рис. 16) бывают различных конструкций и назначения: прямые, или

Либиха, обратные, шариковые и пр. Они состоят из холодильной трубки или другой формы охлаждающего приспособления и муфты, прочно соединенной с холодильной трубкой, имеющей на противоположных концах по отводу: один — для впуска воды и другой — для выпуска ее. Впуск воды производят с того конца холодильника, где происходит вытекание конденсата.

Аллонж (рис. 13) — насадка на тот конец холодильника, который соединен с приемником.

Сифон — приспособление для переливания жидкостей. В зависимости от свойств жидкости конструкция сифонов (рис. 17) может быть разной. Сифоны можно применять для фильтрования жидкостей, в которых взмучен какой-либо осадок, если на конец, опущенный в жидкость, надеть фильтрующий патрон из фильтровальной бумаги, ткани и др.

Водяные вакуум-насосы (рис. 18) — приборы, предназначенные для создания в приборах вакуума при помощи водяной струи.

Для работы присоединяются к водопроводному крану. Создаваемое ими разрежение находится в зависимости от температуры воды, пропускаемой через прибор: чем ниже температура воды, тем большее разрежение можно получить.

Нагнетательные водоструйные насосы — приборы, предназначенные для создания воздушной струи невысокого давления.

Б. Посуда специального назначения

Колбы круглодонные (рис. 19) применяют при многих синтезах. Могут быть с одним, двумя, тремя и четырьмя горлами, каждое из которых имеет свое назначение: для термометра, для капельной воронки, для холодильника и т. п.

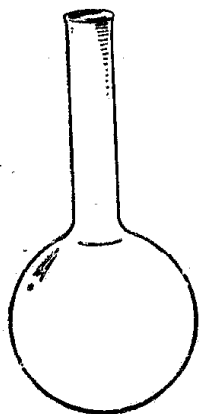


Рис. 19. Колба круглодонная.

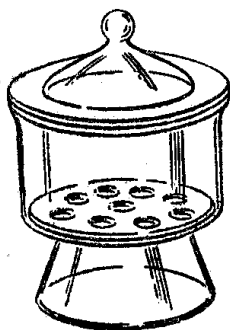


Рис. 20. Эксикатор простой.

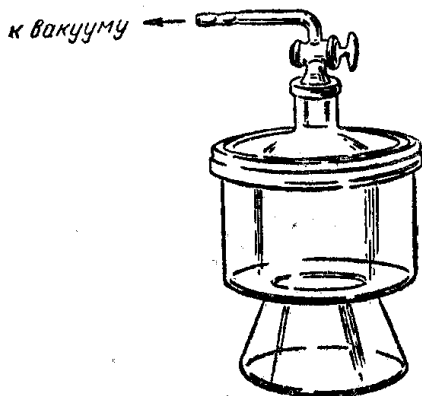


Рис. 21. Вакуум-эксикатор.

Эксикаторы — толстостенные приборы из стекла, состоящие из основного корпуса и притертой к нему стеклянной крышки. Различают простые и вакуум-эксикаторы (рис. 20 и 21); предназначены для хранения в них осадков или твердых веществ в условиях, защищающих их от влияния внешней атмосферы, а также для высушивания твердых веществ. В качестве водопоглощающих средств, применяемых для заполнения эксикаторов, используют: концентрированная серная кислота (в этом случае в эксикатор следует предварительно насыпать стеклянные бусы), фосфорный ангидрид, прокаленный хлористый кальций, окись алюминия, силикагель, едкий натр, едкое кали.

Дефлегматоры (рис. 22) — приборы, применяемые при фракционной перегонке жидкостей. По форме часто бывают похожи на обратные холодильники.

Промывные склянки Тищенко, Вульфа, Дрекслея и др. (рис. 23—27). Отличаются формой и конструкцией.

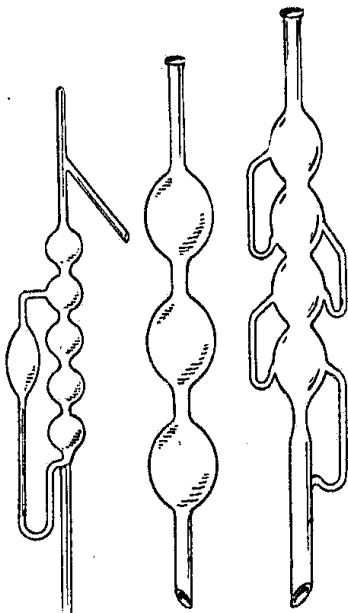


Рис. 22. Дефлегматор.

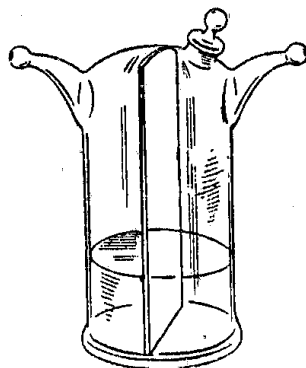


Рис. 23. Промывная
склянка Тищенко для
жидкостей.

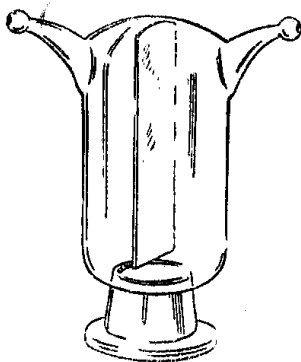


Рис. 24. Промывная
склянка Тищенко для
твердых поглотителей.

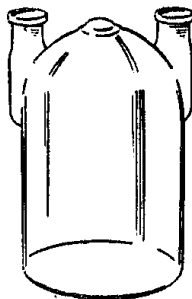


Рис. 25. Про-
мывная склянка
Вульфа дву-
горлая.

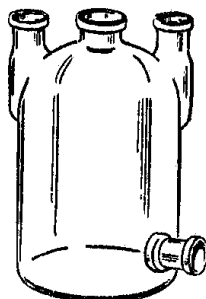


Рис. 26. Про-
мывная склянка
Вульфа трех-
горлая.

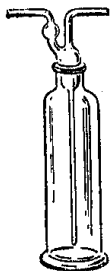


Рис. 27. Промывная склянка Дрекслея.

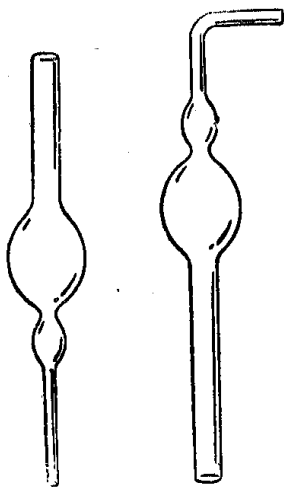


Рис. 28. Хлоркальциевые трубки.

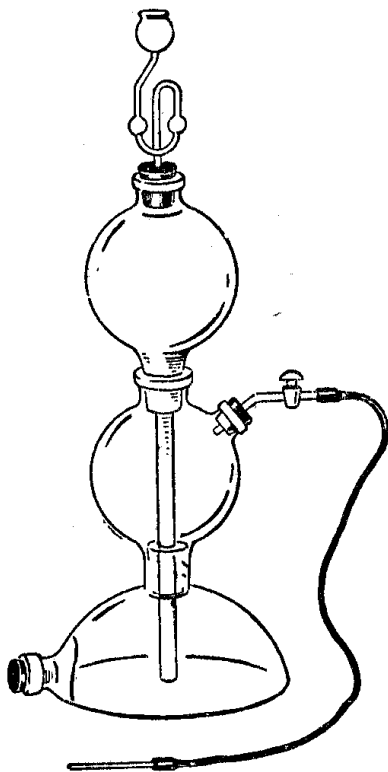


Рис. 29. Аппарат Киппа для получения газов.

Применяются для промывания газов, а также в качестве предохранительных сосудов при работах с вакуумом.

Хлоркальциевые трубки — приспособления для защиты растворов и твердых веществ от поглощения ими влаги, двуокиси углерода, засорения пылью и пр. Представляют

собой небольшие трубки с расширением, заполненным прокаленным хлористым кальцием (для защиты от поглощения паров воды), натронной известью (для защиты от двуокси углерода и др.). Кроме обычных хлоркальциевых трубок прямой формы (рис. 28), применяют также изогнутые, U-образные.

Аппарат Киппа — прибор (рис. 29) для получения газов — двух основных типов с тубулусом в нижней части и без него. Разборка и промывка аппаратов Киппа производится обязательно под тягой.

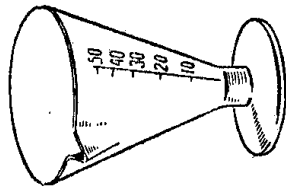
Капельницы — простейшие приборы для отмеривания жидкостей каплями. Применяются преимущественно для хранения индикаторов и некоторых реактивов, расходуемых в малом количестве.

Очень многие виды стеклянной посуды, которые могут иметь пришлифованные пробки или горла со шлифом, в настоящее время выпускаются с нормальными шлифами. Так называют шлифы, имеющие стандартные диаметры и стандартную конусность, что и позволяет заменять разбитые шлифы и пробки новыми, нормальными. Имеются нормальные шлифы с размерами 14,5 мм, 29 мм и 45 мм. Основным является шлиф 29 мм.

В. Мерная посуда

Мерные цилиндры и мензурки — приборы для отмеривания определенных объемов различных жидкостей, объем от 5 до 2000 мл. Мерные цилиндры — цилиндрической формы, с делениями на наружной стенке (рис. 30—31).

Пипетки — приспособления для отмеривания точных определенных объемов жидкостей. Различают пипетки обыкновенные и микропипетки, без градуировки и градуированные (рис. 32). Микропипетки имеют трубчатую форму, и на наружной стенке их нанесены деления, позволяющие отсчитывать от 0,01 до 0,005 мл при объеме



Чис. 31.
Мензушка

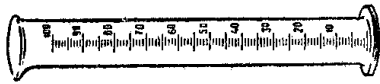
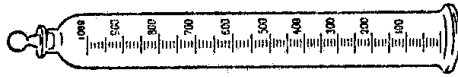


Рис. 31. мерные цилиндры.

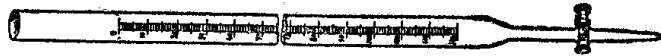


Рис. 33. Бюретка.

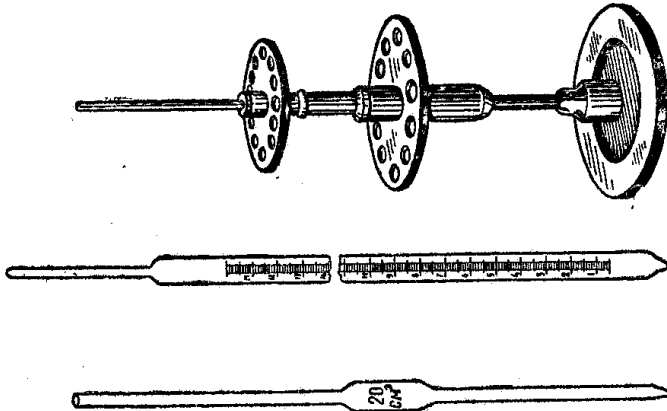


Рис. 32. Пипетки и штатив к ним.

от 1 до 5 мл. Пипетки обыкновенные имеют различный объем от 1 до 100 мл. Они преимущественно имеют расширение в средней части. Градуированные пипетки позволяют отмеривать объем по желанию. Пипетки, выпускаемые в СССР, отградуированы на вытекание. Поэтому ни выдувание, ни «выжимание» остатков жидкости из пипеток не допускается. Жидкость выпускают из пипетки, прикоснувшись кончиком ее к стенке сосуда, в который переносится отмеренная жидкость. После окончания операции в самом кончике пипетки должно оставаться немного жидкости. Верхний уровень жидкости в пипетке устанавливают у кольцевой черты для прозрачных жидкостей по нижнему мениску, для темнокрашенных — по верхнему мениску. Крайне важно, чтобы пипетки были хорошо вымыты и чтобы после их опорожнения внутри на стенках не оставалась жидкость (капли).

Газовые пипетки — приборы, применяемые преимущественно при анализе газов и предназначенные для отмеривания или измерения определенных их объемов.

Бюретки — приборы для отмеривания точных объемов жидкости преимущественно при титровании. Различают бюретки объемные, весовые, поршневые, микробюретки, газовые бюретки. При помощи бюреток можно отмеривать объем с точностью до 0,3—0,5 мл у обычных бюреток и до 0,005 мл у микробюреток (рис. 33). Исключительно важное значение имеет чистота внутренней поверхности бюреток. Наиболее точные результаты титрования получаются при пользовании весовыми бюретками.

Мерные колбы с удлинённой шейкой, на которой нанесена кольцевая черта, предназначены для приготовления точных растворов.

Уровень жидкости устанавливается по кольцевой черте по нижнему мениску для прозрачных жидкостей и по верхнему мениску — для темнокрашенных жидкостей. Мерные колбы бывают с притертой пробкой и шлифом, а

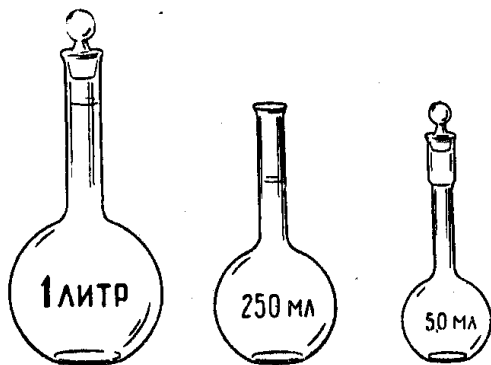


Рис. 34. Мерные колбы.

также без шлифа (рис. 34), когда для закрывания мерных колб применяют резиновые пробки. Исключительно важно, чтобы мерные колбы тщательно были вымыты. Недопустимо, чтобы внутри колбы, на шейке ее выше кольцевой черты, оставались капли жидкости.

Вся мерная посуда в СССР отградуирована на 20° С. При точных работах мерную посуду обязательно калибруют или проверяют (о проверке мерной посуды см. специальную литературу).

Химическая посуда из новых материалов

Вместо стеклянной посуды в настоящее время в химических лабораториях начинают применять посуду из полиэтилена, фторопластов, винипластов, полиакрилатов и пр. Обладая высокой механической прочностью и легким весом, такая посуда не выдерживает нагревания посредством обычных приемов: газовыми горелками или на электроплитках. Однако хранить в такой посуде нагретые жидкости можно. Нагревание жидкостей в посуде из указанных материалов можно производить лишь при по-

мощи специальных кипятильников. Посуда из пластика обладает большой химической стойкостью и не подвергается действию даже таких агрессивных жидкостей, как плавиковая кислота. Недостатком такой посуды является то, что на внутренней стороне могут адсорбироваться некоторые вещества и особенно кислоты, удалить которые обычными приемами очень трудно.

Фарфоровая посуда

Фарфоровая посуда имеет преимущество перед стеклянной в том, что она позволяет вести прямой обогрев до температуры около 1200°C . Недостатком фарфоровой посуды является ее непрозрачность и большой вес.

Стаканы с ручкой и без ручки, с носиком и без носика (рис. 35—36).

Выпарительные чашки применяют для нагревания и выпаривания различных жидкостей (рис. 37).

Ступки с пестиками предназначены для измельчения твердых веществ путем растирания (рис. 38).

Тигли применяют для прокаливания в них твердых веществ (осадков и пр.), сжигания и т. д. Выдерживают нагревание до температуры, близкой к 1200°C . Часто тигли имеют фарфоровую крышку (рис. 39).

Воронки Бухнера и фарфоровые сетки предназначены для фильтрования жидкостей с применением вакуума (рис. 40 и 41).

Ложки и шпатели (рис. 42) применяют при многих работах для отбирания и перекладывания твердых и вязких веществ, а при помощи ложек — и жидкостей. Безопасны при работе с очень горячими веществами.

Лодочки для прокаливания применяют преимущественно при анализе органических веществ для их сжигания, а также при некоторых других определениях.



Рис. 35. Стакан фарфоровый с ручкой.



Рис. 36. Стакан фарфоровый без ручки.



Рис. 37. Фарфоровая выпарительная чашка.



Рис. 38. Фарфоровая ступка с пестиком.

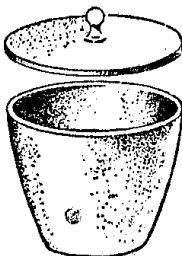


Рис. 39. Фарфоровый тигель.



Рис. 40. Фарфоровая воронка Бухнера.



Рис. 41. Фарфоровая сетка для фильтрования.



Рис. 42. Фарфоровый шпатель.

Высокоогнеупорные материалы

Преимущественно окислы некоторых металлов MgO , CaO , ZrO_2 , ThO_2 , Al_2O_3 , графит, шамот. Многие из них выдерживают нагревание от 1800 до 3000° С. Ими футеруют обычные тигли, изготавливают также различные изделия целиком из указанных материалов.

Кварцевая посуда

Тех же видов, что и стеклянная. Отличается термостойкостью и позволяет вести нагревание до температуры около 1500—1600° С.

Не выдерживает нагревания со щелочами. Требуется осторожного обращения, так как легко бьется, так же как и стеклянная.

Металлическое оборудование

Штатив с набором муфт, лапок, колец и вилок (рис. 43). На штативе при помощи муфт и лапок закрепляют различные приборы, холодильники, колбы, делительные воронки и пр. На кольца, закрепленные на штативе, кладут асбестированную сетку, на которой производят нагревание химической посуды при помощи газовой горелки.

Треноги (рис. 44) применяют в качестве подставки для различных приборов, колб и пр. Удобны, когда нужно нагревать громоздкие приборы или крупную по размерам посуду.

Тигельные щипцы применяют для захватывания горячих тиглей при вынимании их из муфельной печи, при снимании раскаленных тиглей с фарфоровых треугольников и во всех случаях работы с нагретыми до высокой температуры предметами. Тигельные щипцы (рис. 45) иногда заменяют металлическими ухватиками.

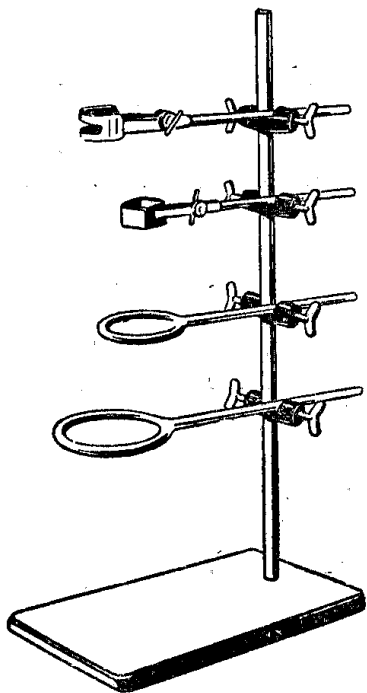


Рис. 43. Металлический штатив с набором.

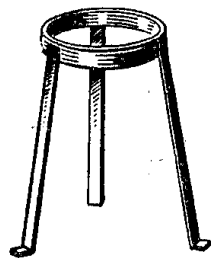


Рис. 44. Тренога.

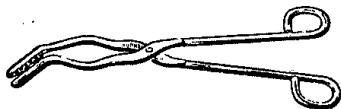


Рис. 45. Тигельные щипцы.

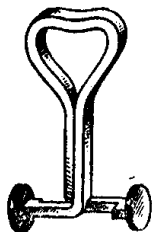


Рис. 46.
Зажим Мора
пружинный.

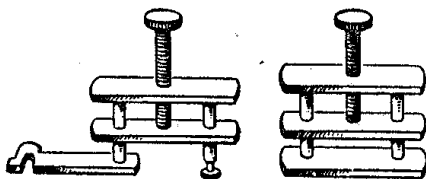


Рис. 47. Зажим Гофмана
винтовой.

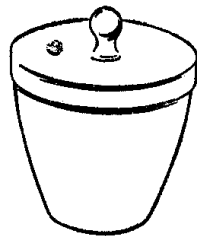


Рис. 48. Тигель
металлический.

Зажимы — приспособления для зажимания резиновых трубок, различных конструкций; в химических лабораториях чаще применяют пружинные зажимы Мора и винтовые Гофмана (рис. 46 и 47).

Пинцеты — приспособления для захватывания мелких предметов, как гирики разновесов и пр. Специальные пинцеты для весов имеют костяные или пластмассовые кончики.

Тигли металлические (рис. 48) изготовляют из платины, золота, серебра, никеля, железа; применяют преимущественно при проведении химических анализов для прокаливания различных осадков.

Чаши металлические, подобно тиглям, изготовляют из различных металлов и применяют в тех же целях, что и тигли. В них, кроме того, производят выпаривание растворов при проведении химических анализов.

Ступки металлические чугунные, стальные, бронзовые. Применяют для измельчения твердых веществ.

Пробки

Корковые пробки. Ими можно закрывать сосуды со всеми веществами, кроме тех, которые могут химически действовать на материал пробки (растворы щелочей, особенно концентрированные, концентрированные минеральные кислоты, некоторые органические жидкости). Корковые пробки не выдерживают нагревания выше 150—180° С. Для повышения химической стойкости корковых пробок применяют обработку их химически инертными веществами, из которых наибольший интерес представляет сплав полиэтилена с парафином.

Для сверления пробок применяют *ручные* или *механические сверла* (рис. 49). На корковые пробки установлен стандарт по размеру.

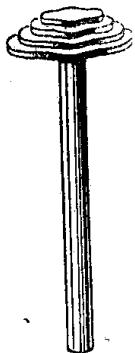


Рис. 49.
Сверла для
пробок.

Резиновые пробки обладают большой механической прочностью. Они могут использоваться для тех же целей, что и корковые, особенно тогда, когда требуется создать герметичность укупорки; разрушаются при действии концентрированных минеральных кислот, газообразного хлора; набухают при действии многих органических растворителей, термически нестойки. Сверление пробок производят при помощи сверл для пробок или механически, обязательно применяя смазки. В качестве последних рекомендуют глицерин или минеральные масла. Применение растворов щелочей не рекомендуется из соображений техники безопасности. На резиновые пробки установлен стандарт.

Стеклянные пробки со шлифом необходимы для посуды с притертой пробкой, делительных и капельных воронок, цилиндров, специальных колб и различных приборов. В стеклянных приборах, а также и для химической посуды в настоящее время применяют стандартные шлифы и пробки к ним, что позволяет заменить разбившуюся стеклянную пробку новой того же номера. Стеклянными пробками можно закрывать сосуды с различными жидкостями, твердыми веществами и газами, кроме щелочей и веществ, вызывающих заедание стеклянных пробок.

Пробки из других материалов. Для закрывания сосудов, приборов могут быть использованы пробки из любых материалов, особенно сплавленных с полиэтиленпарафиновой смесью или пропитанных ею. Так, можно применять пробки из бумаги, ваты, дерева и пр. В качестве огнестойких пробок можно пользоваться пробками из асбеста. Очень удобны и химически инертны пробки из полиэтилена различной формы.

Трубки и стеклянные палки

Трубки из различных материалов применяют при монтаже приборов, для соединения аппаратов, для подведения или отведения воды, газа и во многих других случаях. Различают трубки резиновые, из синтетических материалов, стеклянные и др.

Резиновые трубки разделяются на обычные, вакуумные и для высокого давления. Обычные резиновые трубки бывают различного диаметра и имеют сравнительно тонкие стенки. Вакуумные — имеют толстые стенки и относительно небольшой внутренний диаметр. При создании вакуума эти трубки не сплющиваются, что бывает с обычными, если их использовать для работы с применением вакуума. Вакуумные толстостенные трубки иногда применяют при работе с небольшим давлением. Трубки для работы при повышенном давлении чаще всего оплетают стальной проволокой по спирали.

Для лучшей сохранности резиновых изделий их лучше всего хранить под стеклянным колпаком в парах аммиака.

Трубки из синтетических веществ — из полиэтилена, хлорвинила и других материалов обладают большой химической стойкостью; их применяют вместо резиновых.

Стеклянные трубки применяют при изготовлении приборов, например промывалок, для изготовления химической аппаратуры; бывают из различного стекла, различного диаметра и с различной толщиной стенок; в химические лаборатории поступают в виде трубок длиной 2 м. Чтобы отрезать кусок стеклянной трубки, в намеченном месте делают надрез напильником или специальным ножом для стекла. Надрез смачивают водой и разламывают трубку в месте надреза, изгибая ее в направлении от себя. Концы трубок следует оплавить в пламени

горелки или зачистить острые края напильником. (О работе со стеклом см. специальные пособия, например: Е. П. К л е щ е в. Вспомогательные работы при ремонте лабораторного оборудования, изд. АПН РСФСР, 1963.)

Стекланные палки поступают в химические лаборатории под названием «дрот» длиной 2 м; бывают также различного диаметра, из различного стекла. Из стеклянных палок изготовляют мешалки и другие части приборов. Резка стеклянных палок производится так же, как и стеклянных трубок (см. выше). Концы отрезанной палки также нужно оплавить в пламени газовой горелки или зачистить напильником. Это необходимо для того, чтобы избежать ранения. Кроме того, неоплавленным концом можно разбить стеклянную посуду при перемешивании жидкости стеклянной палочкой.

Мытье и сушка химической посуды

Мытье водой, холодной или горячей, в зависимости от характера загрязнений;

мытьё *паром* — лучший метод мытья химической посуды, для чего применяют специальные приборы;

мытьё *органическими растворителями* — применяют для отмывания от жиров, смол и прочих загрязнений органического происхождения;

мытьё *мылом, тринатрийфосфатом* и другими поверхностно-активными моющими веществами, например порошком «Новость».

Стеклянную посуду внутри можно мыть волосяными ершами (рис. 50). Чтобы не пробить дна металлическим концом ерша, на него следует надеть небольшой кусок резиновой трубки. Моют посуду и водой с кусочками бумаги, мелко нарезанным сеном или соломой, но применение песка совершенно недопустимо.

Для получения очень чистой внутренней поверхности стеклянной посуды применяют сильные окислители или восстановители: концентрированные растворы минеральных кислот и щелочей; хромовую смесь, представляющую собой раствор двуххромовокислого калия в серной кислоте (хромовая смесь может использоваться многократно; она делается непригодной только тогда, когда раствор приобретает зеленую окраску; требует осторожного обращения, так как при попадании на одежду разъедает ее и может вызвать труднозаживающие ожоги); подкисленный раствор марганцовокислого калия; смесь соляной кислоты (концентрация не менее 2н.) с перекисью водорода — очень энергичный окислитель, более удобный, чем хромовая смесь.

Минеральные концентрированные кислоты и концентрированные растворы едких щелочей следует применять с учетом свойств загрязнений, избегая образования нерастворимых осадков с моющим средством.

Посуда считается вымытой чисто, если после двукратного ополаскивания дистиллированной водой на стенках не будут оставаться капли и вода будет стекать пленкой.

Сушка химической посуды: без нагревания — на колышках, на сушильном столе, продуванием холодного воздуха или при помощи низкокипящих органических растворителей, например вначале спиртом (метилловым или этиловым), потом эфиром и в заключение — продувание холодным воздухом. Без нагревания мелкие предметы можно высушить и в эксикаторе.

Высушивание с нагреванием — продуванием горячего воздуха или в сушильном шкафу при температуре около 105—110°C.

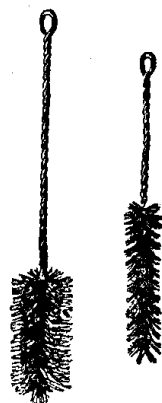


Рис. 50. Волосяные ерши.

Дистиллированная и деминерализованная вода

Для всех химических работ (приготовление растворов, ополаскивание химической посуды после мытья ее и пр.) применяют воду, не содержащую примесей. Такую воду получают перегонкой обычной воды, т. е. дистилляцией или деминерализацией при помощи ионного обмена, используя иониты (вначале воду пропускают через катионит, а затем — через анионит).

Для получения дистиллированной воды применяют специальные аппараты, например ПК-2 или Д-1 производительностью до 5 л/ч, или перегонные кубы. Для специальных работ применяют бидистиллят, т. е. дважды перегнанную воду. Дистиллированная вода требует специальных условий хранения и не может храниться долго в стеклянной посуде, так как загрязняется продуктами выщелачивания стекла. Применение лабораторных деминерализаторов (рис. 51) устраняет необходимость в создании запасов очищенной воды и хранения ее, так как деминерализованная вода может быть получена в любой момент и в любом количестве из обычной водопроводной воды.

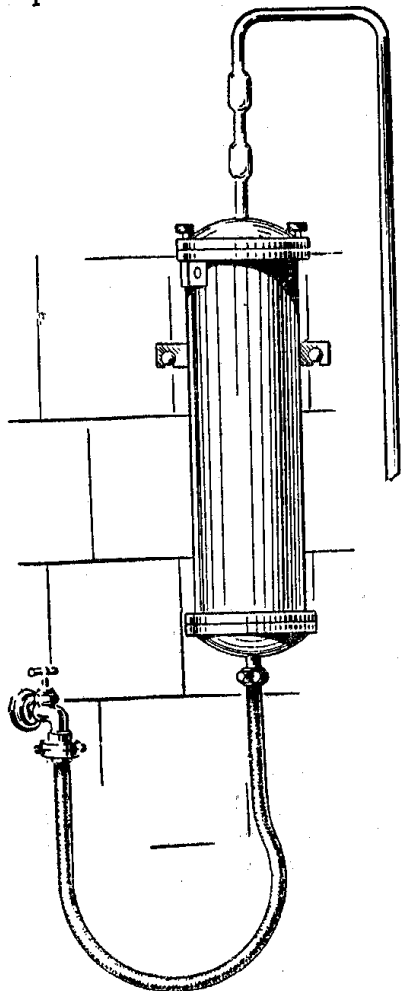


Рис. 51. Деминерализатор.

Реактивы

В зависимости от чистоты, т. е. содержания примесей, различают реактивы: очищенные, чистые, чистые для анализа, химически чистые, специальной очистки и высшей очистки. На каждый реактив, в зависимости от классификации, имеется ГОСТ. С реактивами следует обращаться осторожно, не загрязнять их и расходовать экономно.

Недопустимо: 1) оставлять реактивы в таре открытыми, не защищенными от попадания пыли, влаги при хранении, 2) собирать в ту же тару просыпавшийся на стол твердый реактив, 3) пробовать реактивы на язык, 4) оставлять тару без надписи, какой реактив находится в ней, 5) скапливать в лаборатории большие количества огнеопасных, взрывоопасных и ядовитых реактивов, 6) путать пробки от реактивов, 7) хранить рядом растворы аммиака и летучих кислот, таких, как соляная, азотная, уксусная и др., 8) работать с огнеопасными и взрывоопасными веществами вблизи от зажженных газовых и спиртовых горелок или включённых электроплиток с открытой спиралью.

Необходимо: 1) знать химические свойства реактивов, с которыми приходится работать, их вредность для здоровья, 2) предупреждать образование взрывоопасных или воспламеняющихся смесей с другими веществами; поэтому нельзя хранить в одном месте или рядом бертолетову соль, марганцовокислый калий, перекись водорода, концентрированную хлорную кислоту и другие окислители с такими веществами, как уголь, сера, крахмал, фосфор и другими веществами, обладающими восстановительными свойствами, 3) хранить под вытяжным шкафом все дурнопахнущие и вредные вещества, такие, как сероуглерод, хлористая сера и прочие органические и неорганические соединения и растворы.

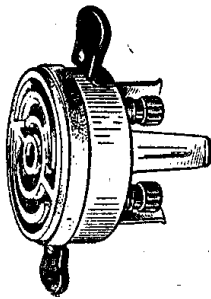


Рис. 52. Лабораторная электрическая плитка.

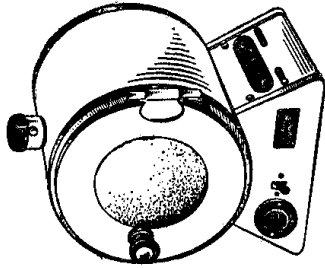


Рис. 55. Электрическая муфельная печь.

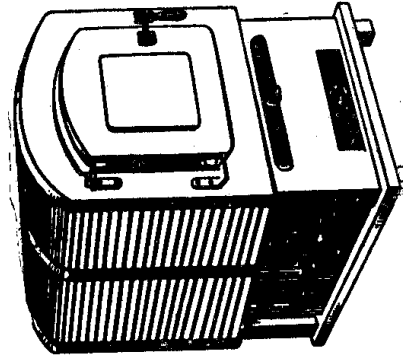


Рис. 54. Электрическая муфельная печь.

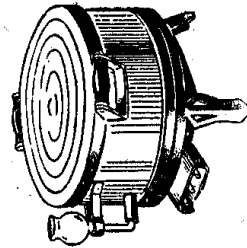


Рис. 53. Электрическая водяная баня.

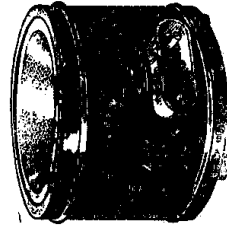


Рис. 56. Колбовый нагреватель.

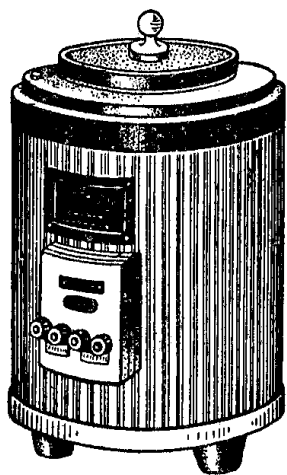


Рис. 57. Тигельная печь.

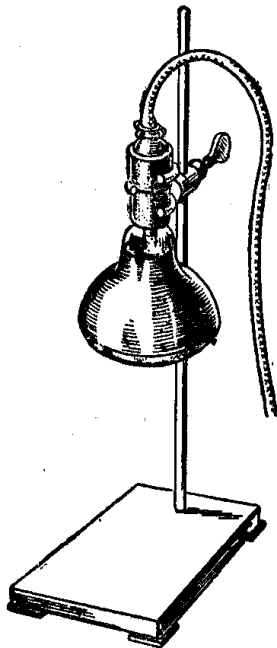


Рис. 58. Инфракрасный излучатель.

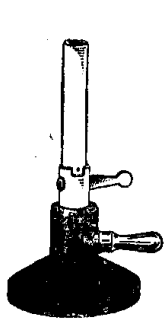


Рис. 59. Горелка Бунзена.

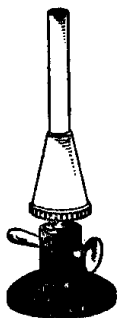


Рис. 60. Горелка Теклю.

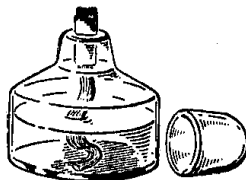


Рис. 61. Спиртовая горелка.

Нагревание

Электронагревательные приборы: плиты, водяные и песчаные бани, муфельные печи, тигельные печи, воронки для горячего фильтрования, колбонагреватели, трубчатые печи, сушильные шкафы, инфракрасные излучатели (рис. 52—58).

При пользовании *электронагревательными приборами* необходимо: 1) включать их в сеть с соответствующим напряжением, указанным на каждом приборе; 2) избегать перегревания; не обливать электронагревательные приборы, особенно с открытой спиралью, растворами электролитов; 3) соблюдать меры, предусмотренные техникой безопасности; 4) экономить электроэнергию.

Газовые приборы: горелки Бунзена, Теклю (рис. 59 и 60) и другие; газовые плиты — настольные и бытовые.

Расход газа: горелки Бунзена — 120—150 л/ч, горелки Теклю — 150—180 л/ч, газовые плиты — до 250 л/ч.

Жидкостные нагревательные приборы: спиртовые, (рис. 61), бензиновые, керосиновые (горелки Бартеля и пр.).

Нагревание осуществляют на твердом топливе: твердый спирт (метальдегид), уротропин, твердый бензин; через теплоносители: воду, водяной пар, солевые растворы, воздух, песок, масло и другие органические вещества с высокой температурой кипения, пары органических жидкостей с определенной температурой кипения, легкоплавкие металлы.

Нагревание горючих жидкостей голым пламенем горелки или на электроплитке открытого типа не допускается во избежание пожара. Такие жидкости нагревают только при помощи закрытых нагревательных приборов или бань, обогреваемых закрытыми электроплитками.

Прокаливание

Для этой цели пригодны указанные выше нагревательные приборы и, кроме того, муфельные, тигельные и шахтные печи с электрическим или газовым обогревом. Прокаливание бывает необходимо при проведении многих анализов (доведение тиглей до постоянного веса и др.), при озолении органических веществ, при многих неорганических синтезах и пр.

Весы и взвешивание

В химических лабораториях, в зависимости от характера проводимых работ, применяют весы: 1) для грубого взвешивания (с точностью до 1 г, рис. 62), 2) для точного взвешивания, или *технологические* (с точностью до 0,01 г, рис. 63), 3) *аналитические* (с точностью взвешивания минимально до 0,0002 г, рис. 64 и 65) и 4) *специальные*. В настоящее время развитие конструкций всех видов весов идет в направлении автоматизации процесса взвешивания и устранения ошибок, зависящих от взвешивающего. Кроме обычных типов весов старых конструкций, современные химические лаборатории постепенно оснащаются более совершенными весами отечественного производства АДВ-200, А-200, ВАО-200 (одноплечевые). Марки весов расшифровываются следующим образом: АДВ-200 — аналитические демпферные весы с предельной нагрузкой до 200 г; А-200 — аналитические, до 200 г; ВАО-200 — весы аналитические одноплечевые, до 200 г.

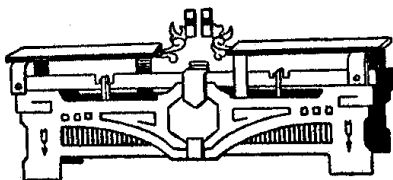


Рис. 62. Весы для грубого взвешивания.

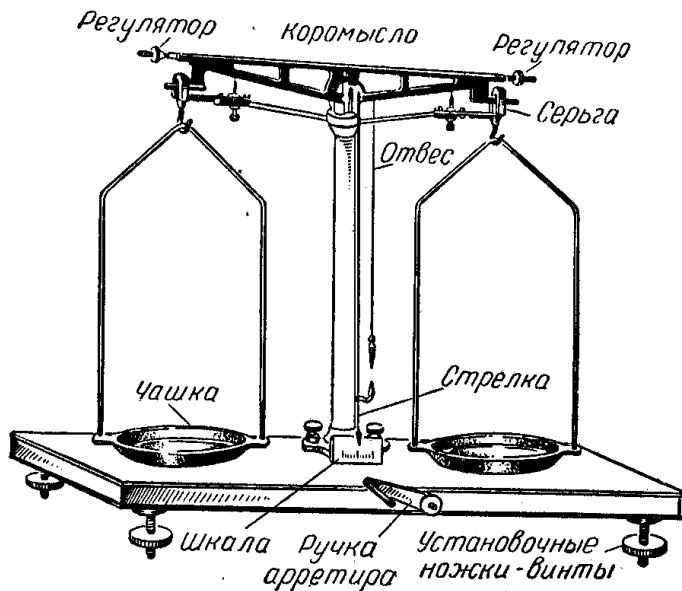


Рис. 63. Весы теххимические.

Для микрохимических работ применяют *микрохимические весы* (точность до 0,000001 г), а также электронные микровесы ЭМ-1 или ЭМ-5 (максимальная нагрузка 1 или 5 г).

У весов новейших конструкций наладывание миллиграммовых разновесок проводится полуавтоматически при помощи специальных лимбов. Поэтому разновесы для таких весов не имеют миллиграммовых гирек. *Автоматические электромагнитные весы* вообще не имеют разновесов, так как результаты взвешивания получаются автоматически и указываются на специальном табло.

Специальные весы используются только для определенных целей и для взвешивания преимущественно мелких навесок. Из них наиболее важными являются пробирные весы, применяемые для взвешивания благородных

Рейтерное приспособление

Коромысло

Опорная призма

Регулировочный груз

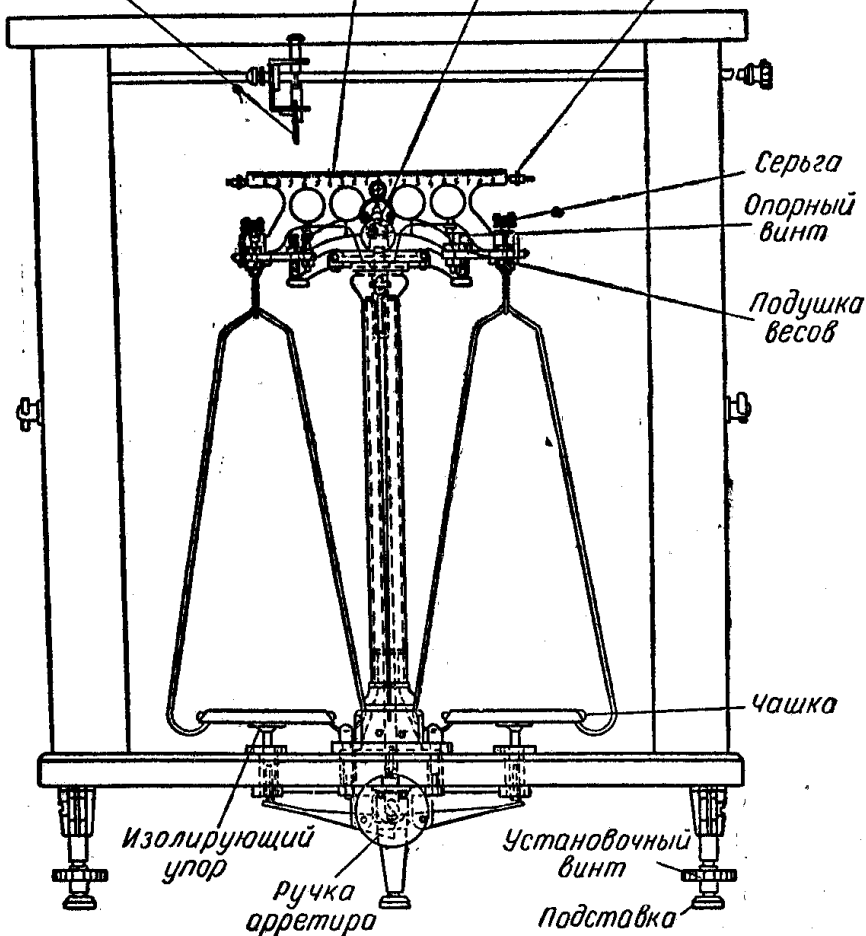


Рис. 64. Весы аналитические периодического качания.

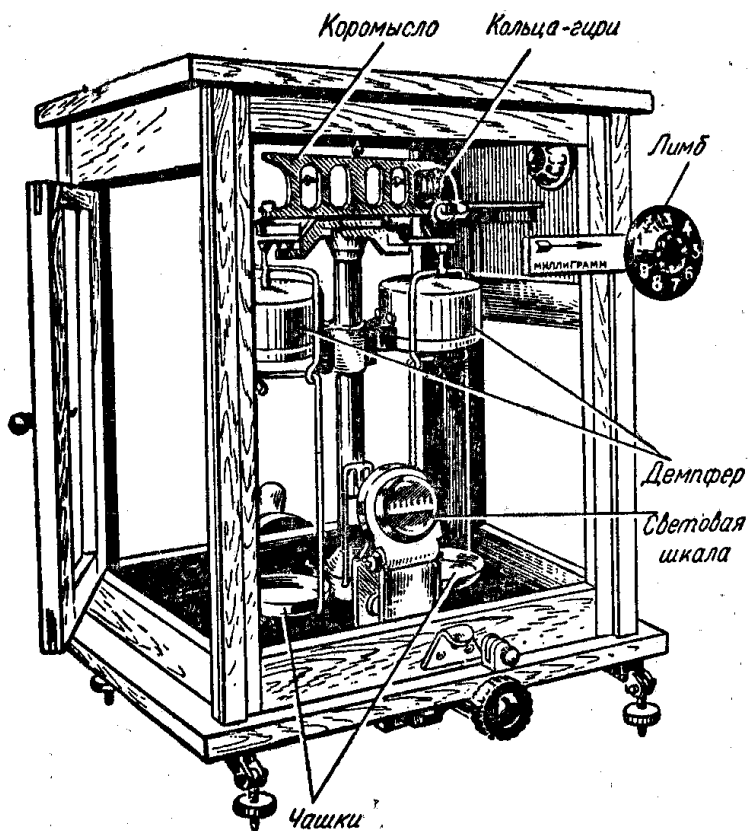


Рис. 65. Весы АДВ-200 (демпферные).

металлов и драгоценных камней (точность до $0,000001$ г) кварцантные и торсионные, или пружинные, весы. Для ультрамикрoхимических работ применяют особые ультрамикрoхимические весы (точность 10^{-9} — 10^{-12} г).

Обычные аналитические весы бывают: 1) периодического качания и 2) аперидического качания, или демпферные (т. е. с приспособлением для воздушного торможения).

Все виды аналитических и точных весов требуют очень аккуратного обращения. Взвешиваемый предмет должен иметь перед взвешиванием температуру весов. Поэтому все то, что подлежит взвешиванию, следует выдерживать около весов не менее получаса для выравнивания температуры. Взвешивание теплых, горячих или сильно охлажденных предметов на аналитических весах не разрешается, так как результаты взвешивания будут неправильными. Как взвешиваемый предмет, так и гири разновеса, особенно граммовые, следует помещать в центр чашек весов. Гири разновесок разрешается брать только при помощи пинцета с костяным или пластмассовым наконечником. На аналитических весах не разрешается взвешивать в открытой посуде жидкости или твердые тела, выделяющие пары или газы, действующие на металл, из которого сделано коромысло весов. К таким веществам относятся, например, соляная, азотная, плавиковая кислоты, иод, хлорная известь, которые взвешивают в специальных пипетках или ампулах, или в хорошо закрывающихся бюксах (стаканчики для взвешивания с притертой крышкой). Все тонко измельченные твердые вещества, особенно гигроскопические, следует взвешивать только в бюксах с хорошо притертой крышкой.

Перед взвешиванием на *аналитических* весах нужно обязательно проверить так называемую нулевую точку, т. е. положение равновесия ненагруженных весов, показываемое стрелкой на нижней шкале. Для проверки нулевой точки весов периодического качания (без демпфера) применяют формулу:

$$\frac{l_1 - 2l_2 + l_3}{4},$$

где l_1 — колебание вправо, l_2 — колебание влево, l_3 — следующее колебание вправо.

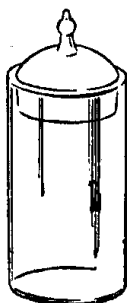
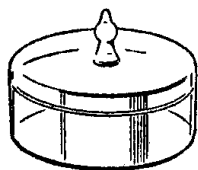


Рис. 66. Бюксы.

Формула приведена для случая, когда на нижней шкале нуль занимает среднее положение. Полученное значение покажет положение нуля весов, причем отклонение вправо считается с плюсом, а отклонение влево — с минусом. Если на

коромысле у обычных аналитических весов нуль стоит на середине, рейтер (гусарик) должен находиться на том плече коромысла, на котором висит чашка с разновесами. Совершенно недопустимо помещать рейтер на то плечо коромысла, на котором висит чашка со взвешиваемым предметом. Для ускорения взвешивания на аналитических весах рекомендуется вначале произвести приблизительное определение веса на точных или теххимических весах и уже уточнять навеску на аналитических. Взвешивание измельченных или порошкообразных веществ нельзя производить на бумажках, без тары, но только на часовом стекле, бюксе (рис. 66). После окончания взвешивания весы нужно оставлять в таком состоянии, чтобы можно было тотчас же производить следующее взвешивание. Аналитические весы должны находиться в специальной комнате — весовой. Аналитические весы нельзя помещать близко от нагревательных приборов, нельзя чтобы на них падал солнечный свет, чтобы вблизи работали машины или аппараты, вызывающие вибрацию стен или пола, и пр. Для гаше-



Рис. 67. Термометр химический.

ния вибрации устраивают специальные подставки для весов или подкладывают под ножки их подкладки из эластичных материалов, заложенных между двумя свинцовыми пластинками, или же применяют столы специальной конструкции с виброгасителями.

Измерение температуры

Жидкостные термометры. Ртутным термометром можно измерять температуру до 360°C , а газонаполненными — до 550 и даже до 700°C (рис. 67). Для измерения низких температур рабочими жидкостями могут быть: спирт (до -65°C), толуол (до -90°C), пентан (до -180°C).

Электрические термометры сопротивления, или болометры; термоэлектрические термометры, или термопары.

Оптические термометры, предназначенные для измерения температуры раскаленных тел, радиационные пирометры и оптические пирометры.

Для измерения температуры применяют также *термисторы*, или полупроводники, а также используется свойство некоторых веществ изменять свой цвет в зависимости от температуры, до которой они нагреты (термохимический метод измерения температуры).

Для автоматического контроля температуры применяют терморегуляторы и контактные термометры.

Термостаты и криостаты. Приборы, предназначенные для сохранения постоянной температуры в небольшом объеме, называют термостатами, если постоянная температура положительная, и криостатами, если постоянная температура отрицательная. В термостатах постоянная температура контролируется реле, включающим или выключающим нагревание. Для получения низких температур применяют охлаждающие смеси, сухой лед (твердая двуокись углерода), жидкие газы (азот). Последние пс-

пользуют в сосудах Дьюара, имеющих двойные стенки. Воздух из пространства между стенками откачан, и давление доведено до минимума.

Растворение

В зависимости от растворителя различают водные и неводные растворы.

Концентрацию растворов выражают несколькими способами: 1) в граммах вещества на 1 мл раствора, или титром, 2) в весовых процентах (числом граммов вещества на 100 г раствора), 3) в объемных процентах (или числом миллилитров жидкого вещества в 100 мл раствора), 4) количеством грамм-молекул вещества в 1 л раствора (молярная концентрация), 5) числом грамм-молекул (молей) вещества на 1 кг растворителя (моляльная концентрация), 6) количеством грамм-эквивалентов в 1 л раствора (нормальная концентрация).

Водные растворы готовят на дистиллированной или на деминерализованной воде, а иногда — на бидистилляте, т. е. на дважды перегнанной воде. Посуда для хранения растворов должна быть тщательно вымыта. Большие бутылки для хранения растворов полезно отградуировать на 0,5 или на 1 л. Все бутылки с растворами должны иметь наклеенные этикетки или надпись восковым карандашом с указанием, какой раствор содержится в бутылки, какова его концентрация и время приготовления. Необходимо принимать меры к предупреждению загрязнения растворов, их испарения и порчи или изменения состава в результате воздействия света, воздуха и других факторов. Поэтому каждый сосуд с раствором должен быть хорошо закрыт своей пробкой. Светочувствительные растворы, например нитрат серебра AgNO_3 , тиосульфат натрия (гипосульфит) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, перманганат калия KMnO_4 и другие, следует сохранять в темноте, в бутылках из желтого стекла

или черных, оклеенных плотной бумагой, покрытой черным лаком. Растворы, на которые могут действовать газы (CO_2 , H_2S и другие), должны храниться в бутылках, снабженных хлоркальциевыми трубками, наполненными соответствующими поглотителями.

Многие растворы не могут храниться долго, так как вещества в них подвергаются распаду или изменению, например окислители и восстановители. Запасов таких растворов делать не следует.

Для приготовления водных растворов применяют сухие вещества только той кондиции, которая требуется для данной работы. Так, для обычных работ в лаборатории, особенно учебных, можно пользоваться реактивами марки «чистый» (ч.), для аналитических работ — только реактивами с маркой «ч. д. а.» (чистый для анализа) и т. д. Если растворяемое вещество содержит примесь нерастворимых веществ, приготовленному раствору дают отстояться и полученный чистый раствор сливают при помощи сифона или иным путем в заранее заготовленную чистую посуду, стараясь не захватить отстоявшийся осадок.

Расчеты при приготовлении растворов процентной концентрации

а) Какое количество вещества необходимо для приготовления G раствора концентрации c ?

$$x = \frac{G \cdot c}{100} (г).$$

Количество воды, требующейся в данном случае, равно

$$G - x (см^3)$$

б) Какое количество вещества необходимо для приготовления V см³ раствора концентрации c ? Находят в таблицах плотность раствора ρ .

$$x = \frac{V \cdot \rho \cdot c}{100} (g).$$

Отвешенное количество твердого вещества растворяют сначала в небольшом объеме воды, а потом доводят до заданного.

При использовании кристаллогидратов вначале рассчитывают на безводную соль и полученную величину пересчитывают на кристаллогидрат.

Расчеты при приготовлении растворов нормальной концентрации

а) Количество вещества a , нужное для приготовления нормального раствора, определяют по формуле:

$$a = \frac{n \cdot V \cdot g\text{-экв}}{1000},$$

где n — заданная нормальность, V — заданный объем, $g\text{-экв}$ — грамм-эквивалент вещества, точный или нормальный раствор которого нужно приготовить.

б) Зависимость между титром и нормальностью выражается формулой:

$$T = \frac{a}{V},$$

где T — титр, a — навеска вещества, V — объем в cm^3 .
Отсюда:

$$a = T \cdot V;$$

$$n = \frac{T \cdot 1000}{g\text{-экв}}.$$

Разбавление растворов

а) Разбавить g г раствора концентрации c_1 (%) до концентрации c_2 . Количество разбавленного раствора:

$$x = \frac{gc_1}{c_2}.$$

Количество воды, нужной для разбавления:

$$y = \frac{g \cdot c_1}{c_2} - g = g \left(\frac{c_1}{c_2} - 1 \right).$$

б) Смешать два раствора одного и того же вещества концентраций c_1 и c_2 для получения раствора концентрации c_3 , q — вес первого раствора, x — вес второго раствора

$$x = \frac{q \cdot (c_3 - c_1)}{c_2 - c_3}.$$

Растворение в органических растворителях (эфир, спирты, углеводороды, бензол и другие) производят при соблюдении мер предосторожности, связанных с огнеопасностью и вредностью для здоровья.

Фильтрование

Твердая фаза, остающаяся на фильтре, называется осадком, а жидкость, прошедшая через фильтр, — фильтратом. В качестве фильтрующих материалов применяют пористые или волокнистые неорганические и органические вещества; кварцевый песок различной крупности, керамические, неглазурованные фарфоровые фильтры, стеклянное волокно, фильтровальную бумагу различной плотности, различные текстильные материалы, синтети-

ческие волокна и ткани из них, особенно фторопласты и полиэтилен, и др. Последние особенно удобны для фильтрования агрессивных жидкостей — концентрированных минеральных кислот и щелочей.

Фильтрование проводится: 1) при обыкновенном давлении, 2) при уменьшенном давлении (под вакуумом), 3) при нагревании, 4) при охлаждении, 5) под повышенным давлением, 6) в атмосфере инертного газа.

1. Для фильтрования при обыкновенном давлении применяют стеклянные воронки, причем при выборе воронки нужно руководствоваться не количеством жидкости, подлежащей фильтрованию, а количеством осадка, который соберется на фильтре. В зависимости от величины частиц осадка применяют фильтровальную бумагу различной плотности. Различают фильтровальную бумагу по ленте на пачке. Самая неплотная, легко фильтрующая — с розовой лентой, средней плотности — с белой лентой и плотная для мелких осадков типа серноокислого бария — с синей лентой.

Фильтр должен быть уложен в воронку так, чтобы край фильтра не доходил до края воронки, а жидкость с осадком наливают так, чтобы уровень жидкости не доходил до края фильтра самое меньшее на 10 мм. Наливать жидкость с осадком в воронку на фильтр следует при помощи стеклянной палочки. Нагретые жидкости фильтруются легче, чем холодные. Для увеличения площади фильтра применяют так называемые складчатые или плетеные фильтры.

Если в качестве фильтрующего материала применяют не фильтровальную бумагу, а волокнистые или сыпучие материалы, то вначале в воронку закладывают небольшой слой соответствующей ваты (хлопчатобумажной или стекловолкна, из синтетических или искусственных волокон), а поверх ваты насыпают, например, очищенный кварцевый песок. Щелочи фильтровать через бумажные

или хлопчатобумажные фильтры нельзя. Для этой цели непригоден и кварцевый песок. Щелочам дают отстояться, а потом раствор сифонируют в чистую подготовленную посуду.

Фильтрация под вакуумом ускоряет операцию. Для проведения его собирают прибор, состоящий из толстостенной колбы Бунзена, фарфоровой воронки Бухнера или фарфоровой сетки, вложенной в стеклянную воронку, и предохранительной склянки или другого предохранительного устройства, помещенного между колбой Бунзена и вакуум-насосом (водяным или масляным). В воронку Бухнера помещают фильтрующий материал — два слоя фильтровальной бумаги. Вначале фильтрующую поверхность смачивают раствором, например водой, создают небольшое разрежение при помощи вакуум-насоса и убеждаются, что фильтр плотно прилегает к сетке воронки. Если это не достигнуто — фильтровать нельзя. На плотно прилегающий фильтр осторожно выливают жидкость с осадком, который требуется отфильтровать. Переполнять воронку не рекомендуется. Давать слишком большое разрежение также не следует. Для фильтрации удобно пользоваться вместо воронки Бухнера стеклянными воронками с вплавленной пористой пластинкой (рис. 68) или такими же тигель-нучами. Последние бывают четырех номеров. Самый крупнопористый — № 1, самый мелкопористый — № 4 (величина пор порядка 10 мк).

При работе с водоструйным вакуум-насосом следует наблюдать за тем, чтобы не происходило перебрасывания воды в предохранительную склянку, а из нее — в колбу Бунзена. Если это произойдет, фильтрация

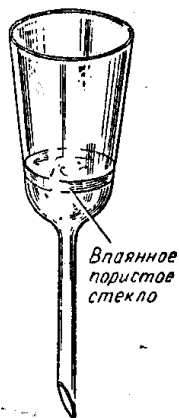


Рис. 68. Стеклянная воронка с вплавленной пористой пластинкой.

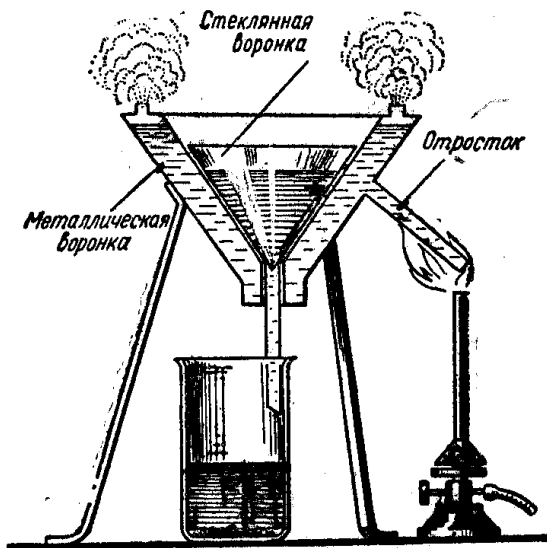


Рис. 69. Воронка для горячего фильтрования.

следует прекратить, отъединив колбу Бунзена от предохранительной склянки. К фильтрованию можно будет приступить только тогда, когда вся вода из последней будет отсосана вакуум-насосом.

Фильтрование при нагревании бывает необходимо: 1) при перекристаллизации твердых веществ, 2) если при обычной температуре жидкость имеет высокую вязкость. В этих случаях для фильтрования применяют специальную обогреваемую воронку для горячего фильтрования, представляющую собой двухстенную металлическую воронку с боковым отростком для обогрева газовой горелкой или электрической спиралью, введенной внутрь отростка. Между стенками наливают воду или другую жидкость, в зависимости от температуры, до которой требуется нагревать (рис. 69). Более

удобны воронки для горячего фильтрования с электрообогревом.

В обогреваемую воронку вставляют стеклянную подходящего размера, в которую помещают фильтровальную бумагу или другой фильтрующий материал, в зависимости от свойств фильтрующейся жидкости или раствора. Под воронку ставят приемник в виде кристаллизатора (при перекристаллизации) или химический стакан. При фильтровании горячих растворов в органических растворителях, особенно легкогорючих, горелка под отростком должна быть потушена или закрыта предохранительной сеткой.

Промывание осадков можно производить на фильтре или с применением декантации. Промывание на фильтре производят периодическим добавлением к осадку промывной жидкости или воды. После того как прилитая жидкость стечет, добавляют новую порцию ее и так поступают много раз. Через несколько промываний проверяют фильтрат на присутствие промываемого иона соответствующей химической реакцией. Промывание прекращают тогда, когда проба фильтрата дает отрицательную реакцию на отмываемый ион. Для промывания лучше применять нагретые или горячие жидкости. Промывание на фильтре обычно занимает много времени. Добавление воды на фильтр для промывания осадка производят при помощи промывалок, причем струей воды следуют сбивать осадок с краев фильтра к центру.

Промывание с применением декантации состоит в том, что полученному после реакции осадку дают отстояться в том сосуде, в котором производилось осаждение, и сливают с осадка (декантируют) жидкость по палочке на фильтр, вложенный в воронку. Жидкость следует сливать возможно полнее. После этого к осадку приливают горячую воду или другую промывную жидкость в таком же количестве, сколько было слито, перемешивают осадок

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

| периоды | ряды | г р у п п ы | | | | | э л е м е н т ы | | | | | | | | |
|---|------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | | 0 | | | | |
| I | 1 | 1 H водород 1,008 | | | | | | | (H) | | | 2 He гелий 4,003 | | | |
| II | 2 | 3 Li литий 6,940 | 4 Be бериллий 9,013 | 5 B бор 10,82 | 6 C углерод 12,011 | 7 N азот 14,007 | 8 O кислород 16 | 9 F фтор 19,00 | | | | 10 Ne неон 20,183 | | | |
| III | 3 | 11 Na натрий 22,991 | 12 Mg магний 24,32 | 13 Al алюминий 26,98 | 14 Si кремний 28,09 | 15 P фосфор 30,97 | 16 S сера 32,066 | 17 Cl хлор 35,457 | | | | 18 Ar аргон 39,944 | | | |
| IV | 4 | 19 K калий 39,100 | 20 Ca кальций 40,08 | 21 Sc скандий 44,96 | 22 Ti титан 47,90 | 23 V ванадий 50,94 | 24 Cr хром 52,01 | 25 Mn марганец 54,94 | 26 Fe железо 55,85 | 27 Co кобальт 58,94 | 28 Ni никель 58,71 | | | | |
| | 5 | 29 Cu медь 63,54 | 30 Zn цинк 65,38 | 31 Ga галлий 69,72 | 32 Ge германий 72,60 | 33 As мышьяк 74,92 | 34 Se селен 78,96 | 35 Br бром 79,916 | | | | 36 Kr криптон 83,80 | | | |
| V | 6 | 37 Rb рубидий 85,48 | 38 Sr стронций 87,63 | 39 Y иттрий 88,92 | 40 Zr цирконий 91,22 | 41 Nb ниобий 92,91 | 42 Mo молибден 95,95 | 43 Tc технеций [97] | 44 Ru рутений 101,1 | 45 Rh родий 102,91 | 46 Pd палладий 106,4 | | | | |
| | 7 | 47 Ag серебро 107,88 | 48 Cd кадмий 112,41 | 49 In индий 114,82 | 50 Sn олово 118,70 | 51 Sb сурьма 121,75 | 52 Te теллур 127,61 | 53 I иод 126,91 | | | | 54 Xe ксенон 131,30 | | | |
| VI | 8 | 55 Cs цезий 132,91 | 56 Ba барий 137,36 | 57 La* лантан 138,92 | 72 Hf гафний 178,50 | 73 Ta тантал 180,95 | 74 W вольфрам 183,86 | 75 Re рений 186,22 | 76 Os осмий 190,2 | 77 Ir иридий 192,2 | 78 Pt платина 195,09 | | | | |
| | 9 | 79 Au золото 197 | 80 Hg ртуть 200,61 | 81 Tl таллий 204,39 | 82 Pb свинец 207,21 | 83 Bi висмут 209 | 84 Po полоний [210] | 85 At астат [210] | | | | 86 Rn радон [222] | | | |
| VII | 10 | 87 Fr франций [223] | 88 Ra радий [226] | 89 Ac** актиний [227] | (Th) | (Pa) | (U) | | | | | | | | |
| высшие солеобразующие окислы | | R₂O | RO | R₂O₃ | RO₂ | R₂O₅ | RO₃ | R₂O₇ | RO₄ | | | | | | |
| высшие газобразные водородные соединения | | | | | RH₄ | RH₃ | RH₂ | RH | | | | | | | |
| * лантаноиды | | 58 Ce церий 140,13 | 59 Pr празеодим 140,92 | 60 Nd неодим 144,27 | 61 Pm прометий [147] | 62 Sm самарий 150,35 | 63 Eu европий 152,0 | 64 Gd гадолиний 157,26 | 65 Tb тербий 158,93 | 66 Dy диспрозий 162,51 | 67 Ho гольмий 164,94 | 68 Er эрбий 167,27 | 69 Tm тулий 168,94 | 70 Yb иттербий 173,04 | 71 Lu лютеций 174,99 |
| ** актиноиды | | 90 Th торий 232,05 | 91 Pa протактиний [231] | 92 U уран 238,07 | 93 Np нептуний [237] | 94 Pu плутоний [242] | 95 Am америций [243] | 96 Cm кюрий [247] | 97 Bk берклий [247] | 98 Cf калифорний [249] | 99 Es эйнштейний [254] | 100 Fm фермий [253] | 101 Md менделеевий [256] | 102 No нобелий [259] | 103 Lw лоуренсий [257] |

стеклянной палочкой и снова дают отстояться. Операцию повторяют 3—4 раза. После последнего сливания из последней порции жидкости, вытекающей из воронки, берут 2—3 капли промывной воды (филтрат) и проверяют на отмываемый ион. Если он обнаруживается, операцию повторяют еще один раз и снова производят проверку. Промывание с применением декантации позволяет провести промывание осадка сравнительно быстро. Осадки следует промывать вскоре после осаждения и не оставлять их для фильтрования до следующего дня. Необходимо учитывать, что при промывании осадков, особенно горячей водой или другими промывными жидкостями, происходят потери вследствие растворимости вещества осадка. Поэтому при промывании на фильтре выгоднее промывать много раз, но малыми порциями промывной жидкости, чем применять сразу большой объем воды. Так, лучше промыть 10 раз, используя каждый раз по 10 см^3 воды, чем два раза по 50 см^3 .

Дистилляция, или перегонка

Важнейшими видами перегонки являются: 1) перегонка под обычным давлением, 2) перегонка под уменьшенным давлением, или вакуум-перегонка, 3) перегонка с водяным паром.

При перегонке под обычным и уменьшенным давлением нужно принимать меры, предупреждающие внезапное вскипание и броски кипящей жидкости, вызывающие толчки. В качестве мер предупреждения подобных явлений в жидкость помещают так называемые кипелки (кусочки пемзы, неглазурованного фарфора, спрессованные диски из стеклянной ваты и пр.). При вакуум-перегонке вместо кипелок через жидкость пропускают при помощи капиллярной трубки очень тонкую струю воздуха (1—2 пузырька в секунду).

Перегонку под обычным давлением проводят при помощи прибора, состоящего из колбы Вюрца (рис. 70—71), холодильника и приемника. При перегонке жидкостей с температурой кипения до 150°C применяют холодильник Либиха с водяным охлаждением, а при перегонке жидкостей с температурой кипения выше 150°C — холодильники с воздушным охлаждением (холодильные трубки). Жидкость, подлежащая перегонке, должна занимать не более $\frac{2}{3}$ объема колбы. В горло колбы вставляют пробку с термометром, ртутный шарик которого должен находиться на уровне отводной трубки колбы Вюрца или немного ниже его. В качестве приемников могут применяться различные колбы, стаканы и пр. Полезно на нижний конец холодильника надевать аллонж. Колба Вюрца и холодильник крепятся на отдельных штативах.

При фракционной, или дробной, перегонке, когда приходится разделять смесь жидкостей с различными температурами кипения, применяют дефлегматоры, вставляемые на пробке в горло круглодонных колб соответствующего размера. В настоящее время для дробной перегонки с большим успехом применяют

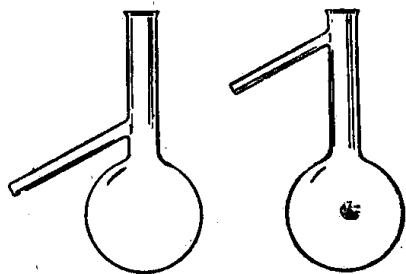


Рис. 70. Колбы Вюрца.

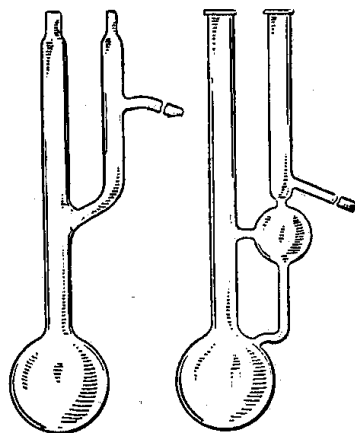


Рис. 71. Колбы Кляйзена и Арбузова для перегонки под вакуумом.

колонки полной конденсации, позволяющие производить более точное разделение жидкостей по температурам кипения.

Перегонку огнеопасных жидкостей производят с особой осторожностью на предварительно нагретой водяной или иной бане, не применяя для нагревания открытого пламени газовой горелки или электроплитки с открытой спиралью. При обычном давлении перегоняют только те вещества, которые при нагревании до температуры кипения не претерпевают каких-либо изменений и не разлагаются.

Для перегонки под уменьшенным давлением или вакуум-перегонки собирают прибор, состоящий из колбы Кляйзена или колбы Арбузова (рис. 71), снабженной капилляром и термометром, холодильника, специального приемника, приспособленного для работы с вакуумом, манометра, стеклянного трехходового крана и предохранительной склянки Вульфа, помещенной между вакуум-насосом и манометром. Соединение частей прибора производится или при помощи резиновых пробок, или на шлифах, причем резиновые пробки рекомендуется слегка смазать касторовым маслом. Вакуум-перегонке подвергают вещества, не выдерживающие нагревания до высокой температуры при нормальном давлении и распадающиеся при этом.

Для перегонки с водяным паром применяют прибор, состоящий из парообразователя (паровичка), водоотделителя, перегонной колбы, холодильника и приемника. Влажный пар, получаемый из паровичка, проходит через водоотделитель, где собирается захватываемая паром вода. Значительно обезвоженный пар поступает в обогреваемую перегонную колбу, захватывает перегоняемое вещество и поступает в холодильник, откуда попадает в приемник, в котором происходит разделение фаз. Перегонка с водяным паром имеет преимуще-

ство перед обычной перегонкой в том, что она может быть избирательной, так как одни нерастворимые в воде вещества перегоняются с паром, другие же не перегоняются.

После окончания перегонки вначале отъединяют перегонную колбу от парообразователя (паровичка), а затем прекращают нагревание паровичка и перегонной колбы. Перегон, состоящий из двух слоев (если перегонялась жидкость), разделяют при помощи делительной воронки. Если с паром отгонялось твердое вещество, выпадающие в приемнике кристаллы отделяют или сливанием воды с осадка, или же фильтрованием. Иногда для выделения из воды растворенных в ней жидких органических веществ применяют прием высаливания — добавление твердой поваренной соли в водный раствор до насыщения, а для выделения твердых веществ чаще всего используют прием экстрагирования органическими растворителями. Последним приемом можно пользоваться и для выделения жидких органических веществ из водных растворов.

Сублимация, или возгонка

Сравнительно небольшая группа веществ, как неорганических, так и органических, обладает свойством переходить, минуя стадию жидкого состояния, из твердого состояния в пар, способный превращаться в твердое тело. Сублимироваться, или возгоняться, могут: иод, некоторые соли аммония, нафталин и пр. Простейшим прибором для сублимации, или возгонки, может служить химический стакан без носика, на дно которого помещают вещество, подлежащее сублимации. Сверху стакан закрывают часовым стеклом или круглодонной колбой подходящего размера. На часовое стекло или в колбу наливают холодную воду или кладут кусочки льда.

Нагревание стакана ведут, в зависимости от требуемой температуры, на песочной бане, на плитке или обогревают газовой горелкой через асбестированную сетку. Сублимируемое вещество конденсируется на охлаждаемой поверхности.

Экстрагирование

Под экстрагированием подразумевается процесс извлечения из смеси каких-либо жидких или твердых веществ. Различают экстрагирование твердых веществ (система «твердое — жидкость») и

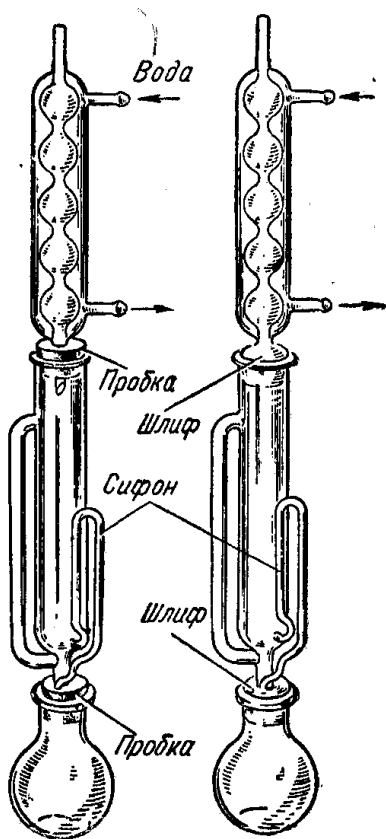


Рис. 72. Аппарат Сокслета для экстрагирования.

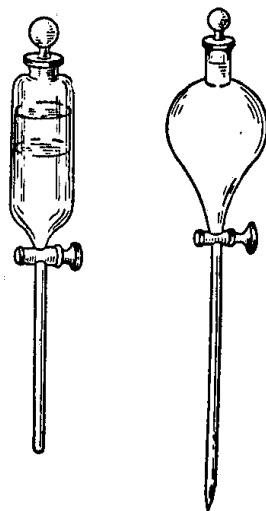


Рис. 73. Делительные воронки.

экстрагирование жидкостей (система «жидкость — жидкость»).

Для экстрагирования твердых веществ применяют специальные аппараты, из которых наибольшим распространением пользуется аппарат Сокслета (рис. 72).

Он состоит из колбы для растворителя, экстрактора и шарикового холодильника. При нагревании колбы пары растворителя охлаждаются в холодильнике. Образующийся пар-конденсат попадает в экстрактор, в который предварительно помещают экстрагируемое вещество. Когда жидкость в экстракторе достигнет определенного уровня, она стекает снова в колбу и процесс повторяется.

Экстрагирование жидкостей производят при помощи делительной воронки или при помощи специальных аппаратов.

В делительную воронку (рис. 73) до половины наливают подлежащую экстрагированию жидкость, затем — растворитель в таком количестве, чтобы общий объем жидкостей составлял не более 0,8 объема делительной воронки. После этого воронку закрывают пробкой и встряхивают, придерживая сливной кран и пробку. Встряхивание можно механизировать, применяя различные встряхиватели. В качестве растворителей применяют различные органические жидкости, нерастворимые в воде: диэтиловый эфир, бензол, хлорпроизводные углеводороды, такие, как четыреххлористый углерод, дихлорэтан и пр.

Выпаривание

Так называют операцию полного или частичного удаления растворителя из раствора какого-либо вещества с целью выделения последнего или повышения концентрации раствора. Выпаривание жидкости производят в фарфоровых или других выпарительных чашках при на-

гревании, лучше всего на водяной бане, как более осторожном способе нагревания, или на другой бане, в зависимости от свойств растворителя. При выпаривании растворов в органических растворителях полезно вначале повысить концентрацию раствора, отогнав большую часть растворителя обычным приемом перегонки (см. «Дистилляция»). Сконцентрированный раствор выливают из перегонной колбы в выпарительную чашку и заканчивают выпаривание в ней, принимая меры к тому, чтобы пары органического растворителя не воспламенились и не попали в рабочее помещение (работа в вытяжном шкафу). Вещества, нестойкие при нагревании, выпаривают с применением вакуума.

Кристаллизация

Кристаллизация является одним из методов получения чистых веществ. В основе метода лежит изменение растворимости кристаллических веществ в зависимости от температуры. Повторение кристаллизации называют перекристаллизацией. Вещество, подлежащее кристаллизации, вначале растворяют в выбранном растворителе (вода или органический растворитель) при нагревании на водяной бане, добиваясь получения насыщенного раствора при максимально высокой температуре для данной системы. Затем полученный раствор отфильтровывают, применяя воронку для горячего фильтрования. В качестве приемника обычно служит кристаллизатор, охлаждаемый льдом или холодной водой. При охлаждении фильтра из него выпадает растворенное вещество в виде кристаллов. При быстром охлаждении образуются мелкие кристаллы, а при медленном — крупные. Выпавшие кристаллы отделяют фильтрованием на воронке Бухнера. Фильтрат, являющийся насыщенным раствором выделяемого вещества, следует упарить и снова охладить, в ре-

зультате чего можно выделить еще некоторую порцию нужного вещества. Из полученных кристаллов можно получить новый насыщенный раствор, из которого при охлаждении выпадут кристаллы второй кристаллизации, по составу более чистые, чем полученные после первой кристаллизации. Отфильтрованные кристаллы высушиваются и сохраняются в хорошо закрытой посуде. Для охлаждения кристаллизаторов можно применять, кроме льда и холодной воды, охлаждающие смеси, как смесь льда или снега с поваренной солью, с хлористым кальцием, а также, в особых случаях, сухой лед (твердую двуокись углерода).

Высушивание

Высушивание газов производят путем пропускания их *через твердые поглотители*, например прокаленный хлористый кальций поглощает воду, а такие адсорбенты, как окись алюминия и другие, пригодны и для поглощения паров органических веществ; *через жидкие поглотители*, например концентрированную серную кислоту. Для высушивания газов применяют наполненные поглотителем хлоркальциевые трубки, склянки Тищенко, поглотительные колонки, газопромыватели и пр.

Высушивание твердых веществ можно производить на открытом воздухе, при обычной температуре, за счет естественного испарения влаги до тех пор, пока не установится равновесие во влажности с окружающим воздухом. Для высушивания на открытом воздухе очень важно, чтобы поверхность высушиваемого вещества была как можно больше. Поэтому, если высушивается кристаллическое вещество, его рассыпают тонким слоем на листе чистой фильтровальной бумаги и закрывают сверху таким же листом, чтобы предохранить от загрязнения. Время от времени высушиваемую массу перемешивают фарфоровой лопаткой (шпателем) или стеклянной палочкой.

Высушенные кристаллы пересыпают в чистую банку и плотно закрывают пробкой.

Для высушивания при нагревании и атмосферном давлении используют сушильные шкафы без автоматического регулирования температуры и с автоматическим регулированием ее. Удаление кристаллизационной воды и воды связанной у различных веществ происходит при температурах, иногда значительно превышающих 100°C . Высушивание при нагревании таких веществ производят при температуре не ниже $105\text{--}110^{\circ}\text{C}$.

Нередко вещества, из которых нужно удалить воду, не выдерживают нагревания, распадаясь или изменяя состав под воздействием температуры. Такие вещества высушивают при низкой температуре, но при уменьшенном давлении. Для этого применяют специальные вакуум-сушильные шкафы, позволяющие производить высушивание при заданных условиях.

Высушивание в эксикаторе, содержащем водопоглощающее вещество, — сравнительно длительный способ, проводится чаще при обычной температуре. Однако существуют эксикаторы и с электроподогревом.

Высушивание при помощи ламп инфракрасного излучения — наиболее быстрый способ сушки, позволяющий легко регулировать температуру, при которой производится высушивание, расстоянием высушиваемого вещества от лампы инфракрасного излучения. Для этого применяют установку, состоящую из штатива и укрепленного на нем подвижного рефлектора с лампой инфракрасного излучения. Этим способом быстро высушивают небольшие количества вещества.

Определение плотности

Определение плотности чаще всего производят при помощи ареометров. Различают ареометры для жидко-

стей легче воды (рис. 74) и для жидкостей тяжелее воды (рис. 75). У ареометров первого типа отсчет шкалы производится от 1,000 до 0,700 и реже ниже. У ареометров второго типа шкала имеет деления от 1,000 и выше. Обычно в лабораториях бывают наборы ареометров для измерения плотности от 1,000 до 1,900 с интервалом 0,200. Измерение плотности ареометром проводят при стандартной температуре 20°C. Если измерение было проведено при другой температуре, результаты приводят к стандартным путем введения соответствующих поправок.

Для измерения плотности ареометром применяют специальные цилиндры емкостью не менее 0,75 л. Жидкость наливают в цилиндр так, чтобы уровень ее не доходил до края на несколько сантиметров. Ареометр осторожно опускают в жидкость, так, чтобы он был расположен на одинаковом расстоянии от стенок, не допуская, чтобы он касался дна цилиндра. Температуру измеряют перед тем, как ареометр будет помещен в жидкость.

После окончания измерения ареометр вынимают из жидкости, осторожно обмывают и обтирают его и помещают в футляр.



Рис. 74.
Ареометр для определения плотности жидкостей легче воды.



Рис. 75.
Ареометр для определения плотности жидкостей тяжелее воды.

О безопасности при работе в химической лаборатории

Рабочее место необходимо поддерживать в чистоте, не загромождать ненужной посудой и приборами.

Совершенно недопустимо пробовать реактивы на вкус или нюхать из сосуда, в котором хранится какое-либо вещество. Нельзя пить воду из химической посуды, бывшей в употреблении.

Отравления

Работать с ядовитыми, вредными для здоровья и дурно пахнущими газами и парами обязательно в вытяжном шкафу, а не просто в помещении. Недопустимо выпаривание кислот и растворов веществ, содержащих аммиак, хлор, бром, иод, сероводород, органические растворители, прямо на рабочем столе, в открытом помещении.

К сильно ядовитым газам и парам относятся: пары синильной, азотной, соляной кислот; газообразные фтор, хлор, бром, мышьяковистый и сурьмянистый водород, сероводород; многие органические вещества (очень часто — растворители) и др. Перезарядку аппарата Киппа следует производить обязательно в вытяжном шкафу. Работать со ртутью, пары которой крайне вредны, следует так, чтобы не разливать ее; переливать ртуть нужно на противне, имеющем борта. Поверхность ртути в сосуде при хранении должна быть покрыта слоем воды, чтобы предупредить испарение. После работы необходимо тщательно мыть руки.

Ожоги

Ожоги могут быть тепловыми и химическими. *Тепловые ожоги* возникают при неаккуратном обращении с нагретыми до высокой температуры предметами и с нагрева-

тельными приборами. Предметы, нагретые до высокой температуры, нельзя брать незащищенными руками или не применяя каких-либо приспособлений (ухватки, щипцы, держатели и пр.). Горячие стаканы и колбы следует брать или переносить, защищая пальцы рук резиновыми напальчниками или применяя полотенце, причем один конец последнего, сложенный в 2—3 раза, следует подкладывать под дно стакана или колбы, придерживая другим концом за стенку стакана или шейку колбы.

При тепловых ожогах на обожженное место следует тут же наложить ватный тампон, смоченный раствором марганцовокислого калия, спирта, или специальной мази от ожогов, или раствором уротропина.

Химические ожоги могут происходить при попадании на кожу концентрированных кислот, особенно серной, или таких же растворов едких щелочей и некоторых других веществ. Особенно опасно действие концентрированной серной кислоты и твердых едких щелочей, вызывающих трудно заживающие ожоги тканей. При попадании на кожу рук или других частей тела кислот или щелочей это место немедленно обмывают большим количеством воды, лучше всего при помощи резиновой трубки, надетой на водопроводный кран, направляя струю воды на обожженную поверхность, после этого тотчас же обмывают в случае ожога кислотами: 5—6-процентным раствором углекислого натрия или аммония, а при ожогах щелочами — 2—3-процентным раствором уксусной кислоты. При сильном ожоге пострадавшее место смазывают специальной мазью и забинтовывают.

При разбавлении кислот и приготовлении их растворов следует *осторожно приливать кислоту в холодную воду*, тонкой струей, перемешивая раствор. Совершенно недопустимо приливать воду к концентрированной серной кислоте, так как в этом случае может произойти

разбрызгивание, а капли ее, попавшие на кожу, вызовут тяжелые ожоги.

При измельчении твердых едких щелочей (NaOH и KOH) голову обязательно повязывают косынкой, надевают предохранительные очки и резиновые перчатки. Халат должен быть с пуговицами или завязками сзади. Растворение твердых едких щелочей всегда сопровождается сильным повышением температуры. Из этих соображений растворение их не рекомендуется производить в толстостенной стеклянной посуде, лучше это делать в фарфоровой.

Взрывы

Совершенно недопустимо смешивать и растирать бертолетову соль, марганцовокислый калий, перекись натрия и другие окислители с органическими веществами.

Взрыв может произойти при прокаливании в токе водорода, при зарядке аккумуляторов, при работе с некоторыми органическими веществами, с легко горючими воспламеняющимися веществами. Очень опасны взрывы закрытой стеклянной посуды, так как разлетающиеся осколки могут вызвать серьезные и глубокие раны, а также могут повредить глаза. Во избежание этого работы, опасные на взрыв, производят обязательно в предохранительных очках из бесосколочного стекла и в спецодежде. В тех случаях, когда проводится реакция в стеклянной посуде и в ходе реакции происходит выделение газов или создается давление, для предотвращения взрывов в горло сосуда вставляют так называемый клапан Бунзена. Он представляет собой резиновую трубочку, плотно закрытую с одной стороны и имеющую продольный прорез. Другой конец насажен на стеклянную трубку, вставленную в пробку. Если в сосуде создается повышенное давление, избыток газа будет выходить через прорез.

Порезы

При порезах стеклом нужно проверить, не осталось ли осколков стекла в ране. Очистив рану, обмывают ее, смазывают иодом и, если нужно, перевязывают. Кровь можно остановить, приложив к порезу тампон из стерильной ваты, пропитанный раствором хлорного железа, сернокислого или хлористого алюминия.

Пожары

Самовоспламеняющиеся и огнеопасные вещества следует хранить только в соответствующей таре.

При переливании огнеопасных жидкостей и при работе с ними вблизи не должно быть горящих газовых горелок или раскаленных поверхностей. Перегонку огнеопасных жидкостей следует производить электронагревательными приборами только с закрытой спиралью.

При загорании веществ, не смешивающихся с водой, тушить их можно только при помощи пескоструйного огнетушителя или при помощи сухого песка. Водой нельзя тушить загоревшиеся бензин, бензол, эфир и подобные им жидкости.

Краткий словарь химических терминов

Абсорбция — поглощение веществ из раствора или смеси газов твердыми или жидкими телами, происходящее равномерно во всей массе поглотителя.

Адсорбция — поглощение (сгущение) поверхностным слоем твердого тела растворенных или газообразных веществ, не сопровождающееся химической реакцией.

Алкалиметрия — метод объемного анализа — определение содержания щелочи в растворах.

Аллотропия — свойство химического элемента образовывать несколько простых веществ (аллотропных видоизменений).

Алхимия — средневековое название химии; донаучный период развития этой науки, когда главным образом ставилась цель превращения неблагородных металлов (меди, свинца) в благородные (золото, серебро).

Алюминотермия — способ получения металлов, неметаллов и сплавов, основанный на восстановлении их кислородных соединений алюминием.

Аморфные вещества — вещества, не имеющие кристаллической структуры.

Амфотерные вещества — соединения, проявляющие в зависимости от условий и основные, и кислотные свойства, например окись и гидроксид алюминия.

Анализ химический — определение химических элементов или их соединений, входящих в состав исследуемых веществ; качественный анализ — установление наличия элементов или их соединений в исследуемом веществе; количественный анализ — точное определение относительных весовых количеств элементов или соединений, составляющих вещество, выраженных в процентах или граммах.

Ангстрем — единица длины, равная одной стотысячной доле сантиметра; обозначается символом Å. Название дано в честь шведского ученого-спектроскописта А. Ангстрема.

Анион — отрицательно заряженный ион (в растворе или расплаве).

Анод — электрод, соединенный с положительным полюсом источника постоянного тока; положительный полюс гальванического элемента или батареи.

Ароматизация нефти — химическая переработка нефти и нефтяных продуктов с целью увеличения содержания в них ароматических углеводородов.

Атом — мельчайшая частица химического элемента, сохраняющая все его химические свойства.

Атомная связь (гомеополярная, или ковалентная, связь) — один из основных видов химической связи в молекулах простых и сложных веществ, вид связи, обусловленный взаимодействием электронов от каждого атома и образующих электронные пары, принадлежащие обоим атомам (H : H, H : Cl и т. п.).

Атомно-молекулярное учение (атомистика) — учение о прерывистом, зернистом (дискретном) строении материи из атомов и молекул.

Атомный вес — вес атома химического элемента, выраженный в кислородных единицах ($\frac{1}{16}$ часть веса атома кислорода $\frac{16}{8}\text{O}$) или в углеродных единицах ($\frac{1}{12}$ часть веса атома углерода $\frac{12}{6}\text{C}$); наиболее существенное свойство химического элемента.

Атомный номер (число) — порядковый номер места, занимаемого элементом в периодической системе Д. И. Менделеева.

Ацидиметрия — метод объемного анализа, сводящийся к определению содержания кислот в растворах титрованием щелочью, концентрация которой известна.

Валентность — свойство атома данного элемента присоединять или замещать определенное число атомов другого элемента.

Возгонка (сублимация) — превращение вещества из кристаллического состояния непосредственно в парообразное, без перехода в жидкую фазу (без плавления). Таким свойством обладают иод, некоторые соли аммония и некоторые органические вещества (нафталин и др.).

Восстановление — химическая реакция присоединения электронов атомами или ионами и сопровождаемая понижением положительной валентности.

Восстановление металлов — способ получения металлов из природных минералов (руд) и других соединений, сводящийся к реакции между этими соединениями металла (например, окислами и др.) и веществами, обладающими восстановительными свойствами.

Вулканизация — процесс превращения каучука в резину путем совместного нагревания его с серой.

Выветривание — разрушение горных пород на поверхности земли под влиянием физических и химических факторов (температуры, воздуха, воды).

Высокомолекулярные соединения — вещества, молекулы которых содержат сотни и тысячи атомов, связанных между собой валентными связями.

Выщелачивание горных пород — процесс растворения и выноса водами какой-либо растворимой части горной породы.

Выщелачивание почв — процесс вымывания из почвы соединений, растворимых в воде.

Газификация твердого топлива — промышленное превращение при высокой температуре твердого топлива в горючие газы при взаимодействии с водяным паром, воздухом, кислородом и другими газами.

Гальванопластика — способ получения металлических копий с помощью электролиза.

Гальваностегия — способ покрытия предметов слоем металла при помощи электролиза.

Гальванотехника — техника осаждения металлов на поверхности металлических и неметаллических изделий при помощи электролиза.

Геохимия — наука, изучающая сочетание, распределение и миграцию химических элементов в земной коре и глубинах Земли.

Гербициды — химические средства, применяемые для уничтожения сорной и нежелательной растительности.

Гетерогенные реакции — химические реакции, протекающие в неоднородной среде (твердое вещество и газообразное; твердое и жидкость и др.).

Гетерогенный — неоднородный, состоящий из разнородных по своему составу частей.

Гетерогенный катализ — химическая реакция, протекающая с катализатором, находящимся в другом физическом состоянии, чем реагирующие вещества, например, катализатор — твердое вещество, реагирующие вещества — газы.

Гигроскопичность — свойство некоторых веществ, например хлорида кальция, серной кислоты, поглощать водяные пары воздуха. Гигроскопичны также очень многие тонкоизмельченные вещества.

Гидратация — взаимодействие веществ с водой, состоящее в присоединении воды к химическому соединению без разложения последнего.

Гидрогенизация — реакция присоединения водорода к различным веществам, обычно протекающая под влиянием катализаторов.

Гидролиз — реакции обменного разложения различных соединений при взаимодействии с водой.

Горение — химическая реакция, сопровождающаяся выделением теплоты и света (пламени).

Грамм-атом — количество граммов элемента, численно равное его атомному весу.

Грамм-эквивалент — число граммов химического элемента, равное весу химического эквивалента; в реакциях замещения равен частному от деления атомного веса элемента на его валентность, или молекулярного веса соли на основность кислоты или кислотность основания. Например,

$$1 \text{ г-экв Al} = \frac{27}{3} = 9 \text{ (г)}; 1 \text{ г-экв H}_2\text{SO}_4 = \frac{98}{2} = 49 \text{ (г)}.$$

В окислительно-восстановительных реакциях грамм-эквивалент находят делением атомного веса элемента или молекулярного веса окислителя или восстановителя на число переходящих электронов. Например (в кислой среде).

$$1 \text{ г-экв KMnO}_4 = \frac{158,03}{5} = 31,61.$$

Десиканты — химические средства, применяемые для предуборочной подсушки некоторых сельскохозяйственных растений.

Детонация — распространение взрыва на всю массу вещества или смеси, происходящее под воздействием удара, пламени, трения и других факторов.

Дефолианты — химические средства, применяемые для предуборочного удаления листьев растений.

Диссоциация — обратимое разложение молекул на более простые молекулы, атомы, атомные группы или ионы.

Диссоциация термическая — химическая реакция обратимого разложения вещества под влиянием нагревания.

Диссоциация электролитическая — полный или частичный распад на ионы молекул кислот, щелочей и солей при их растворении (см. «Ионизация»).

Диффузия — самопроизвольное проникновение друг в друга приведенных в соприкосновение газов, жидкостей и твердых тел.

Жесткость воды — свойство воды образовывать накипи, не мылиться и т. п., зависящее от количества растворенных в ней солей щелочноземельных металлов (Ca и Mg).

Зооциды — химические средства, применяемые для борьбы с вредными грызунами.

Известкование почвы — внесение извести в почву главным образом с целью понижения почвенной кислотности, вредно действующей на большинство сельскохозяйственных растений.

Изомеризация — внутримолекулярное превращение органических соединений, ведущее к изменению структуры молекул при сохранении их состава и молекулярного веса.

Изомеры — химические соединения, имеющие одинаковый состав и молекулярный вес, но отличающиеся строением молекул, физическими и химическими свойствами.

Изоморфизм — явление, заключающееся в том, что различные, но близкие по своей природе вещества кристаллизуются в одной форме (например, различные квасцы).

Изотопы — разновидности химического элемента с разными атомными весами, но имеющими один и тот же заряд атомных ядер и потому занимающих одно и то же место в периодической системе.

Ингибиторы — вещества, незначительные добавки которых в среду, вызывающую коррозию, замедляют разрушение металлов. Так же называют вещества, тормозящие жизнедеятельность растений.

Индикаторы — вещества, меняющие свою окраску в зависимости от реакции среды (кислотной, щелочной, нейтральной).

Инсектициды — ядохимикаты, применяемые для борьбы с вредными насекомыми.

Ион — заряженная частица, образовавшаяся из атома или группы атомов в результате присоединения или утраты одного или нескольких электронов.

Ионизация — образование ионов из нейтральных атомов или молекул. Происходит в растворах под влиянием химических процессов между растворенным веществом и растворителем. Ионизация газов происходит под влиянием некоторых физических причин.

Ионная (электровалентная) химическая связь — связь, обусловленная образованием электронных пар за счет перехода валентных электронов от одного атома к другому; характерна для соединений металлов с наиболее типичными неметаллами.

Катализ — процесс изменения скорости химических реакций под действием катализаторов.

Катализаторы — вещества, ускоряющие или замедляющие реакции, но в итоге ее сами остающиеся химически неизменными.

Катион — ион, заряженный положительно.

Катод — электрод, соединенный с отрицательным полюсом источника постоянного тока; отрицательный полюс гальванического элемента или батареи.

Кислоты — вещества, молекулы которых содержат водород, способный замещаться или обмениваться на металл; электролиты, образующие при диссоциации только катионы водорода.

Коагуляция — процесс объединения мелких частиц в более крупные под влиянием сил сцепления, вызывающий нарушение устойчивого состояния коллоидной системы. Происходит при действии различных веществ, повышения температуры и других причин.

Коксование — промышленный метод переработки каменных углей путем нагревания их без доступа воздуха с целью получения кокса, коксового газа и каменноугольной смолы.

Коллоиды (коллоидные системы) — промежуточные системы между истинными растворами и грубыми дисперсными системами (суспензиями, эмульсиями) с размерами частиц от 10^{-5} до 10^{-7} см.

Компонент — составная часть чего-либо, преимущественно какого-либо химического соединения.

Константа — постоянная величина в математике, физике и химии; записывается сокращенно символом const или буквами *K* и *C*.

Концентрация — относительное содержание вещества в смеси или растворе. Выражается в определенных единицах: процентах, граммах, грамм-эквивалентах и пр.

Коррозия — разрушение твердых тел (металлов) под влиянием различных физико-химических воздействий.

Крекинг — процесс переработки нефтепродуктов для получения продуктов, имеющих более низкую температуру кипения.

Кристалл — твердое тело, построенное из закономерно расположенных атомов и ионов, способное при свободном росте принимать форму правильных многогранников.

Кристаллизация — выделение твердого вещества (кристаллов) из раствора.

Микроэлементы — элементы, находящиеся в организме человека, животных и растений (В, Mg, I, Cu, Zn, Mo, Co, естественные радиоактивные элементы и др.), имеющие, несмотря на их малое содержание в организме, большое значение в жизни.

Минерал — природный химический индивид, образовавшийся в земной коре.

Молекула — мельчайшая доля вещества, еще сохраняющая его химические свойства.

Молекулярный вес — вес молекул, выраженный в углеродных или кислородных единицах (см. *атомный вес*).

Мономеры — химические соединения, молекулы которых благодаря наличию кратных связей или функциональных групп могут

соединяться между собой, образуя молекулы удвоенного, утроенного или многократно увеличенного молекулярного веса (димеры, тримеры и полимеры).

Нейтрон — элементарная частица, не имеющая никакого электрического заряда, вес которой приблизительно равен весу протона.

Нормальные растворы — растворы, содержащие в 1 л раствора грамм-эквивалент растворенного вещества (1 н).

Обогащение руд — процесс первичной обработки руд, отделение их от пустых пород, не представляющих непосредственной практической ценности в данных техноэкономических условиях.

Окисление — реакция, сущность которой состоит в повышении электровалентности окисляющихся атомов или ионов; процесс, сопровождающийся потерей электронов атомами или ионами окисляющегося вещества и переходом их к атомам или ионам восстановителя; в узком смысле — реакция соединения каких-либо веществ с кислородом.

Окисление-восстановление — химическая реакция, при которой один или несколько атомов или ионов, входящих в состав взаимодействующих веществ, отдают электроны, а другие присоединяют их.

Оксиды — химические соединения элементов с кислородом.

Оксидирование — создание на поверхности металла защитной пленки из окисла для предохранения металла от коррозии.

Октановое число — показатель детонационной стойкости моторного топлива (детонационная стойкость изооктана принимается за 100; н-гептана приравнивается нулю).

Основание — вещество, молекулы которого состоят из ионов металла и одной или нескольких гидроксильных групп. Основания рассматриваются так же, как акцепторы водорода, т. е. вещества, способные присоединять водород.

Пересыщенный раствор — раствор, содержащий при данных условиях избыток растворенного вещества, выпадающего в виде кристаллического осадка.

Периодичность — повторяемость, возвращение через определенные промежутки (времени, пространства).

Подвижное равновесие (химическое) — состояние смеси реагирующих веществ, при котором количества каждого из них остаются без изменения в результате равенства скоростей прямой и обратной реакции.

Полимеризация — процесс соединения мономеров в большие молекулы (полимеры) без выделения каких-либо продуктов.

Полимеры — высокомолекулярные вещества, образованные из большого числа сравнительно простых звеньев.

Полиморфизм — свойство некоторых веществ кристаллизоваться в нескольких формах.

Протон — устойчивая элементарная частица с массой, равной 1 к. е. , зарядом $+1$; ядро атома легкого водорода — протий обозначается как p , ${}^1_1\text{H}$.

Радикал — группа атомов в молекуле, переходящая без изменения из одного химического соединения в другое.

Радиоактивность — самопроизвольный распад атомных ядер некоторых элементов, сопровождающийся выделением элементарных частиц.

Растворимость — характерная для простых и сложных веществ величина, определяющая наибольшее количество вещества, которое может быть растворено при той или иной температуре в 100 г растворителя (воды, спирта и др.).

Раствор концентрированный — раствор, содержащий растворенное вещество в количестве, близком к насыщению.

Раствор насыщенный — раствор, имеющий максимально возможное содержание растворенного вещества при данных условиях.

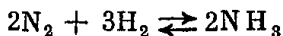
Раствор ненасыщенный — раствор, в котором при данных условиях можно растворить еще некоторое количество растворяемого вещества.

Реактив (в качественном анализе) — вещество, вступающее в характерную реакцию с другим веществом и тем самым дающее возможность установить наличие последнего.

Реакция необратимая — процесс, практически протекающий в одном направлении («в одну сторону»), например:



Реакция обратимая — процесс, одновременно протекающий во взаимно противоположных направлениях («в обе стороны») и приводящий к химическому равновесию, например:



Реакция химическая — превращение вещества или веществ, выражающееся в изменении свойства их химического строения.

Регенерация — восстановление первоначальных свойств у отработанных материалов.

Синтез — получение сложных веществ из более простых веществ путем химических реакций.

Соли — химические соединения, являющиеся продуктами полного или неполного замещения водорода в кислотах металлами или продуктами замещения гидроксильных групп в основаниях на

кислотный остаток; электролиты, образующие при ионизации катионы металла и анионы кислотного остатка.

Соли двойные — соли, в которых водород кислоты замещен двумя различными металлами, например $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

Соли кислые (гидросоли) — соли, содержащие водород, который может быть замещен металлом, например $Ca(HCO_3)_2$, KHS .

Соли основные (или гидроксосоли) — соли, молекулы которых содержат гидроксильную группу, например $CuCO_3$, $Cu(OH)_2$.

Соли средние (или нормальные) — соли, не содержащие ни водорода, который может быть замещен металлом, ни гидроксила.

Спектральный анализ — метод качественного и количественного определения веществ путем изучения их характерных спектров.

Степень ионизации — отношение числа молекул, распавшихся на ионы, к общему числу молекул растворенного вещества.

Титр раствора — количество растворенного вещества в граммах, содержащееся в 1 мл раствора.

Титрование — прибавление раствора реактива из бюретки к анализируемому раствору до достижения момента эквивалентности в происходящей реакции.

Титрованные растворы — растворы точно известной концентрации, применяемые в объемном анализе.

Токсичность — ядовитые свойства веществ.

Флотация — способ обогащения полезных ископаемых, основанный на различной смачиваемости твердых веществ жидкостями.

Флюсы — минеральные вещества, прибавляемые к руде для снижения температуры плавления и более легкого отделения металла от расплавленной пустой породы.

Формула химическая — международная условная запись буквами латинского алфавита и числовыми индексами наименования и состава веществ.

Фотосинтез — образование сложных веществ из более простых при действии света.

Фотохимическая реакция — химическая реакция, вызываемая действием света.

Фракционная перегонка — разделение жидких смесей на отдельные фракции, кипящие в определенных температурных границах, путем испарения и последующей конденсации.

Фунгициды — химические средства, применяемые для защиты растений от заболеваний, вызываемых грибами, бактериями и другими микроорганизмами.

Щелочи — небольшая группа растворимых в воде оснований, обладающих свойством изменять окраску индикаторов, вступать в реакции солеобразования и др.; электролиты, образующие при ионизации анионы гидроксила OH^- .

Химическая прополка — борьба с сорняками с помощью химических средств (гербицидов).

Химия — отрасль естествознания, предметом которой является изучение химических элементов и их соединений.

Экзотермическая реакция — реакция, сопровождающаяся выделением тепла.

Экстрагирование — извлечение веществ из смесей с помощью растворителей, основанное на различной растворимости компонентов смеси.

Электролиз — совокупность химических процессов, протекающих на электродах при прохождении электрического тока через растворы и расплавы электролитов.

Электролиты — проводники второго рода — растворы кислот, щелочей и солей, в которых происходит распад молекул на ионы; вещества, проводящие в растворенном или расплавленном состоянии электрический ток.

Электрометаллургия — отрасль техники, занимающаяся восстановлением металлов из их окислов и получением сплавов различного состава с использованием электрической энергии как источника теплоты.

Электроочистка — очистка газов с помощью электрофильтров.

Электрофорез — движение взвешенных дисперсных частиц (например, коллоидных) в жидкой и газообразной среде под действием внешнего электрического поля.

Электрохимия — отдел физической химии, занимающийся изучением электрических воздействий на физико-химические системы и явлений возникновения электрической энергии при химических процессах.

Элемент химический — совокупность атомов, имеющих одинаковый заряд ядра.

Элементарные частицы — простейшие частицы, из которых состоит вещество, — фотоны, электроны, позитроны, нейтроны, мезоны и др.

Эмульсия — жидкость, в которой находятся во взвешенном состоянии частицы другой жидкости.

Эндотермическая реакция — реакция, сопровождающаяся поглощением тепла.

Этилирование — реакция введения в молекулу органических соединений этильной группы ($-C_2H_5$) вместо атома водорода.

Ядохимикаты — вещества, применяемые для химической борьбы с вредными насекомыми, клещами, грызунами, бактериями, грибами, для уничтожения сорной растительности, а также для предуборочного обезлиствления и подсушки растений на корню,

Яды каталитические — вещества, заметно снижающие активность катализаторов даже в том случае, когда они находятся в смеси в незначительном количестве.

Яды профессиональные, или производственные, — вещества, встречающиеся в условиях производства и вызывающие при проникновении в организм нарушение его нормальной жизнедеятельности.

Международная система единиц СИ¹ (система интернациональная)

Международная система единиц СИ представляет собой универсальную систему единиц для всех областей науки, техники и народного хозяйства.

| Величина | Единица измерения | Сокращенное обозначение единицы измерения | |
|-------------------------------|-------------------|---|-------------------------|
| | | русское | латинское или греческое |
| Длина | Метр | <i>м</i> | <i>m</i> |
| Масса | Килограмм | <i>кг</i> | <i>Kg</i> |
| Время | Секунда | <i>сек</i> | <i>s</i> |
| Сила электрического тока | Ампер | <i>а</i> | <i>A</i> |
| Термодинамическая температура | Градус Кельвина | <i>°К</i> | <i>°K</i> |
| Сила света | Свеча | <i>св</i> | <i>cd</i> |

В системе СИ единица силы — ньютон (*н*) — сила, сообщаящая телу с постоянной массой в 1 кг ускорение 1 *м/сек*².

В качестве единицы давления принимается давление в 1 ньютон на 1 квадратный метр (*н/м*²); так как эта единица давления мала, применяют укрупненные единицы давления: 1 килоньютон на квадратный метр (*кн/м*²) и 1 меганьютон на 1 квадратный метр (*Мн/м*²).

Единица измерения количества теплоты в системе СИ — универсальная единица измерения работы любого вида энергии и количества теплоты — джоуль (*дж*, международное обозначение *J*):

$$1 \text{ дж} = 10 \text{ эрг} = 0,38845 \text{ кал};$$

$$1 \text{ кал} = 4,1868 \text{ дж}.$$

¹ Международная система единиц СИ введена в СССР с 1 января 1963 г., ГОСТ 9867—61.

Числовое значение температуры должно всегда сопровождаться знаками, указывающими, по какой шкале определена температура.

Приставки для образования кратных и дольных единиц
(по ГОСТу 7663—55)

| Приставки | Обозначение | | Множитель | Приставка | Обозначение | | Множитель |
|-------------|-------------|---------------|------------------|------------|-------------|---------------|-------------------|
| | русское | международное | | | русское | международное | |
| Тера . . . | <i>T</i> | T | 10 ¹² | Деци . . | <i>ð</i> | d | 10 ⁻¹ |
| Гига . . . | <i>G</i> | G | 10 ⁹ | Сантн . . | <i>c</i> | c | 10 ⁻² |
| Мега . . . | <i>M</i> | M | 10 ⁶ | Милли . . | <i>m</i> | m | 10 ⁻³ |
| Кило . . . | <i>K</i> | K | 10 ³ | Микро . . | <i>mk</i> | μ | 10 ⁻⁶ |
| Гекто . . . | <i>g</i> | h | 10 ² | Нано . . . | <i>n</i> | n | 10 ⁻⁹ |
| Дека . . . | <i>da</i> | da | 10 | Пико . . . | <i>p</i> | p | 10 ⁻¹² |

Примеры: киловатт — *квт*, 1 *квт* = 10³ *вт*; 1 мегом — *Мом*, 1 *Мом* = 10⁶ *ом*; 1 миллилитр — *мл*, 1 *мл* = 10⁻³ *л*; 1 наносекунда — *нсек*, 1 *нсек* = 10⁻⁹ *сек*.

Латинские и греческие числительные

| | Латинские | Греческие | Примеры словообразований |
|----|-----------|-----------|-----------------------------------|
| 1 | unus | eis | |
| 2 | duo | duo | |
| 3 | tres | tres | Триада |
| 4 | quartior | tessares | |
| 5 | quinque | pentе | Пентан, пентозы |
| 6 | sex | hex | Гексан, гексахлоран, гексаметилен |
| 7 | septem | hepta | Гептан, гептозы |
| 8 | okto | okto | Октан, октозы |
| 9 | novem | ennea | Нонан |
| 10 | decen | deca | Декалин |

Греческий алфавит.

Α α Α α альфа

Β β Β β бэта

Γ γ Γ γ гамма

Δ δ Δ δ дэльта

Ε ε Ε ε эписилон

Ζ ζ Ζ ζ дзэта

Η η Η η эта

Θ θ Θ θ тэта

Ι ι Ι ι йота

Κ κ Κ κ кáппа

Λ λ Λ λ лáмбда

Μ μ Μ μ ми(мю)

Ν ν Ν ν ни(ню)

Ξ ξ Ξ ξ кси

Ο ο Ο ο óмикрон

Π π Π π пи

Ρ ρ Ρ ρ ро

Σ σς Σ σς сiгма

Τ τ Τ τ тау

Υ υ Υ υ íпсилон

Φ φ Φ φ фи

Χ χ Χ χ хи

Ψ ψ Ψ ψ пси

Ω ω Ω ω омéга

СПРАВОЧНИКИ

Для получения более полных сведений по химии и по вопросам применения химии в производстве следует обратиться к перечисленным ниже справочникам. Эти справочники были использованы в числе других и при составлении данной книги.

«Справочник химика», под ред. Б. П. Никольского, изд. 2, т. I, Госхимиздат, М., 1962; т. II, Госхимиздат, 1963; т. III, изд-во «Химия», 1964.

«Краткая химическая энциклопедия», изд-во «Советская энциклопедия», т. I, 1961, т. II, 1963; т. III, 1964, т. IV, 1965, т. V, 1967.

В. И. Перельман, Краткий справочник химика, изд. 6, Госхимиздат, М., 1963.

«Единицы измерения и обозначения физико-технических величин». Справочник, изд. 2, изд-во «Недра», М., 1966.

Н. М. Барон и др., Краткий справочник физико-химических величин, изд. 5 Химия, Л., 1967.

У. Чайлдс, Физические постоянные, Физматгиз, М., 1961.

Дж. Кэй и Т. Лэби, Таблицы физических и химических постоянных, Физматгиз, М., 1962.

«Физико-химические свойства элементов». Справочник под ред. Г. В. Самсонова, изд-во «Наукова думка», Киев, 1965.

Ю. Ю. Лурье, Справочник по аналитической химии, Госхимиздат, М., 1962.

«Краткий справочник физико-химических величин», под ред. К. П. Мищенко и А. А. Равделя, изд. 4, изд-во «Химия», М.—Л., 1965.

А. И. Шерешевский, Т. П. Унанянц, Г. Я. Бахаровский, Химические товары. Справочник, ч. I и II, изд. 2, испр. и доп., Госхимиздат, М., 1960.

«Краткий справочник металлурга», под ред. В. П. Андриановой, Металлургиздат, М., 1960.

«Химизация сельского хозяйства». Научно-технический словарь-справочник под общей редакцией проф. Л. Л. Балашева и акад. С. И. Вольфковича, изд. 2-е, изд-во «Наука», М., 1968.

П. И. Воскресенский, Начало техники лабораторных работ, Госхимиздат, М., 1963.

П. П. Коржев, Справочник по химии для учителей средней школы, Учпедгиз, М., 1958.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абсорбция 58
Агломераты 237
Агрохимия 10, 15, 17
Адсорбция 58
Азосоединения 149
Азот 131, 220
— окислы 13, 17, 44
Азотная кислота 38, 215
— — — ионизация 78
— — — плотность растворов 74
Активность
— восстановительная 62
— металлов, ряд 9
Алифатические соединения 145
Аллонж 264, 266
Алмаз 96
Альдегиды 147, 160, 168
Алюминий 11, 112, 235, 240
Алюминотермия 9
Аминогруппа 148
Аминокислоты 179, 180, 181
Амины 148, 165
Аммиак 17, 131, 220
— плотность растворов 76
Аммоний 32, 219,
Анабазин-сульфат 255
Ангидриды 37, 42
Анилин 13
Антинейтрино 56
Антинейтрон 57
Антипротон 57
Апатиты 209 сл.
Ареометры 314
Атомная теория 12
Атомно-молекулярное учение 32
Атомные веса 5 сл., 9, 13
Атомы 13, 35
— меченые 58
— модель 47
— радиусы 59, 63, 65
— строение 10, 18, 47, 50
Ацетилен 220
Ацетилен ряд 156
Ацетон 221 сл.
Ациклические соединения 145
Баббиты 241
Баланс производства 212
Баллоны для газов 220
Барит 206
Бария соединения 113, 218 сл.
Безопасность при работе в лаборатории 316
Белки 19, 180 сл.
Бензин 221
Бензол 18

Бензола ряд 157
Бертолетова соль 133
Биогеохимия 11
Бор и его соединения 114,
250
Бордосская смесь 256
Борная кислота 40, 78
Брожение 15, 19
Брома соединения 114
Бронзы 241
Бумага фильтровальная 301
Бюксы 293
Бюретки 271 сл.

Вакуум-насосы 265,
Вакуум-эксикатор 267
Валентность 34
Ванадий 234
Весы 290 сл.
Взвешивание 288
Взрывы 18, 317
Винный спирт 221
Вода 13, 14, 114, 144
— деминерализованная 283
— дистиллированная 283
— свойства 127 сл.
Водород 6, 13, 22, 53, 219
— перекись 114, 215
— свойства 90
— соединения 90 сл., 114
Водородный показатель 80,
81
Возгонка 308
Воздуха состав 143
Волокна 194 сл., 203
Вольфрам 239
Воронки 263 сл.
— Бухнера 275, 301
— делительные 309
Воронка для горячего филь-
трования 301
— с пористой пластинкой
300

Восстановления реакции 13
Выветривание 141
Выпаривание 310
Высокооуглеупорные материа-
лы 276
Высушивание 312 сл.

Газы 9, 16, 18
— взрываемости пределы
231
— воспламенения темпера-
тура 230
— инертные 18
— объем грамм-молекулы
43
— растворимость 73
— сжиженные 18, 219 сл.
— скорость движения мо-
лекул 33 сл.
— теплотворность 230
— температура горения 230
Галогеноводороды 133
Галогенопроизводные угле-
водородов 11, 147, 157
Галогены 100, 101
Гальваническая пара 87
Гальванопластика 20
Гексахлоран 255
Геохимия 11, 19
Гербициды 256
Германий 239
Гетероауксин 258
Гиббереллины 258
Гидразины 149
Гидразоны 149
Гидразосоединения 149
Гидроокиси 39, 42, 92
Гидриды 91
Гидрирование 166, 213
Гидрогенизация 213 сл.
Гидролиз 82
Гидросфера, состав 144
Гипероны 57

Гипс 206
Глинозем 214, 219
Глицерин 20
Глюкоза 15
Горелка 286 сл.
Горение 14, 18
Грамм-молекула газа 43
Гранозан 256
Графит 96, 206
Гремучий газ 90

2,4-Д 257
Давление 71
ДДТ 254
Дегидрогенизация 213
Дейтерий 53, 70
Дейтон 54
Декантация 303 сл.
Деминерализатор 283
Десиканты 257
Детонация 231
Дефлегматоры 267
Диазосоединения 149
Диаммонийфосфат 248
Диаммофос 243
Динатрийфосфат 217
Дискретность вещества 32
Дисперсность 88, 89
Диссоциация электролитическая 9
Дистилляция 303
Дифтордихлорметан 221
Диффузия 58
4,4-Дихлордифенилтрихлорэтан 254
2,4-Дихлорфеноксиуксусной кислоты бутиловый эфир 257
Дихлорэтан 221
Диэтил-4-нитрофенилтиофосфат 255
Доломит 206
Дуралюмины 240
Дуст 254, 255

Ерши волосяные 282

Железа

— семейство 109 сл.
— соединения 114, 115

Железо 230

Жиры 20, 179

— гидрогенизация 213
— состав 179, 182

Зажимы 277

Закон(ы)

— Авогадро 9, 43
— Гесса 44
— кратных отношений 12, 44
— Лавазье — Лапласа 44
— Менделеева, периодический 44
— постоянства состава 41
— простых объемных отношений 41
— сохранения массы 15, 41, 210
— энергии 210
— термохимии 43

Замещения реакции 16, 36

Зелень парижская 253

Земная кора, состав 141 сл.

Знаки химические 9, 12

Зола 248

Золото 239

Известкование почв 247

Известково-серный отвар 257

Известняк 206

Известковая мука 243

Известь

— белильная 133, 218
— гашеная 39
— хлорная 133, 218

Излучатели инфракрасные 286

Изомерия 15
Изоморфизм 61
Изопрен 18
Изотопы 53 сл.
Иминогруппа 148
Индукция электромагнитная 18
Инсектициды 252
Иод 214,
Иода соединения 115
Ионизация электролитов 78, 79
Ионные радиусы 59 сл.

Кали едкое 39
— плотность растворов 75
Калийные соли 209
Калия соединения 115 сл.,
Кальция соединения 116, 207
Каменный уголь, продукты перегонки 20
Камфара 19
Каолин 207
Капельница 271
Карбамид 173
Карбиды 16, 93
Карбонаты, растворимость 71
Карбоновые кислоты 148, 163
— реакции 170 сл.
Карбоциклические соединения 145
Карналлит 207
Катализ 12
Катализаторы 212
Каучук искусственный 12, 15
Квантовая теория света 20
Кетоны 147, 161
Кипение неорганических веществ, температура 90 сл.
Кипша аппарат 269 сл.
Кислород 20, 22
— свойства 99 сл.

Кислоты 38
— бескислородные 12
— водородная теория 12
— ионизация 78
— номенклатура 40 сл.
Классификация сложных веществ 37
Кобальт 251
Ковалентная связь 65
Колбонагреватели 285 сл.
Колба *Арбузова* 306
— *Бунзена* 264 сл., 302
— *Вюрца* 306
— *Кляйзена* 306 сл.
— конические 264
— круглодонные 268 сл.
— мерные 273 сл.
— плоскодонные 264
— *Эрленмейера* 264
Коллодий 20
Коллоиды 88
Колчедан 207
Комплексные соединения 19
Концентрация растворов 297 сл.
Корунд 138
Крекинг 213
Кремниевые кислоты 137
Кремния соединения 117
Криостаты 294
Кристаллизаторы 264
Кристаллизация 311
Кристаллогидраты, растворимость 72
Купорос
— медный 255
— цинковый 218
Лаборант 259 сл.
Латуни 240
Лекарственные вещества 187 сл.
Ле Шателье принцип 15, 46
Лучи при радиоактивном распаде 18

М-1 258
Магнезит 208,
Магний 233 сл.
Магния
— соединения 118
Марганец 20, 233 сл., 250
Марганца
— двуокись 214
— соединения 118, 134 сл.
Марганцовая руда 209
Марковникова правила 16
Масла 178
Медь 234, 240, 251
— соединения 118 сл., 218
Мезоны 57
Мел 208
Мсызурки 274
Металлоорганические соеди-
нения 149
Металлургия 233
Металлы 9
— благородные 236
— классификация 236 сл.
— ряд активности 9
— напряжений 87
— цветные 236, 239
Метафосфорная кислота 131
Метиловый спирт 221
Микробиология почвы 11
Микроэлементы 249
— в живых организмах 245
— в растениях 250
Минералогия 136
Минералы 135
— анализ 11
— плотность 138
— состав 137
Мовеин 17
Молекулы 13, 32
— размеры и масса 32
— строение 67
Молибден 239, 251
Моноаммонийфосфат 218

Мооса шкала твердости 136
Мора зажим 277
Мытье химической посуды 281
Мышьяк 215
— соединения 119
Нагревание 287
Насосы водоструйные 265
Натр едкий 39, 216
— плотность растворов 75
Натрий
— соединения 120, 217
 α -Нафтилуксусная кислота
259
Нейтрализации реакция 82
Нейтрино 56
Нейтрон 57
Неорганические соединения
— свойства физические
102 сл.
Нефелиновый концентрат 208
Нефть 13, 20, 229
— продукты перегонки 20
Никель 234, 238
— соединения 121
Никотин 253
Ниобий 239
Нитраты, растворимость 71
Нитрилы 148
Нитробензол 13
Нитросоединения 149
Нитросоединения 13, 149
— реакции 172
Номенклатура 12
— кислот и солей 40 сл.
— органических соедине-
ний 151 сл.
Нуклоны 57
Огнеупорные материалы 241
Ожоги 315
Озон 20
— свойства 100

Окислы 37, 42, 215
Октановое число 232
Олеум 215
Олово 234, 239
Олово свойства 122
Орбиты стационарные 48
Органические соединения
16, 19, 145
— изомеры 151
— номенклатура 151 сл.
— получения способы 171 сл.
— реакции 166 сл.
— свойства 154 сл.
— строение 10
— синтез 9
Ортофосфорная кислота 131
Осадки, промывание 302 сл.
Основания 39
— диссоциация 78
— растворимые 37
Отравления 315
Отщепления реакции 16

Палки стеклянные 281
Паратион 255
Парафины 145
Паровичок 307
Пары 308
Перегонка 305, 306
Перекиси 17, 37
Перманганат калия 218
Печи 16, 288 сл.
Пинцеты 278
Пипетки 271
— газовые 272
Пирит 207
Пироксилин 20
Пирофосфорная кислота 131
Плавиновая кислота 216
Плавление неорганических ве-
ществ, температура 112 сл.
Платина 240
— семейство 19, 111

Поглотители 314
Пожары 318
Позитрон 56
Полимеризация 213
Полимеры 193 сл.
Порезы 318
Породы горные 139 сл.
Посуда
— кварцевая 276
— мерная 271
— мытье 281
— сушка 281
— фарфоровая 276
— химическая 263

Потенциалы нормальные элек-
тродные 87
Почвы 11, 143, 245, 246
Приборы электронагреватель-
ные 287
Припой 241
Пробирки 262
Пробки 278 сл.
Продукты химические 214 сл.
Прокаливание 288
Промывалки 268
Противогаз 13
Протий 54
Протоны 57
Протравители 256
Пьезоэлектричество 14
рН см. Водородный показа-
тель 79

Радий 1
Радиоактивность 12, 14
Растворение 296
Растворимость 58, 71
— газов 73
— кристаллогидратов 72
— оснований 76
— солей 72, 73, 76
Растворители 71, 220

- Растворы 10, 16
 - концентрация 296 сл.
 - приготовление 297 сл.
 - разбавление 298
- Растения 15, 17
 - средства химической защиты 251
- Реактивы 285
- Реактор атомный 19
- Реакции
 - Вюрца 11
- Реакции
 - гетерогенные 47
 - гомогенные 47
 - замещения 36
 - ионные 81
 - кислая 82
 - Кучерова 14
 - нейтрализации 82
 - обмена 36
 - обратимые 45
 - отщепления 16
 - разложения 36
 - скорость 46
 - условия течения 9, 15
 - химические 36
 - цепные 18
 - щелочная 82
- Резерфорда — Бора модель атома 47
- Реторты 264
- Ртуи соединения 122
- Руды железные 236

- Сахара 19
- Сверла для пробок 279
- Свет, квантовая теория 20
- Свинец 234, 239
 - соединения 122
- Связи химические 66
- Сера 214 сл.
 - молотая 255
 - соединения 123, 132
- Серебро 239
 - соединения 123
- Серная кислота 12, 39, 215
 - ионизация 78
 - плотность растворов 74
- Сернистая кислота 39
 - ионизация 78
- Сероводород 22
- Сероводородная кислота, ионизация 78
- Сероуглерод 221
- Сетки фарфоровые 275 сл., 300
- Силикаты 40
- Силумины 21
- Сильвинит 209
- Синтетические высокомолекулярные вещества 193 сл.
- Сифоны 266 сл.
- Склянки промывные
 - Вульфа 268 сл.
 - Дрекселя 269
 - Тищенко 268 сл.
- Смеси охлаждающие 15, 83
- Сокслета аппарат 309
- Соли 217 сл.
 - бертолетова 9, 217
- Соли
 - гидролиз 82
 - глауберова 217
 - ионизация 78
 - каменная 209
 - классификация 40
 - номенклатура 40
 - поваренная 209
- Соляная кислота 38, 216
 - ионизация 78
 - плотность растворов 74
- Спирт(ы) 147
 - винный 221
 - древесный 221
 - одноатомные 158
 - реакции 167

Сплавы 14, 209
Стаканы химические 263 сл.,
275
Сталь 235
— классификация 238
Сtereoхимия 10
Стимуляторы роста 258
Ступки 275, 278
Сублимация 308
Сульфаты, растворимость 71
Сульфиды, растворимость 71
Сульфокислоты 148
Сурьмы соединения 124
Сушка химической посуды
282 сл.
Тавтал 239
Твердость
— шкала *Мооса* 136
— упрощенная 137
Теклю горелка 286
Температура
— горения газов 230
— измерение 294
— кипения 112 сл.
— критическая 16
— плавления 112 сл.
Теплотворность газов 230
Термометры 294 сл.
Терморегуляторы 294
Термостаты 294
Термохимии законы 12, 13,
43
Терпены 19
Тигли 277, 278
Тиоспирты 148
Тиофос 255
Титан 234, 238
Толуол 232
Топливо 13, 228
Торф 229
Треноги 277
Тринатрийфосфат 217

Тритий 54
2,4,5 -Трихлорфеноксиуксус-
ной кислоты натриевая
соль 258
2,4,5-Трихлорфенолят меди
256
Трубки стеклянные 280
ТХФМ 256
Углеводороды 18, 29, 147, 155
— галогенопроизводные 157
— классификация 151
— реакции 167
— физические свойства
155 сл.
Углеводы 181
Углекислый газ 9
Углерод
— аллотропные модифика-
ции 96
— двуокись 44, 128
— окись 17, 44, 128
— соединения 124 сл.
— четыреххлористый 221
Уголь 15, 229
— аморфный 97
— каменный 20
Угольная кислота 39
— ионизация 78
— соли 129
Удобрения
— местные 248
— минеральные 249
Уксусная кислота
— ионизация 78
— ледяная 15
Уравнения химические
— составление 36
Уровни
— квантовые 48
— энергетические 48

- Фенолы 158
 Ферментативная химия 9
 Ферменты 19
 Ферромарганец 237
 Ферросилиций 237
 Физическая химия 10, 17
 Фильтрат 300
 Фильтрование 299 сл.
 Фильтры 300
 Формула химическая
 — вывод 34
 — вычисления состава
 вещества 35
 Фосфаты, растворимость 71
 Фосфины 149
 Фосфор 212
 — аллотропические видо-
 изменения 98
 — свойства 125
 Фосфориты 210 сл.
 Фосфорные кислоты 131, 216
 — ионизация 78
 Фотон 56
 Фреон-12 220
 Фтор 16
 — соединения 125
 Фтористоводородная кисло-
 та 216
 Фунгициды 255
 Функциональные группы
 150
 Химики, выдающиеся 9 сл.
 Химические продукты 214 сл.
 Хлор 12, 220
 — соединения 125, 133
 Хлориды, растворимость 71
 Хлоркальциевые трубки 269
 Хлорофос 255
 Холодильник *Либиха* 264
 Хром 24
 — соединения 126
 Хромитовая руда 29
 Хромовая смесь 282
 Хромомagnesит 243
 Цилиндры мерные 274
 Цинк 234, 239, 251
 — соединения 126
 Чаши
 — выпарительные 275
 — металлические 278
 Число
 — Авогадро 43
 — квантовое 48
 — *Лошмидта* 69
 — октановое 232
 Чугун 235, 236
 Шамот 241
 Шпат
 — плавиковый 210
 — тяжелый 206
 Шпатели 275
 Штатив 276
 Щелочи 37, 216
 Щипцы тигельные 276
 Эквиваленты 13
 — электрохимические 86
 Эксикаторы 267 сл.
 Экстрагирование 310
 Электровалентная связь 66
 Электродвижущая сила 87
 Электродлиз 58
 — законы 18, 84
 Электролитическая диссоци-
 ация, см. Ионизация электро-
 литическая
 Электролиты 79
 — ионизация 78
 Электроны 56
 — связь с ядром 64
 Электропроводность раство-
 ров 13, 17

Элементарные частицы 56
Элементы химические 5 сл.
— I группы 91, 102
— II группы 92, 103
— III группы 94, 105
— IV группы 95, 106
— V группы 96, 106
— VI группы 99, 107
— VII группы 100, 108
— нулевая группа 49, 102
— периодический закон
44
— VIII группа 60
— понятие 10
— хронология открытия
21 сл.

Этилен 220
Этилена ряд 155
Этиленгликоль, температу-
ра замерзания растворов
158
Этиловый спирт 221
Этиловый эфир 222
Эфиры
— простые 147
— сложные 165, 170
Ядохимикаты 252
Ядра атомов 56
Ятрохимия 17

СО Д Е Р Ж А Н И Е

| | |
|---|----|
| К учащимся | 3 |
| Общая химия | |
| Таблица химических элементов | 5 |
| Содержание элементов во вселенной | 8 |
| Выдающиеся химики мира | 9 |
| Хронология открытия химических элементов | 21 |
| Атомно-молекулярное учение | 32 |
| Размеры и масса атомов и молекул | — |
| Важнейшие валентности некоторых элементов | 34 |
| Вывод химической формулы вещества по данным анализа | — |
| Вычисление состава вещества по их формулам | 35 |
| Составление химических уравнений | 36 |
| Виды химических реакций | — |
| Классификация сложных веществ | 37 |
| Виды окислов | — |
| Важнейшие кислоты | 38 |
| Важнейшие основания | 39 |
| Номенклатура кислот и средних солей | 40 |
| Основные законы химии | 41 |
| Связь между классами кислородных соединений | 42 |
| Основные законы термохимии | 44 |
| Периодический закон Д. И. Менделеева | 45 |
| Химическое равновесие | — |
| Температура разложения твердых веществ при различном давлении | 46 |
| Скорость химических реакций | — |
| Строение атомов. Модель атома Резерфорда — Бора | 47 |
| Число элементов в периодах и распределение электронов в атомах нулевой группы | 49 |

| | |
|--|----|
| Число электронов по подгруппам при различных квантовых уровнях | 49 |
| Электронные конфигурации атомов | 50 |
| Атом водорода (сравнительные данные) | 52 |
| Изотопы водорода | 53 |
| Изотопы некоторых элементов, обнаруживаемые на Земле | 54 |
| Относительное содержание изотопов некоторых элементов в земной коре | 55 |
| Различные ступени дискретного состояния материи | — |
| Некоторые элементарные частицы | 56 |
| Приемы записи ядерных реакций | 57 |
| Применение меченых атомов | — |
| Атомные и ионные радиусы | 58 |
| Изменение атомных и ионных радиусов элементов в группах и периодах | 62 |
| Связь электронов с ядром в атомах (в зависимости от положения их в периодической системе) | 63 |
| Закономерности изменения свойств элементов (в зависимости от места их в периодической системе) | 64 |
| Виды химических связей | 65 |
| Строение многоатомных молекул | 66 |
| Электроотрицательность | 67 |
| Правила электронного смещения | — |
| Шкала электроотрицательности | — |
| Вывод формул соединений, в которых электроположительный элемент проявляет свою валентность | — |
| Формулы и названия соединений | 68 |
| Водородные соединения главных подгрупп | — |
| Аллотропные модификации неметаллов | — |
| Строение аллотропных модификаций неметаллов | 69 |
| <i>Растворы</i> | 71 |
| Растворимость солей в воде (качественная характеристика) | — |
| Растворимость некоторых солей в воде (в граммах безводного вещества) | 72 |
| Растворимость кристаллогидратов в воде | — |
| Растворимость в воде некоторых малорастворимых солей (в граммах безводного вещества) | 73 |
| Растворимость газов в воде | — |
| Изменение растворимости газов с повышением температуры | — |
| Плотность и процентная концентрация растворов азотной кислоты | 74 |
| Плотность и процентная концентрация растворов серной кислоты | — |

| | |
|--|----|
| Плотность и процентная концентрация растворов соляной кислоты | 75 |
| Плотность и процентная концентрация растворов едкого кали и едкого натра | — |
| Плотность и процентная концентрация растворов аммиака | 76 |
| Таблица растворимости некоторых оснований и солей в воде | — |
| Степень ионизации электролитов | 78 |
| Водородный показатель | 79 |
| Водородный показатель сильных кислот и оснований | 81 |
| pH некоторых жидких компонентов человеческого организма | — |
| Условия, при которых ионные реакции протекают до конца | — |
| Гидролиз солей | 82 |
| Соли, применяемые для охлаждения | 83 |
| Охлаждающие смеси | — |
| Законы электролиза | 84 |
| Примеры электролиза | — |
| Электрохимические эквиваленты | 86 |
| Электрохимический ряд активности металлов | — |
| Ряд напряжений металлов | 87 |
| Дисперсные системы | 88 |

Неорганическая химия

| | |
|---|-----|
| Свойства элементов | 90 |
| Физические и химические свойства водорода | — |
| Физические и химические свойства элементов главной подгруппы I группы | 91 |
| Физические и химические свойства элементов главной подгруппы II группы | 92 |
| Физические и химические свойства элементов главной подгруппы III группы | 94 |
| Физические и химические свойства элементов главной подгруппы IV группы | 95 |
| Аллотропные модификации углерода | 96 |
| Физические и химические свойства элементов главной подгруппы V группы | 97 |
| Физические и химические свойства элементов главной подгруппы VI группы | 99 |
| Свойства кислорода и озона | 100 |
| Физические и химические свойства галогенов | — |
| Физические свойства элементов нулевой группы | 102 |
| Физические и химические свойства элементов побочной подгруппы I группы | — |

| | |
|---|-----|
| Физические и химические свойства элементов побочной под- группы II группы | 103 |
| Физические и химические свойства элементов побочной под- группы III группы | 105 |
| Физические и химические свойства элементов побочной под- группы IV группы | 106 |
| Физические и химические свойства элементов побочной под- группы V группы | — |
| Физические и химические свойства элементов побочной под- группы VI группы | 107 |
| Физические и химические свойства элементов побочной под- группы VII группы | 108 |
| Физические и химические свойства элементов семейства же- леза | 109 |
| Физические и химические свойства семейства платиновых металлов | 111 |
| Физические свойства важнейших неорганических соединений | 112 |
| Сопоставление свойств обыкновенной и тяжелой воды | 127 |
| Температура кипения воды при различных давлениях | — |
| Плотность воды при разных температурах | 128 |
| Давление паров воды при различных температурах | — |
| Свойства окиси и двуокиси углерода | — |
| Важнейшие соли угольной кислоты | 129 |
| Кремниевые кислоты | 130 |
| Строение атомов и валентность азота в аммиаке и окислах. | 131 |
| Фосфорные кислоты | — |
| Свойства двуокиси и трехокиси серы | 132 |
| Физические свойства галогеноводородов | 133 |
| Наиболее важные кислородные соединения хлора | — |
| Кислородные кислоты хлора | 134 |
| Влияние изменения валентности марганца на свойства его соединений | — |
| <i>Минералы и горные породы</i> | 135 |
| А. Минералы | — |
| Шкала твердости Мооса | 136 |
| Упрощенная шкала твердости | 137 |
| Некоторые минералы и их состав | — |
| Плотность некоторых минералов | 138 |
| Б. Горные породы | 139 |
| Классификация горных пород по их происхождению | — |
| Важнейшие горные породы | 140 |
| Основные факторы химических процессов выветривания | 141 |
| Минералогический состав земной коры | — |

| | |
|---|-----|
| Классификация магматических горных пород | 142 |
| Относительное содержание горных пород в земной коре | — |
| Относительное содержание элементов в земном шаре | — |
| Состав воздуха | 143 |
| Химическое выветривание минералов почвы | — |
| Состав гидросферы по А. Е. Ферсману, | 144 |
| Средний солевой состав воды океанов | — |

Органическая химия

| | |
|--|-----|
| <i>Классификация органических соединений</i> | 145 |
| Классификация углеводов | 150 |
| Число возможных изомеров органических соединений | 151 |
| Международная номенклатура органических соединений | — |
| <i>Физические свойства органических соединений</i> | 154 |
| Предельные неразветвленные углеводороды | — |
| Температуры кипения гексанов различного строения | 155 |
| Углеводороды ряда этилена | — |
| Углеводороды ряда ацетилена | 156 |
| Галогенопроизводные предельных углеводородов | — |
| Ароматические углеводороды ряда бензола | 157 |
| Предельные одноатомные спирты нормального строения | 158 |
| Температуры замерзания водных растворов этиленгликоля | — |
| Фенолы | — |
| Альдегиды | 160 |
| Кетоны | 161 |
| Предельные одноосновные карбоновые кислоты нормального строения | 162 |
| Двухосновные карбоновые кислоты | 163 |
| Непредельные карбоновые кислоты | 164 |
| Сложные эфиры | 165 |
| Предельные амины | — |
| Одноосновные аминокислоты | — |
| Некоторые реакции органических веществ | 166 |
| Способы получения важнейших органических веществ | 171 |
| <i>Жиры</i> | 178 |
| Среднее содержание жира в семенах и плодах различных растений | — |
| Кислотный состав животных жиров | — |
| Кислотный состав растительных масел | — |
| <i>Аминокислоты и белки</i> | 179 |
| Некоторые аминокислоты из числа постоянно встречающихся в составе белков | — |

| | |
|---|------------|
| Аминокислотный состав некоторых белков | 180 |
| Возможное число сочетаний аминокислот | 181 |
| Элементарный состав жиров, углеводов и белков | 182 |
| <i>Важнейшие гетероциклические соединения</i> | <i>183</i> |
| Пятичленные гетероциклы | — |
| Шестичленные гетероциклы | — |
| Конденсированные гетероциклические системы | 185 |
| <i>Нуклеиновые кислоты</i> | <i>—</i> |
| Производные пиримидина | — |
| Производные пурина | 184 |
| Углеводная часть нуклеотидов | — |
| Нуклеотиды, входящие в состав нуклеиновых кислот | — |
| Рибонуклеотиды | 185 |
| Строение дезоксирибонуклеиновой и рибонуклеиновой кислот | 186 |
| <i>Некоторые лекарственные вещества</i> | <i>187</i> |
| <i>Синтетические высокомолекулярные вещества</i> | <i>192</i> |
| Влияние функциональных групп на свойства полимеров | 202 |
| Физико-механические свойства природных, искусственных и синтетических волокон | — |

Химия и производство

| | |
|---|------------|
| <i>Химическая промышленность</i> | <i>204</i> |
| Основные направления развития | — |
| Рост производства некоторых видов химических продуктов | 205 |
| Важнейшие виды минерального сырья, их состав и области применения | — |
| Использование закона сохранения массы и энергии для производственных расчетов | 210 |
| Примерный упрощенный материальный баланс производства 1 т аммиака | 211 |
| Тепловой баланс производства 1 т фосфора | 213 |
| Катализаторы некоторых промышленных реакций | — |
| Важнейшие химические продукты | 214 |
| Газы и их применение | 219 |
| Окраска баллонов с сжатыми или сжиженными газами и цвет надписей на баллонах | 220 |
| Оптимизация управления химическими реакциями на производстве | 222 |
| Некоторые закономерности управления химическими реакциями | 223 |
| Модельные реакции | 224 |

| | |
|--|-----|
| Состав некоторых катализаторов | 228 |
| <i>Топливо</i> | — |
| Изменение структуры топливной промышленности в СССР | 229 |
| Рост добычи топлива в СССР | — |
| Мировое потребление основных энергоресурсов | — |
| Состав горючей массы ископаемого твердого и жидкого топлива | 230 |
| Высшая теплотворность твердого топлива | — |
| Температура воспламенения газов в воздухе | 231 |
| Теплотворность и теоретические температуры горения газов | — |
| Пределы взрываемости газов и паров | 232 |
| Антидетонационные свойства топлив для карбюраторных двигателей | — |
| Октановые числа углеводородов | 233 |
| <i>Металлургия</i> | 234 |
| Применение металлов | — |
| Рост производства черных металлов | 236 |
| Промышленная классификация металлов | — |
| Руды | 237 |
| Железные руды | — |
| Агломераты | — |
| Примерный химический состав черных металлов | — |
| Классификация сталей по химическому составу | 239 |
| Углеродистые стали | — |
| Легированные стали | — |
| Физические свойства цветных металлов | — |
| Важнейшие сплавы цветных металлов | 240 |
| Некоторые огнеупорные материалы | 242 |
| Мировое потребление минеральных удобрений | 243 |
| Рост производства минеральных удобрений в СССР | — |
| Минеральные удобрения | 244 |
| Средний химический элементарный состав живых организмов | 246 |
| Поставка минеральных удобрений сельскому хозяйству | — |
| Подразделение почв по степени кислотности | — |
| Оптимальное значение рН почвы для развития растений | 247 |
| Схема понообмена в почве | — |
| Прибавка урожая от известкования | 248 |
| Нормальные дозы извести | — |
| Элементарный состав почв по В. И. Вернадскому | — |
| Состав местных удобрений и равноценность их минеральным удобрениям | 249 |
| Прирост урожая от внесения минеральных удобрений | — |

| | |
|---|-----|
| Прибавка урожая от минеральных удобрений на различных типах почв СССР | 250 |
| Содержание питательных элементов в зерне и соломе растений при уборке урожая с 1 га | — |
| Микроэлементы | — |
| Содержание микроэлементов в растениях | 251 |
| Химические средства защиты растений — пестициды | 252 |

Химические специальности

| | |
|--|-----|
| <i>Квалификационная характеристика</i> | 260 |
| Лаборант химической лаборатории | — |

Техника лабораторных работ

| | |
|---|-----|
| <i>Химическая посуда и другие принадлежности</i> | 263 |
| Стеклопосуда | — |
| А. Посуда общего назначения | — |
| Б. Посуда специального назначения | 267 |
| В. Мерная посуда | 271 |
| Химическая посуда из новых материалов | 274 |
| Фарфоровая посуда | 275 |
| Высокоогнеупорные материалы | 277 |
| Кварцевая посуда | — |
| Металлическое оборудование | — |
| Пробки | 279 |
| Трубки и стеклянные палки | 281 |
| Мытье и сушка химической посуды | 282 |
| Дистиллированная и деминерализованная вода | 284 |
| Реактивы | 285 |
| Нагревание | 288 |
| Прокаливание | 289 |
| Весы и взвешивание | — |
| Измерение температуры | 295 |
| Растворение | 296 |
| Расчеты при приготовлении растворов процентной концентрации | 297 |
| Расчеты при приготовлении растворов нормальной концентрации | 298 |
| Разбавление растворов | 299 |
| Фильтрование | — |
| Дистилляция, или перегонка | 306 |
| Сублимация, или возгонка | 309 |
| Экстрагирование | 310 |
| Выпаривание | 311 |
| Кристаллизация | 312 |

| | |
|--|---------|
| Высушивание | 313 |
| Определение плотности | 314 |
| О безопасности при работе в химической лаборатории | 316 |
| Отравления | — |
| Ожоги | — |
| Взрывы | 318 |
| Порезы | 319 |
| Пожары | — |
| П р и л о ж е н и я | 320 |
| Краткий словарь химических терминов | — |
| Международная система единиц СИ | 330 |
| Приставки для образования кратных и дольных единиц | 331 |
| Латинские и греческие числительные | — |
| Греческий алфавит | 332 |
| Справочники | 333 |
| Предметный указатель | 334 |

СПРАВОЧНИК ПО ХИМИИ

Редактор О. П. Федорович. Переплет Ю. П. Тараканова. Художественный редактор А. В. Сафонов. Технический редактор В. Ф. Коскина. Корректор О. М. Захарова. Сдано в набор 2.IX 1966 г. Подписано к печати 10.III 1970 г. 70×108¹/₃₂. Бумага тип. № 1. Печ. л. 11,0. Усл. печ. л. 15,4. Уч.-изд. л. 15,44. Тираж 100 тыс. экз. (Пл. 1970 г. № 247) А 11524. Заказ № 577. Издательство «Просвещение» Комитета по печати при Совете Министров РСФСР. Москва, 3-й проезд Марьиной Рощи, 41. Отпечатано с матриц Саратовского полиграфкомбината в типографии издательства «Таврида» Крымского ОК КПУ, Симферополь, проспект Кирова, 32/1. Зак. 117.

Цена без переплета 39 к., переплет 15 к.

БЕСПЛАТНЫЕ УЧЕБНИКИ ВРЕМЕН СССР

**БОЛЬШАЯ БИБЛИОТЕКА
НА САЙТЕ
«СОВЕТСКОЕ ВРЕМЯ»**

SOVIETIME.RU

СКАЧАТЬ