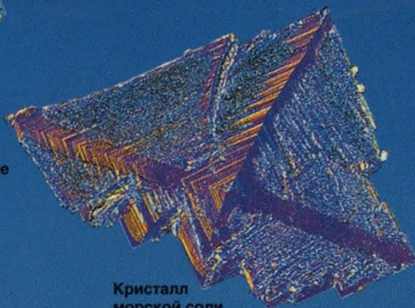




Мыльные пазуры на воде



Кристалл морской соли

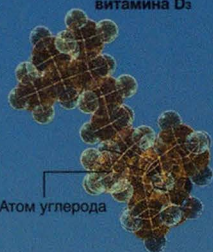


Электрическая лампочка

Газообразный аргон

Вольфрамовая нить

Компьютерная модель витамина D₃



Атом углерода

Кристаллы фоллевой кислоты



ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ СЛОВАРЬ ХИМИИ

Прекрасное справочное пособие для изучающих химию



Золото

Мягкий, блестящий, ковкий металл

Бунзеновская горелка

Несветящаяся пламя



Металлическая трубка

Батарейки



Отрицательный полюс

Положительный полюс



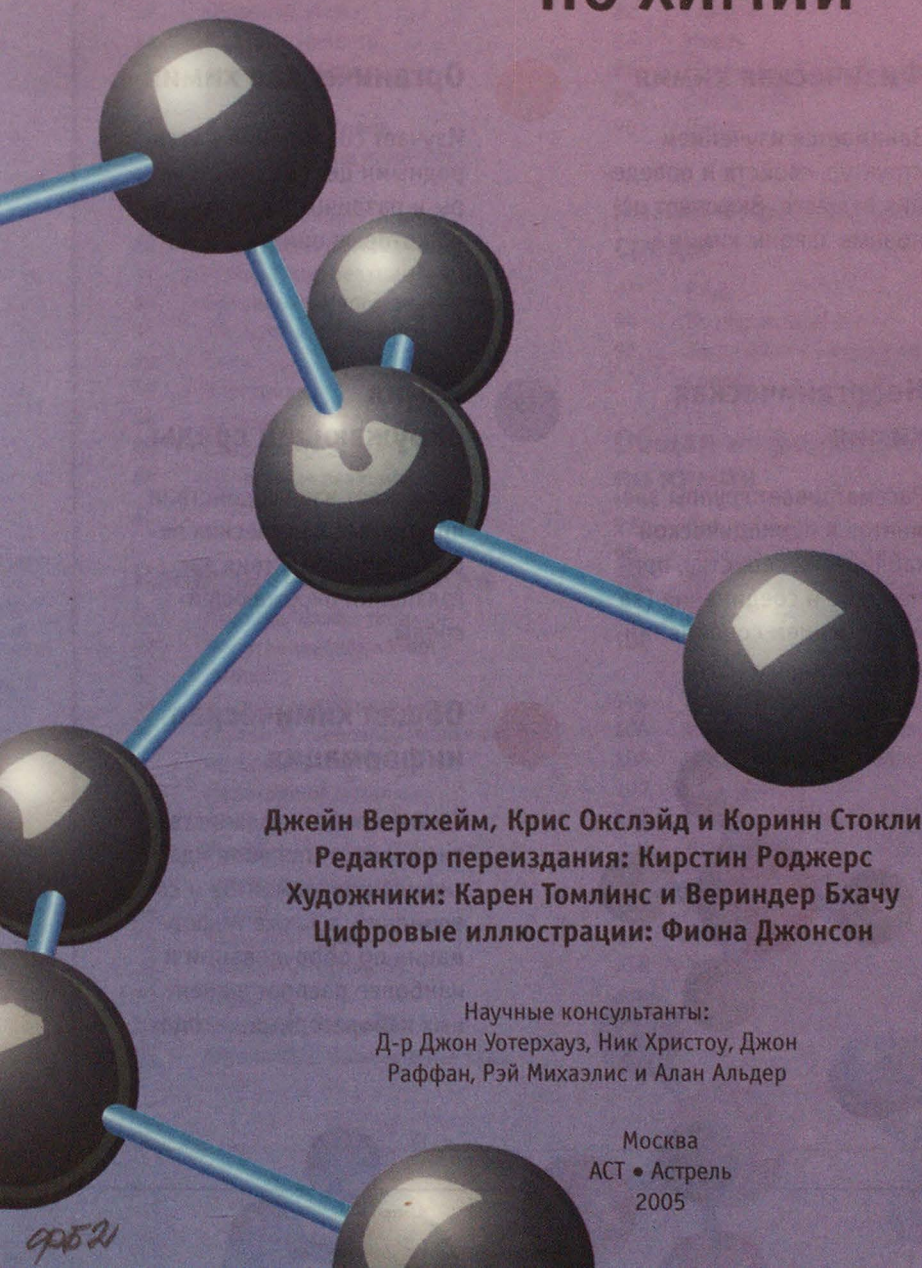
Простая схема, предназначенная для покрытия предмета слоем меди

Пробирка

Возгонка твердого диоксида углерода



ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ СЛОВАРЬ ПО ХИМИИ



Джейн Вертхейм, Крис Окслейд и Коринн Стокли
Редактор переиздания: Кирстин Роджерс
Художники: Карен Томлинс и Вериндер Бхачу
Цифровые иллюстрации: Фиона Джонсон

Научные консультанты:

Д-р Джон Уотерхауз, Ник Христоу, Джон
Раффан, Рэй Михаэлис и Алан Альдер

Москва
АСТ • Астрель
2005

99521

О ХИМИИ

Химия – это наука об элементах, которые образуют все существующие вещества. Она изучает их строение, то, как они соединяются, образуя другие вещества, и как они реагируют при различных условиях. В этой книге химия разделена на пять обозначенных разными цветами разделов. Области, охватываемые этими разделами, объясняются ниже.



Физическая химия

Занимается изучением структур, свойств и поведения веществ. Включает основные законы химии.



Органическая химия

Изучает соединения с углеродными цепями, их структуры и различные группы, на которые они делятся.



Неорганическая химия

Рассматривает группы элементов в периодической таблице, их свойства, применение и соединения (за исключением соединений углерода).



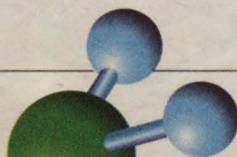
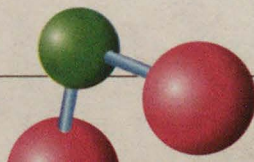
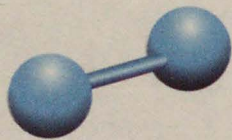
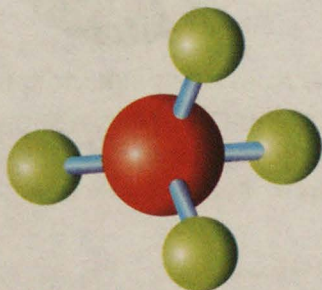
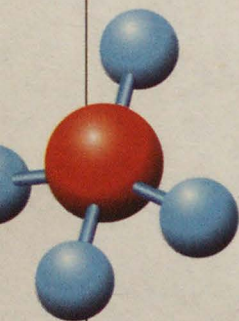
Химия окружающей среды

Объясняет взаимодействие природных химических веществ и последствия загрязнения окружающей среды.



Общая химическая информация

Схемы и таблицы свойств, символов и способов идентификации элементов и соединений, а также информация об оборудовании и наиболее распространенных лабораторных методах.





2005102371

Физическая химия

- 4 Физическая химия
- 5 Свойства и изменения
- 6 Состояния вещества
- 8 Элементы, соединения и смеси
- 10 Атомы и молекулы
- 12 Строение атома
- 14 Радиоактивность
- 16 Химическая связь
- 21 Кристаллы
- 24 Измерение атомов
- 26 Представление химических веществ
- 28 Газовые законы
- 30 Растворы и растворимость
- 32 Химические реакции и энергия
- 34 Окисление и восстановление
- 36 Кислоты и основания
- 39 Соли
- 42 Электролиз
- 44 Активность
- 46 Скорости реакций
- 48 Обратимые реакции

Неорганическая химия

- 50 Периодическая таблица
- 52 Неорганическая химия
- 53 Водород
- 54 Группа I, щелочные металлы
- 56 Группа II, щелочноземельные металлы
- 58 Переходные металлы
- 60 Железо, медь и цинк
- 62 Элементы группы III
- 63 Элементы группы IV
- 64 Углерод
- 66 Элементы группы V
- 69 Элементы группы VI
- 70 Сера
- 72 Группа VII, галогены
- 75 Группа VIII, благородные газы

Органическая химия

- 76 Органическая химия
- 78 Алканы
- 79 Алкены
- 80 Алкины
- 80 Другие гомологические ряды
- 82 Спирты
- 84 Нефть
- 86 Полимеры и пластмассы
- 88 Детергенты
- 90 Пища

Химия окружающей среды

- 92 Вода
- 94 Воздух и горение
- 96 Загрязнение окружающей среды

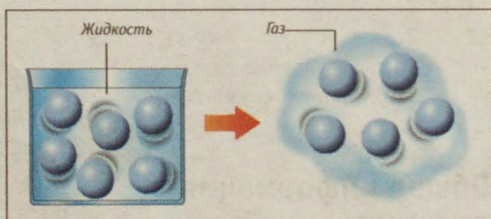
Общая информация по химии

- 97 Ряд активности
- 98 Свойства элементов
- 100 Наименование простых органических соединений
- 102 Лабораторное получение шести распространенных газов
- 104 Лабораторные анализы
- 106 Исследование веществ
- 108 Качественный и количественный анализ
- 109 Приборы
- 112 Таблица веществ, символов и формул
- 114 Величины и единицы измерения
- 116 Словарь
- 118 Указатель

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Физическая химия — это наука о вытекающих из **химических** и **физических** свойств веществ закономерностях их поведения в **химических реакциях** при различных условиях. Как правило, физическая химия подразумевает измерения того или иного рода. В разделе физической химии этой книги вы можете узнать о следующих областях:

1. Твердые тела, жидкости и газы, переходы между этими состояниями и причины этих переходов в связи со строением вещества (см. **состояния вещества**, с. 6–7, **кинетическая теория**, с. 9, и **газовые законы**, с. 28–29).



2. Физический и химический состав веществ — их частицы и связи между ними (см. **элементы, соединения и смеси**, с. 8–9, **атомы и молекулы**, с. 10–11, **химические связи**, с. 16–20, и **кристаллы**, с. 21–23).



3. Строение атома и его значение в строении веществ (см. **строение атома** и **радиоактивность**, с. 12–15).

Строение атома натрия



4. Измерение величин и взаимосвязь между количествами газов, жидкостей и твердых веществ (см. **измерение атомов**, с. 24–25).

Измерение относительной атомной массы

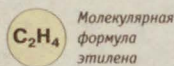


Многие глубоководные рыбы светятся, так как в результате химических реакций в их клетках выделяется световая энергия.

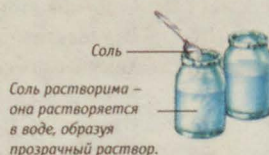
5. Представление химических веществ и химических реакций (см. **представление химических веществ**, с. 26–27).



Оба эти способа представления молекулы этилена показывают, что в ней содержится два атома углерода и четыре атома водорода.



6. Как вещества смешиваются (см. **растворы и растворимость**, с. 30–31).



7. Изменения во время химической реакции (см. **химические реакции и энергия**, с. 32–33, и **скорости реакций**, с. 46–47) и отдельные типы реакций (см. **окисление и восстановление**, с. 34–35, и **обратимые реакции**, с. 48–49).



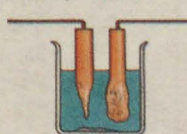
8. Особые типы химического поведения (см. **кислоты и основания**, с. 36–38, и **соли**, с. 39–41).

Хлороводородная кислота и гидроксид натрия (щелочной раствор) реагируют друг с другом, образуя соль, хлорид натрия. Растворы были подкрашены **лакмусом***, чтобы показать, являются ли они кислотными, щелочными или нейтральными.



9. Действие электричества на вещества и выработка электричества в результате реакций (см. **электролиз**, с. 42–43, и **химическая активность**, с. 44–45).

Электролиз меди



10. Разные степени активности, проявляемые веществами, и причины этого (см. **химическая активность**, с. 44–45).

Стагалагмиты и стагалагмиты постепенно образуются в результате медленной химической реакции между карбонатом кальция в известняке и угольной кислотой в дождевой воде.

СВОЙСТВА И ИЗМЕНЕНИЯ

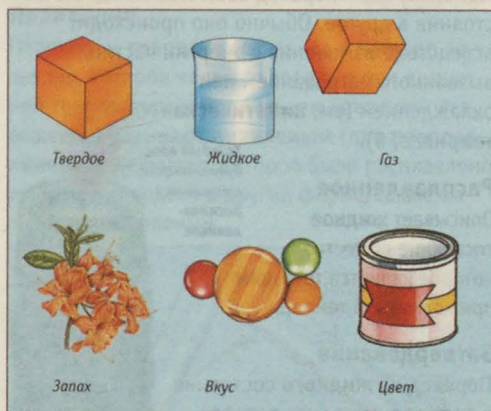
Физические свойства

Все свойства вещества, за исключением тех, которые влияют на его поведение в **химических реакциях**. Существуют две их основные разновидности – **качественные свойства** и **количественные свойства**.

Качественные свойства

Наглядные свойства вещества, которым не может быть придано математическое значение. Это такие характеристики, как запах, вкус и цвет.

Некоторые качественные свойства, используемые для характеристики веществ.



Количественные свойства

Свойства, которые могут быть измерены и выражены определенным числовым значением, например: температура плавления, температура кипения, **масса***, **растворимость*** и **плотность***. Другие примеры приведены ниже.

Некоторые количественные свойства, используемые для характеристики веществ



Физическое изменение

Изменение, которое происходит, когда меняется одно или несколько **физических свойств** вещества. Оно обычно легко обратимо.

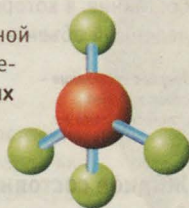


Мороженое тает, т. е. переходит из твердого состояния в жидкое, под действием тепла Солнца.

Физическое изменение – переход из твердого состояния в жидкое – вызывается добавлением энергии частицам вещества (см. **кинетическая теория**, с. 9).

Химические свойства

Свойства, являющиеся причиной специфического поведения веществ в **химических реакциях**



Химические свойства зависят от **электронной конфигурации***, **вида химической связи***, изменений структуры и энергии.

Химическая реакция

Любое изменение, которое влияет на **химические свойства** вещества или образует новое вещество. В процессе реакции из **исходных веществ** (**реагентов**) образуются **продукты реакции**.

Исходные вещества (реагенты)

Вещества, существующие в начале **химической реакции**.

Продукты

Вещества, образующиеся в химической реакции.

Ржавление* железа является химической реакцией. Эта реакция довольно медленная – многие реакции протекают значительно быстрее.

Железо, вода и кислород воздуха являются **исходными веществами**.

Ржавчина* является продуктом реакции.



Реактив (реагент)

Вещество, используемое, чтобы начать **химическую реакцию**. Оно также является одним из **исходных веществ**.

* Ковкость, 117 (Ковкий); Масса, 117; Плотность, 116; Растворимость, 31; Ржавление, 95 (Коррозия); Ржавчина, 60; Химическая связь, 16; Эластичность, 116 (Эластичный); Электронная конфигурация, 13; Электропроводность, 116 (Проводник).

СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

Вещество может быть **твердым, жидким** или **газообразным**. Это **физические состояния**, или **состояния вещества** (обычно сокращается до **состояний**). Вещества могут переходить из состояния в состояние, обычно если их нагревают или охлаждают для увеличения или уменьшения энергии частиц (см. **кинетическая теория**, с. 9).

Твердое состояние

Состояние, в котором вещество имеет определенный объем и форму.

Твердое состояние – объем и форма остаются теми же.



Жидкое состояние

Состояние, в котором вещество имеет определенный объем, но может менять форму.

Жидкое состояние – объем остается тем же, а форма меняется



Газообразное состояние

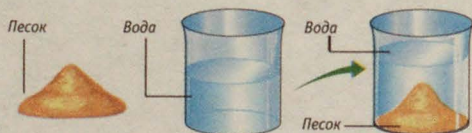
Состояние, в котором вещество не имеет определенного объема или формы. Оно объединяет **пар** и **газ**. Пар может быть превращен в жидкость применением одного лишь давления; газ сначала должен быть превращен в пар снижением его температуры ниже уровня, называемого его **критической температурой**.

Газообразное состояние – форма и объем меняются.



Фаза

Отдельная часть смеси веществ с разными физическими и химическими свойствами. Смесь песка и воды содержит две фазы, так же как смесь масла и воды.



Текущее

Вещество, которое может течь, т. е. в **газообразном** или **жидком состоянии**.



Кристаллы льда – твердая форма воды

Изменения состояния

Изменение состояния – это **физическое изменение***, или переход вещества из одного состояния в другое. Обычно оно происходит вследствие изменения в энергии частиц, вызванного нагреванием или охлаждением (см. **кинетическая теория**, с. 9).

Расплавленное

Описывает **жидкое** состояние вещества, которое является **твердым** при комнатной температуре.

Твердый воск, будучи нагрет, становится расплавленным.



Затвердевание

Переход из **жидкого** состояния в **твердое** вещества, которое является твердым при комнатной температуре и атмосферном давлении.

Плавление

Переход из **твердого** состояния в **жидкое**, обычно вызванный нагреванием. Температура, при которой твердое вещество плавится, называется его **точкой плавления** (см. также с. 98–99), которая совпадает с его **точкой заморозки** (см. **заморозание**). В точке плавления вещество одновременно существует и в твердом, и в жидком состоянии. Увеличение давления ведет к повышению температуры плавления.

Лед (твердая форма воды) плавится при 0 °C, или 273 К. Добавление веществ, таких как апельсиновый сок, к воде может понизить его точку плавления.



Замерзание

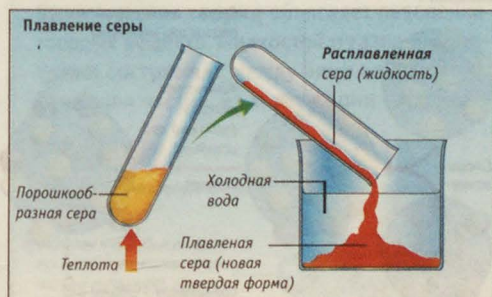
Переход из **жидкого** состояния в **твердое**, вызванный охлаждением жидкости. Температура, при которой вещество замерзает, это **точка замерзания**, которая совпадает с **точкой плавления** (см. плавление).

Вода **замерзает** при 0°C , или 273 K . Добавленные вещества, такие как соль в морской воде, могут понижать ее **точку замерзания**.



Плавление

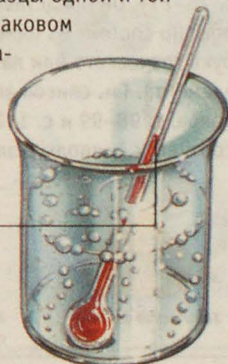
Переход из **твердого** состояния в **жидкое** вещества, которое является твердым при комнатной температуре и нормальном давлении. Это вещество называют **плавленным** (или **расплавленным**). Вещество, которое было расплавлено и затем затвердело в другой форме, также называется плавленным.



Кипение

Переход из **жидкого** состояния в **газообразное** (пар) при температуре, называемой **точкой кипения** (см. также с. 98–99). Оно проявляется образованием пузырьков во всем объеме жидкости. Все чистые образцы одной и той же жидкости при одинаковом давлении имеют одинаковую точку кипения. Увеличение давления повышает точку кипения. Уменьшение давления снижает точку кипения.

100°C



Вода кипит при 100°C , или 373 K .

Испарение

Переход из **жидкого** состояния в **газообразное** (пар) вследствие улетучивания молекул с поверхности жидкости. Жидкость, которая легко испаряется, называют **летучей**.

Чем теплее воздух, тем больше жидкости испаряется в него. В жарких джунглях дождевые капли быстро испаряются, образуя водяной пар.



Сжижение

Переход из **газообразного** состояния (газ) в **жидкое** вещества, которое является газом при комнатной температуре и нормальном давлении. Оно вызывается охлаждением (для образования пара) и увеличением давления.

Некоторые газы **сжижают** для транспортировки.



Конденсация

Переход из **газообразного** состояния (газ или пар) в жидкое вещества, которое является **жидкостью** при комнатной температуре и нормальном давлении. Обычно вызывается охлаждением.

На улице



Возгонка, или сублимация

Переход вещества из **твердого** состояния в **газообразное** (газ через пар) при нагревании. Ни на одном этапе не образуется **жидкость**. См. рисунок, с. 48.

Парообразование

Любое изменение, приводящее к **газообразному** состоянию, т. е. кипение, испарение или возгонка (сублимация).

ЭЛЕМЕНТЫ, СОЕДИНЕНИЯ И СМЕСИ

Элементы, соединения и смеси являются тремя основными типами химических веществ. Большинство природных веществ состоят из нескольких компонентов.

Элемент (простое вещество)

Вещество, которое не может быть разложено на более простые вещества химической реакцией. Существует немногим более 100 известных элементов, систематизированных в **периодической таблице***, и большинство из них при комнатной температуре являются твердыми веществами или газами. Все атомы одного и того же элемента имеют одинаковое число **протонов*** в их **ядрах*** (см. **атомный номер**, с. 13).

Железо и сера являются элементами – они не могут быть расщеплены на более простые вещества.



Порошкообразная сера



Железные опилки

Соединение

Сочетание двух или более **элементов**, связанных каким-нибудь образом вместе. Оно имеет другие физические и химические свойства, чем элементы, из которых оно состоит. Доля каждого элемента в соединении постоянна, например, вода всегда образована из двух частей водорода и одной части кислорода. Это показано ее химической **формулой***, H_2O . Соединения зачастую трудно расщепить на составляющие их элементы, которые могут быть разделены только в результате химической реакции или **электролиза*** – процесса, в котором для того, чтобы вызвать химическое изменение, используется электрический ток.

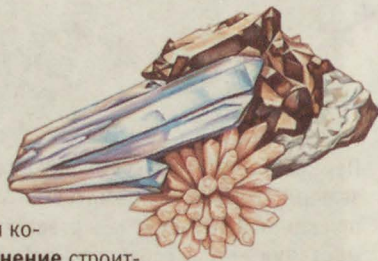


В состав стекла входят **соединения**, состоящие из элементов кальция, кремния, кислорода и натрия.

Вода является соединением кислорода и водорода.

Бинарное, или двойное

Характеризует **соединение**, состоящее только из двух **элементов**, например оксид углерода(II), который содержит только углерод и кислород.



Кварц является **соединением** кремния с кислородом. Температура и давление, при которых имеет место **синтез**, влияют на структуру образованного минерала.

Синтез

Процесс, при котором **соединение** строится из его **элементов** или из более простых соединений через последовательность химических реакций, например, хлорид железа(III) получают пропусканием газообразного хлора через нагретое железо.

Смесь

Объединение двух или более **элементов** и/или **соединений**, не связанных химически. Доля каждого элемента или соединения не является постоянной, и все они сохраняют собственные свойства. Смесь обычно сравнительно легко может быть разделена на составляющие ее элементы или соединения физическими средствами.

Элемент 1



Элемент 2

Смесь – неизменные атомы или молекулы

Химическая реакция (если она происходит)

Соединение – атомы или молекулы в новом сочетании (см. **химическая связь**, с. 16–20).

Химический символ

Сокращенный способ изображения **элементов** в **формулах** и **уравнениях** (см. с. 26–27). Он представляет один атом и обычно состоит из одной или двух первых букв греческого или латинского названия элемента. См. список элементов и их символов, с. 98–99 и с. 112–113, чтобы соотнести символы с элементами.

Сера



Химический символ S

Железо

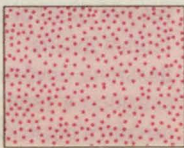


Химический символ Fe – латинское название железа ferrum.

Гомогенное

Характеризует вещество, в котором все частицы находятся в одной и той же **фазе***, например **растворы*** (физические и химические свойства одинаковы по всему объему).

Гомогенное

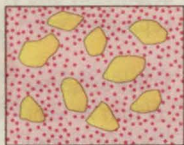


Все частицы находятся в одинаковой **фазе***.

Гетерогенное

Характеризует вещество, в котором частицы находятся более чем в одной **фазе***, например **суспензии*** (свойства твердых частиц отличаются от свойств жидкости).

Гетерогенное



Частицы находятся в разных **фазах***.



Песок на берегу моря является **гетерогенной** смесью крошечных частиц кварца, ракушек и органического вещества.

Чистое

Характеризует образец вещества, который состоит только из одного **элемента** или **соединения**. Оно не содержит никакого другого вещества ни в какой доле. Если вещество содержит следы другого элемента или соединения, оно характеризуется как **неочищенное**, а другое вещество называется **примесью**.

Кинетическая теория

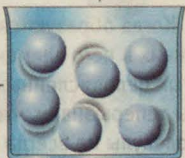
Кинетическая теория объясняет поведение твердых веществ, жидкостей и газов и **изменения состояния*** между ними на основе движения частиц, из которых они состоят.

Согласно кинетической теории:

Частицы в твердых веществах плотно упакованы вместе. Они вибрируют, но не могут сдвинуться с места.

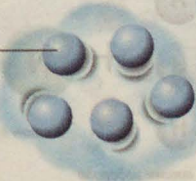


Нагрев придает частицам достаточно энергии, чтобы разрушить связи, удерживающие их вместе.



Частицы в жидкости находятся достаточно близко друг к другу, но могут свободно передвигаться.

В конечном счете нагрев придает частицам достаточно энергии, чтобы убежать с поверхности жидкости, образуя газ.



Газ состоит из изолированных частиц, движущихся с высокими скоростями.

Чем выше скорость и частота соударений молекул газа с поверхностями или друг с другом, тем выше давление.

Броуновское движение

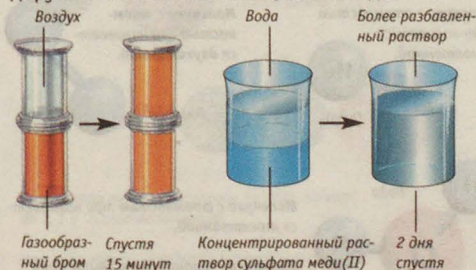
Беспорядочное движение маленьких частиц в воде или воздухе. Оно подтверждает кинетическую теорию, так как, несомненно, вызывается невидимыми столкновениями с молекулами воды или воздуха.



Можно наблюдать, что пылевые зерна в воде беспорядочно перемещаются. Они подвергаются ударам молекул воды.

Диффузия

Процесс, путем которого два **текущих вещества*** (жидкости или газа) смешиваются без механического воздействия. Процесс подтверждает кинетическую теорию, так как частицы должны двигаться, чтобы смешиваться, и можно наблюдать, что видимые газы, такие как пары брома (ниже), диффундируют быстрее, чем жидкости. Диффундируют только **смешивающиеся*** жидкости.



* Изменение состояния, 6; Раствор, 30; Смешивающиеся, 31; Суспензия, 31; Текучее (вещество), 6; Фаза, 6.

АТОМЫ И МОЛЕКУЛЫ

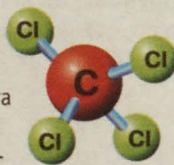
Более 2000 лет назад греки предположили, что все вещества состоят из маленьких частиц, которые они называли **атомами**. Позднейшие теории расширили это представление, включив в него **молекулы** – атомы, соединенные вместе. **Неорганические*** молекулы обычно содержат лишь несколько атомов, а **органические*** молекулы могут содержать сотни атомов.

Атом

Мельчайшая частица элемента, сохраняющая его химические свойства. Атомы многих элементов связаны вместе в группы, образуя частицы, называемые **молекулами** (см. также **ковалентная связь**, с. 18). Атомы состоят из трех основных типов более мелких частиц – см. **строение атома**, с. 12.

Молекула

Мельчайшая частица элемента или соединения, которая обычно существует самостоятельно и еще сохраняет его свойства. Молекулы обычно состоят из двух или более атомов, связанных вместе, некоторые имеют тысячи атомов. **Ионные соединения*** состоят из **ионов*** (электрически заряженных частиц) и не имеют молекул.



Молекулы тетрахлорометана (CCl_4) состоят из одного **атома** углерода и четырех **атомов** хлора.



Молекулы неона состоят из единственного **атома** неона.

Атомность

Число **атомов** в молекуле, рассчитанное из **молекулярной формулы*** соединения.

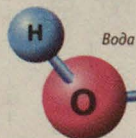
Молекула с атомностью один называется **одноатомной**.



Гелий

Молекула с атомностью два называется **двухатомной**.

Водород



Вода

Молекула с атомностью три называется **трехатомной**.

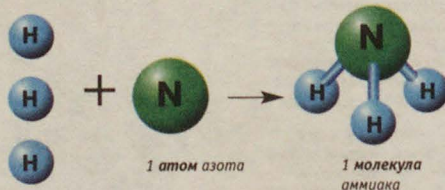
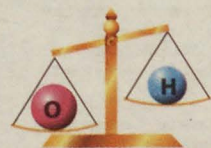
Молекула с атомностью свыше трех называется **многоатомной**.

Атомная теория Дальтона

Теория Джона Дальтона, опубликованная в 1808, пытается объяснить, как **атомы** ведут себя. Она до сих пор остается в целом справедливой. Она утверждает, что:



1. Все вещество состоит из мельчайших частиц, называемых **атомами**.
2. Атомы не могут быть созданы, уничтожены или разделены. (Это положение в дальнейшем было опровергнуто – см. **радиоактивность**, с. 14.)
3. Все атомы одного и того же элемента имеют одинаковые свойства и одинаковую массу. (Это положение в дальнейшем было опровергнуто – см. **изотоп**, с. 13.)
4. Атомы разных элементов имеют разные свойства и разные массы.
5. Когда образуются соединения, атомы входящих в него элементов соединяются в простых целочисленных соотношениях. (Однако мы теперь знаем, что большие **органические** молекулы не всегда соединяются в целочисленных соотношениях.)



3 атома водорода

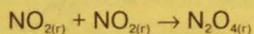
1 атом азота

1 молекула аммиака

Димер

Вещество с **молекулами**, образованными путем соединения двух молекул **мономера*** (сравнительно небольшой молекулы).

Две молекулы диоксида азота (**мономера***) соединяются, образуя тетраоксид азота (**димер***).



Диоксид азота

Диоксид азота

Тетраоксид азота

Тример

Вещество с **молекулами**, образованными соединением трех молекул **мономера***.

Макромолекула

Молекула, состоящая из большого числа **атомов**. Это обычно **органическая*** молекула с очень высокой **относительной молекулярной массой***.

Основные законы химии

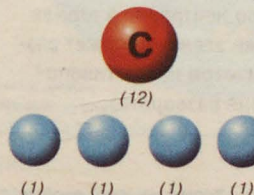
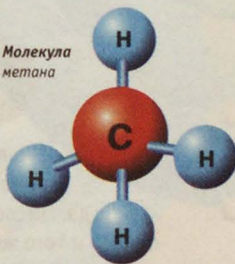
В конце восемнадцатого и начале девятнадцатого века были сформулированы три закона химии. Два из них предшествовали **атомной теории Дальтона**, а третий (**закон кратных отношений**) был развит на ее основе. Эти законы имели огромное значение для развития атомной теории.

Закон постоянства состава

Гласит, что все чистые образцы одного и того же химического вещества содержат одни и те же элементы, соединенные в одинаковых соотношениях по массе. Он был сформулирован французом Жозефом Прустом в 1799 году.

Все молекулы метана (см. справа) содержат четыре атома водорода (**относительная атомная масса* 1**) и один атом углерода (**относительная атомная масса 12**) – см. ниже.

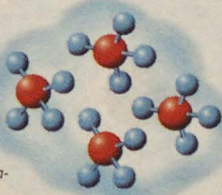
Молекула метана



Соотношение углерода к водороду по массе = $12:4 = 3:1$.

Все чистые образцы вещества содержат целое число молекул (т. е. в соединениях не присутствуют части молекул).

Таким образом, все образцы метана содержат углерод и водород в соотношении 3:1 по массе.



Закон сохранения массы

Гласит, что материя во время химической реакции не может ни создаваться, ни уничтожаться. Он был сформулирован французом Антуаном Лавуазье в 1774 году.

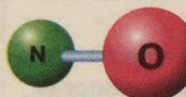
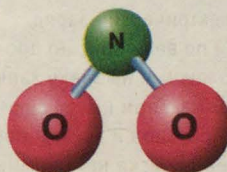


Закон кратных отношений

Гласит, что если два элемента, А и В, могут соединяться, образуя более чем одно соединение, то разные массы А, которые соединяются с постоянной массой В в каждом соединении, находятся в простом соотношении. Он является следствием **атомной теории Дальтона**.

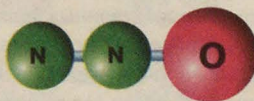
Пример для одного атома азота:

Диоксид азота (оксид азота(IV)), NO_2



Моноксид азота (оксид азота(II)), NO

Оксид диазота, N_2O



Количество **атомов** кислорода на атом водорода 2, 1 и $1/2$, соответственно.

Массы кислорода находятся в соотношении 4:2:1

* Мономеры, 86; Органическая химия, 76;
Относительная атомная масса, Относительная молекулярная масса, 24.

СТРОЕНИЕ АТОМА

Атомная теория Дальтона (см. с.10) гласит, что атом является наименьшей возможной частицей. Однако эксперименты доказали, что он содержит более мелкие частицы, или **внутриатомные частицы**. Три основных внутриатомных частицы – это **протоны** и **нейтроны**, которые образуют ядро, и **электроны**, которые расположены вокруг ядра.

Ядро, или атомное ядро

Структура в центре атома, состоящая из протонов и нейтронов (обычно примерно одинаковое число тех и других у легких элементов, с увеличением доли нейтронов у тяжелых элементов), плотно упакованных вместе, вокруг которой движутся **электроны**. Ядро составляет почти всю общую массу атома, но является очень маленьким по отношению к общему размеру.

Протон

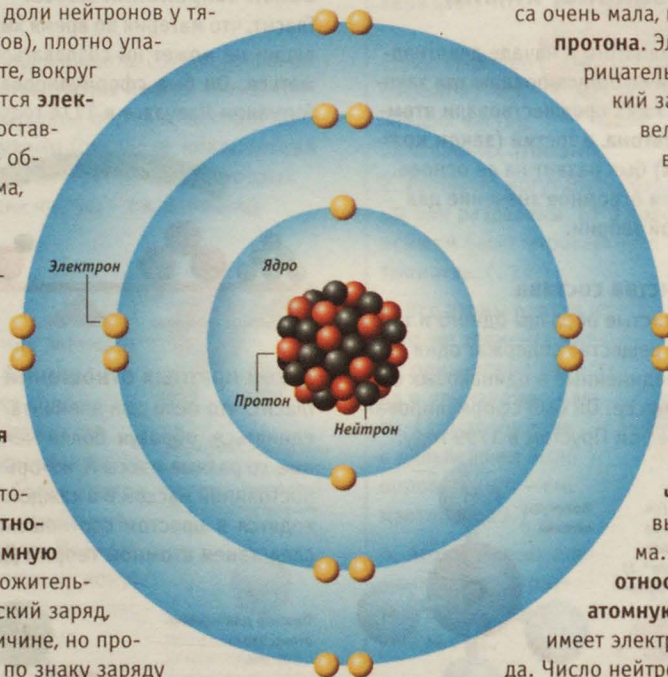
Внутриатомная частица (см. выше) в ядре атома. Он имеет **относительную атомную массу*** 1 и положительный электрический заряд, равный по величине, но противоположный по знаку заряду **электрона**. Атом имеет одинаковое число протонов и электронов, что делает его электрически нейтральным.

Электрон

Внутриатомная частица (см. выше), которая движется вокруг **ядра** атома в пределах **электронной оболочки**. Его масса очень мала, всего $\frac{1}{1836}$ массы **протона**. Электрон имеет отрицательный электрический заряд, равный по величине, но противоположный по знаку заряду протона. В атоме имеется одинаковое число электронов и протонов.

Нейтрон

Внутриатомная частица (см. выше) в ядре атома. Нейтрон имеет **относительную атомную массу*** 1 и не имеет электрического заряда. Число нейтронов в атомах одного и того же элемента может различаться (см. **изотоп** на противоположной странице разворота).



Электронная оболочка, или уровень

Область пространства, в которой **электроны** движутся вокруг **ядра** атома. Атом может иметь до семи электронных уровней, радиус которых увеличивается с расстоянием от ядра. Каждый из них может содержать не более определенного числа электронов. Модель справа является упрощенной – в действительности точное положение электронов никогда не может быть определено, и каждый уровень состоит из **орбиталей**.



Первые три электронных уровня

Первый уровень может содержать один или два электрона.

Второй уровень может содержать до восьми электронов.

Третий уровень может содержать до 18 электронов.

Четвертый уровень может содержать до 32 электронов.

Орбиталь

Область, в которой могут находиться один или два электрона. Каждый **электронный уровень** состоит из одной или более орбиталей различных форм. Орбитали одинаковой формы одного уровня образуют **подуровень**. Каждый подуровень может содержать не более определенного числа электронов.

Внешний уровень

Последний **электронный уровень**, в котором есть **электроны**. Число электронов во внешнем уровне влияет на то, как элемент реагирует (участвует в реакциях) и к какой он **группе** принадлежит (см. **периодическая система**, с. 50–51).

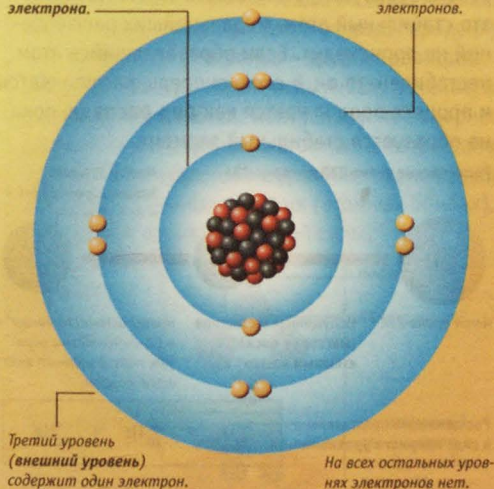
Электронная конфигурация

Группа чисел, которые показывают расположение **электронов** в атоме. Числа – это количество электронов в каждом **электронном уровне**, начиная с самого глубокого.

Атом натрия – электронная конфигурация 2.8.1

Первый уровень
содержит два
электрона.

Второй уровень
содержит восемь
электронов.



Октет

Группа из восьми **электронов** на одном **электронном уровне**. Атомы с октетом на **внешнем уровне** являются очень стабильными. Все **благородные газы*** (кроме гелия) имеют такой октет. Другие атомы могут достигать стабильного октета (и таким образом иметь электронную конфигурацию, сходную с таковой ближайшего благородного газа) или обобществлением электронов с другими атомами (см. **ковалентная связь**, с. 18), или присоединением или потерей электронов (см. **ионная связь**, с. 17).

* Благородные газы, 7

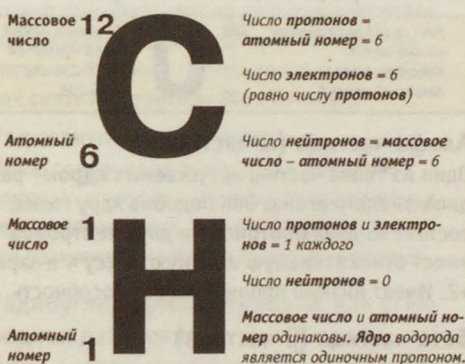
Атомный номер

Число **протонов** в ядре атома. Атомный номер определяет тип атома, например, любой атом с шестью протонами – углерод, независимо от числа **нейтронов** и **электронов**.

Массовое число

Суммарное число **протонов** и **нейтронов** в одном атоме элемента. Массовое число элемента может быть разным, поскольку число нейтронов может меняться (см. ниже **изотоп**). Массовое число легких элементов обычно примерно вдвое больше атомного номера, а у тяжелых элементов еще больше.

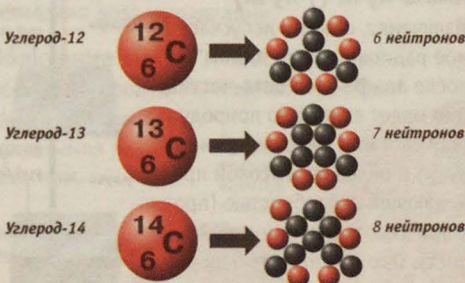
Атомный номер и массовое число часто записываются вместе с символом элемента



Изотоп

Атом элемента, в котором число **нейтронов** отличается от такового в другом атоме того же элемента. Изотопы элемента имеют один и тот же **атомный номер**, но разные **массовые числа**. Изотопы различают написанием массового числа с названием или символом элемента.

Три изотопа углерода



РАДИОАКТИВНОСТЬ

Радиоактивность возникает, когда **ядра*** атомов превращаются в ядра других элементов, испуская лучи или частицы (**радиацию**, или **радиоактивное излучение**); этот процесс известен как **радиоактивный распад**. Радиоактивный элемент — это такой элемент, ядра которого постепенно расщепляются подобным образом. Такие ядра распадаются, поскольку они нестабильны. Это обычно обусловлено тем, что они имеют очень большое **массовое число** или несоответствие между числом **протонов*** и **нейтронов***.



Радиоизотоп, или **радиоактивный изотоп** Общий термин для радиоактивного вещества, поскольку все они являются **изотопами***. Существует некоторое количество природных радиоизотопов, таких как углерод-14 и уран-238, остальные образуются различными путями.

Уран со 146 нейтронами* 238	U	Он также может быть обозначен как U-238 или уран-238.
Массовое число* —		
Атомный номер* — 92		

Альфа-частица (α-частица)

Один из типов частиц, испускаемых **ядром*** радиоактивного атома. Она подобна ядру гелия, состоит из двух **протонов*** и двух **нейтронов***, имеет **относительную атомную массу 4** и заряд +2. Имеет низкую проникающую способность.

Бета-частица (β-частица)

Быстродвижущаяся частица, испускаемая радиоактивным **ядром***. Она может представлять собой **электрон*** или **позитрон** (который подобен электрону, но заряжен положительно) и может проникать сквозь предметы, которые имеют низкую плотность и/или толщину, такие как бумага.

Источник радиации



Гамма-лучи (γ-лучи)

Излучение, обычно испускаемое радиоактивным **ядром*** после **альфа-** или **бета-частиц**. Оно имеет волновую природу (как свет или рентгеновские лучи) и обладает высокой проникающей способностью (проходит сквозь алюминиевый лист). Оно может быть задержано толстым слоем свинца.

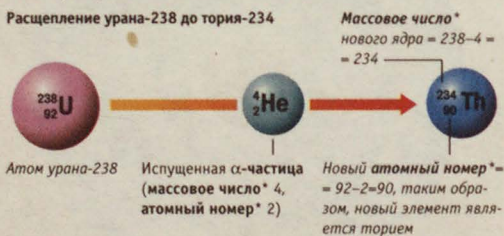
Радиоактивный распад

Процесс, в ходе которого **ядра*** радиоактивного элемента подвергаются ряду **расщеплений** (**ряд распада**), становясь в результате стабильными ядрами другого элемента.

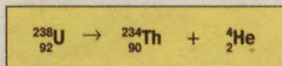
Расщепление

Разделение нестабильного **ядра** на две части, обычно на другое ядро и **альфа-** или **бета-частицу**. **Атомный номер*** изменяется, и, таким образом, образуется атом нового элемента. Если это стабильный атом, то дальнейших расщеплений не происходит. Если образовавшийся атом нестабилен, то он, в свою очередь, расщепляется, и процесс продолжается как **ряд распада**, пока не образуется стабильный элемент.

Расщепление урана-238 до тория-234



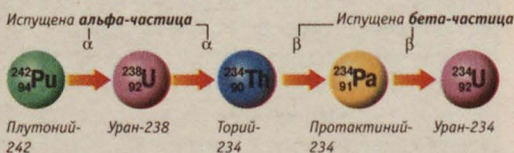
Расщепление представлено в виде ядерного уравнения.



Ряд распада, или радиоактивный ряд

Ряд **расщеплений**, происходящих, когда радиоактивный элемент распадается, порождая различные элементы, пока не образуется элемент со стабильными атомами.

Ряд распада плутония-242 до урана-234



* Атомный номер, 13; Изотоп, Массовое число, 13; Нейтрон, 12; Относительная атомная масса, 24; Протон, 12; Электрон, 12; Ядро, 12.

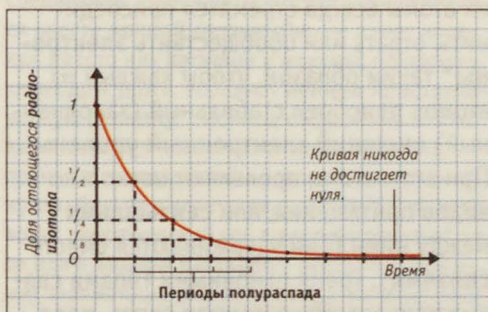
Беккерель

Единица измерения **радиоактивного распада**. Один беккерель равен одному **распаду** в секунду. Один кюри равен $3,7 \times 10^{10}$ беккерелей.

Период полураспада

Время, необходимое для того, чтобы половина атомов в образце радиоактивного элемента подверглась **радиоактивному распаду**. Уровень испускаемого излучения снижается наполовину. Период полураспада сильно различается, например, период полураспада урана-238 составляет 4,5 миллиарда лет, а радия-221 только 30 секунд.

Кривая радиоактивного распада

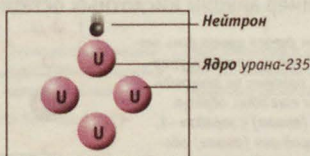


Применения радиоактивности

Деление ядра

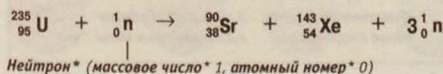
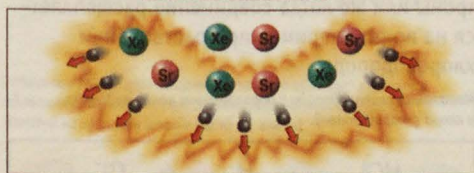
Деление **ядра***, вызванное ударом **нейтрона*** или (значительно реже) происходящее самопроизвольно (**спонтанное деление**). Ядро расщепляется, образуя нейтроны и ядра других элементов и выделяя огромное количество энергии. Высвобождение нейтронов также вызывает деление других ядер, которые, в свою очередь, продуцируют еще больше нейтронов — **цепная реакция**. Элемент, который может испытывать деление, называется **делящимся**. Контролируемое ядерное деление используется на атомных электростанциях, неконтролируемое же деление, происходящее, например, в бомбах деления (атомных бомбах), приводит к взрыву огромной силы.

Деление урана-235



При попадании **нейтрона*** ядро расщепляется, образуя два других элемента, стронций и ксенон, и три нейтрона.

Три нейтрона далее попадают в три других ядра урана-235, и, таким образом, процесс продолжается как **цепная реакция**.



Ядерный синтез

Слияние двух **ядер***, приводящее к образованию более крупного. Оно может происходить только при чрезвычайно высоких температурах и высвобождает огромное количество энергии. Ядерный синтез имеет место в бомбах синтеза (термоядерных бомбах).

Радиоактивное мечение

Метод слежения за веществом в движении с помощью контроля излучения от введенного в него **радиоизотопа**. Используемый радиоизотоп называется **меткой**, а вещество **меченым**.

Радиоуглеродная датировка, или углеродная датировка

Метод, используемый для вычисления времени, прошедшего с момента смерти живого организма путем измерения его излучения. Живые существа содержат незначительное количество углерода-14 (**радиоизотоп**), которое постепенно снижается после смерти.

Радиология

Изучение радиоактивности, особенно в отношении ее применения в медицине (**радиотерапия**). Опухолевые клетки чувствительны к излучению, поэтому рак может лечиться небольшими дозами радиации.

Облучение

Обработка продуктов, таких как фрукты, **гамма-лучами** для сохранения их свежими.

Облученная клубника через две недели

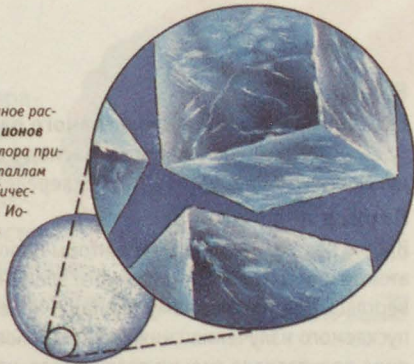
Необработанная клубника

* Атомный номер, Массовое число, 13; Нейтрон, Ядро, 12.

ХИМИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ

Когда вещества реагируют друг с другом, их атомы всегда стремятся присоединить, отдать или обобществить **электроны*** таким образом, чтобы каждый из атомов приобрел стабильный (заполненный) **внешний электронный уровень***. При этом атомы проявляют несколько видов притяжения, или **связывания** между ними (они удерживаются вместе **связями**). Тремя основными типами связывания являются **ионная связь**, **ковалентная связь** (см. с. 18–19) и **металлическая связь** (см. с. 20). Смотри также **межмолекулярные силы**, с. 20.

Упорядоченное расположение **ионов** натрия и хлора придает кристаллам соли их кубическую форму. Ионы удерживаются вместе **ионной связью**.



Валентный электрон

Электрон, всегда находящийся на **внешнем уровне*** атома, используемый для образования связи. Он теряется или захватывается атомами при возникновении **ионной связи** или **металлической связи***, но обобществляется с другими атомами при **ковалентной связи***.

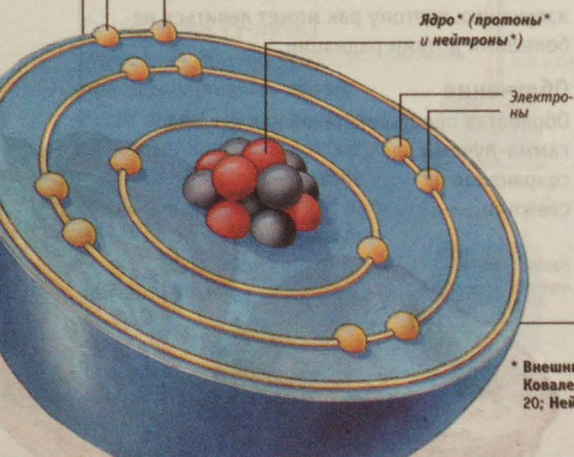
Ионы

Ион — это электрически заряженная частица, возникающая, когда атом теряет или получает электроны, образуя стабильный **внешний электронный уровень***. Все ионы являются или **катионами**, или **анионами**.

Катион

Ион с положительным зарядом, образующийся, когда атом теряет электроны в ходе реакции (теперь он имеет больше **протонов***, чем электронов). Водород и металлы склонны образовывать катионы. Их атомы имеют один, два или три электрона на их **внешних уровнях***, и для них легче потерять электроны (оставляя стабильный нижний уровень), чем приобрести по меньшей мере еще пять электронов.

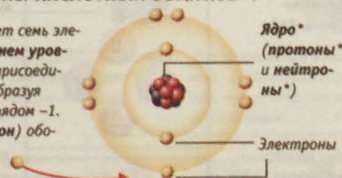
Атом магния имеет два электрона на **внешнем уровне***. Они могут утрачиваться, что приводит к образованию **иона (катиона)** с зарядом +2. Ион (**катион**) магния обозначается Mg^{+2} .



Анион

Ион с отрицательным зарядом, образующийся, когда атом приобретает электроны в ходе реакции (теперь он имеет больше электронов, чем **протонов***). Неметаллы склонны к образованию анионов. Их атомы имеют пять, шесть или семь электронов на **внешних уровнях***, и для них легче присоединить электроны (достигая стабильного уровня), чем потерять по меньшей мере пять. Некоторые анионы образуются группами атомов, приобретших электроны, например анионы **кислотных остатков***.

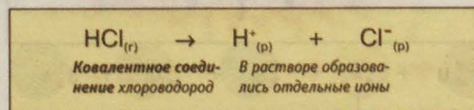
Атом фтора имеет семь электронов на **внешнем уровне***, поэтому он присоединяет еще один, образуя **ион (анион)** с зарядом -1. Фторид-ион (**анион**) обозначается F^{-} .



Ионизация

Процесс образования **ионов**. Это происходит, когда атомы теряют или приобретают электроны или же когда соединение расщепляется на ионы, например при растворении хлороводорода.

Ионизация хлороводорода с образованием ионов водорода и хлора (**хлорид-ионов**).

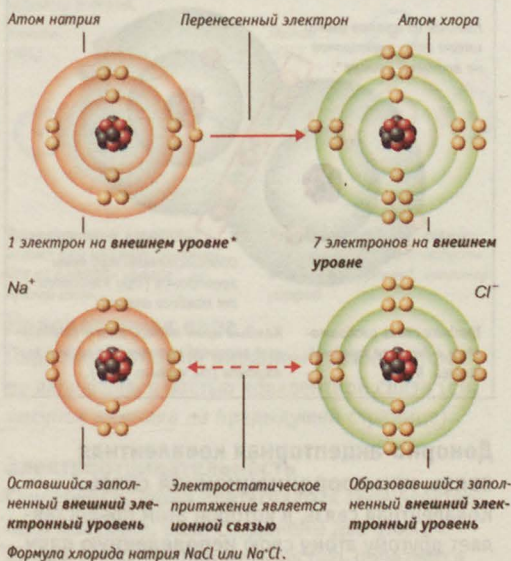


* Внешний электронный уровень, 13; Кислотный остаток, 39; Ковалентная связь. Ковалентные соединения, 18; Металлическая связь, 20; Нейтрон, 12; Протон, 12; Электрон, 12; Ядро, 12.

Ионная связь

Когда два элемента реагируют друг с другом, образуя **ионы**, получающиеся **катионы** и **анионы**, которые имеют противоположные электрические заряды, притягиваются друг к другу. Они остаются вместе вследствие этого притяжения. Этот тип связывания называется **ионным связыванием**, и электростатические связи называются **ионными связями**. Элементы, удаленные друг от друга в **периодической таблице***, склонны проявлять этот тип связывания, образуя друг с другом **ионные соединения**, например натрий и хлор (хлорид натрия) или магний и кислород (оксид магния).

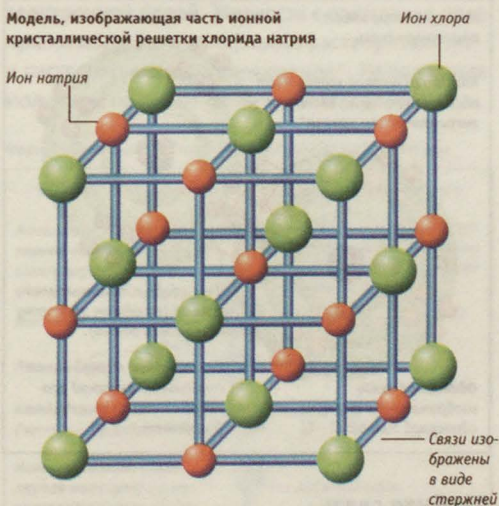
Натрий и хлор реагируют, образуя хлорид натрия – ионное соединение.



Ионное соединение

Соединение, компоненты которого удерживаются вместе **ионной связью**. Оно не имеет молекул, вместо них **катионы** и **анионы**, притягивающие друг друга, образуют **ионную кристаллическую решетку***. Ионные соединения имеют высокие точки плавления и кипения (связи прочные, и, следовательно, для их разрушения нужны большие количества энергии). Они проводят электрический ток в **расплавленном*** виде или в **водном растворе***, поскольку содержат заряженные частицы (ионы), которые могут свободно перемещаться.

Модель, изображающая часть ионной кристаллической решетки хлорида натрия



Заметьте, что здесь нет молекул – формула дает относительное количество каждого типа ионов в **ионной кристаллической решетке***. В данном случае формула NaCl показывает, что соотношение ионов натрия и хлора один к одному.

Электровалентность

Сила, с которой **ион** соединяется с другим **ионной связью**. Она равна величине заряда иона. Ионы соединяются в таких соотношениях, что общий заряд соединения равен нулю.

Элементы I и VII групп **периодической таблицы*** являются **одновалентными** (имеют **электровалентность** один). Каждый из их ионов имеет заряд +1 или -1.



Элементы II и VI групп являются **двухвалентными** (имеют **электровалентность** два). Каждый из их ионов имеет заряд -2 или +2.



Некоторые элементы III и V групп являются **трехвалентными** (имеют **электровалентность** три). Каждый из их ионов имеет заряд +3 или -3.



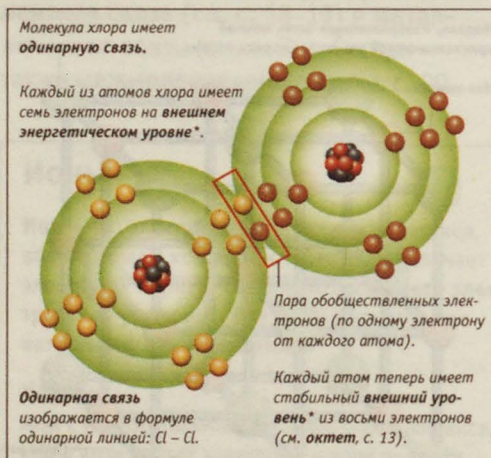
* Внешний электронный уровень, 13; Водный раствор, 30; Ионная кристаллическая решетка, 23; Периодическая таблица, 50; Расплавленное (вещество), 6.

Ковалентная связь

Ковалентное связывание – это обобществление электронов между атомами в молекуле таким образом, что каждый атом приобретает стабильный **внешний электронный уровень***. Электроны двух атомов соединяются в пары, называемые **электронными парами** (каждая такая пара представляет собой **ковалентную связь**). Ковалентные связи внутри молекул являются прочными. Молекулы **ковалентных соединений** (соединений, молекулы которых имеют внутренние ковалентные связи) обычно не очень прочно удерживаются вместе. Обычно эти соединения при комнатной температуре представляют собой жидкости или газы, поскольку между их молекулами действуют **Ван-дер-Ваальсовы силы***. Для преодоления этих слабых сил требуется немного энергии, поэтому большинство ковалентных соединений имеет низкие точки плавления и кипения. Они не проводят электричество, поскольку в них не присутствуют **ионы***.

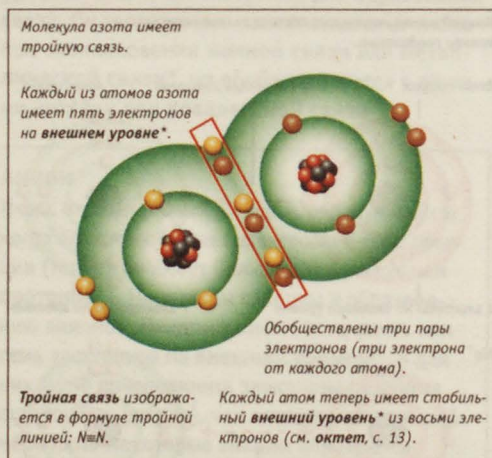
Одинарная связь

Ковалентная связь, образующаяся, когда между двумя атомами обобществляется одна пара электронов.



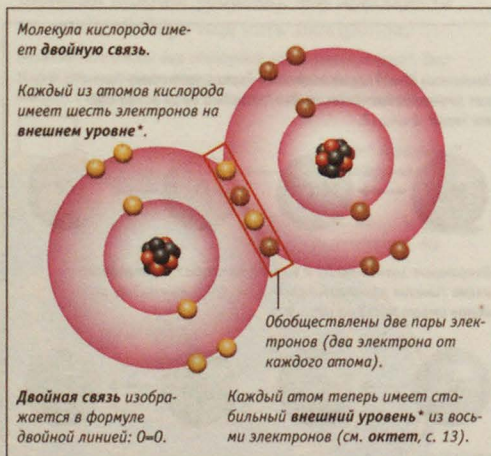
Тройная связь

Ковалентная связь, образующаяся, когда между двумя атомами обобществляется три пары электронов.



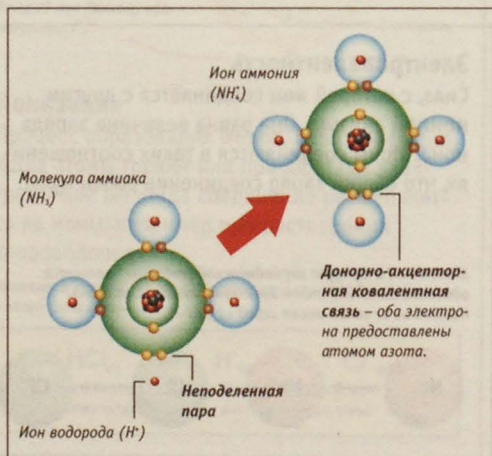
Двойная связь

Ковалентная связь, образующаяся, когда между двумя атомами обобществляется две пары электронов.



Донорно-акцепторная ковалентная связь, или координационная связь.

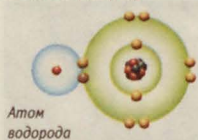
Ковалентная связь, в которой атом предоставляет другому атому свою **неподеленную пару**.



Ковалентность

Максимальное число ковалентных связей, которые может образовать атом. Она равна числу общих электронных пар, которые могут быть образованы данным атомом. Ковалентность большинства элементов постоянна, но у **переходных металлов*** меняется.

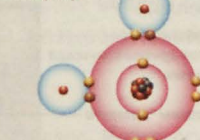
Хлороводород (HCl)



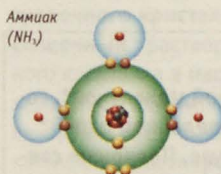
Атом водорода

Одновалентные элементы имеют один или семь электронов на внешнем уровне*, например водород.

Вода (H₂O)

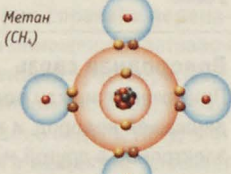


Двухвалентные элементы имеют два или шесть электронов на внешнем уровне*, например кислород.



Аммиак (NH₃)

Трехвалентные элементы имеют три или пять электронов на внешнем уровне*, например азот.



Метан (CH₄)

Четырехвалентные элементы имеют четыре электрона на внешнем уровне*, например углерод.

Неподеленная пара

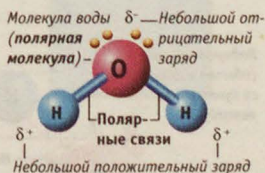
Пара электронов на **внешнем уровне*** атома, не являющаяся частью ковалентной связи (см. рисунок аммиака на предыдущей странице).

Электроотрицательность

Способность атома притягивать к себе электроны в молекуле. Если соединены два атома с разной электроотрицательностью, образуется **полярная связь**. Атомы со слабой электроотрицательностью иногда называют **электроположительными**, например натрий, так как они довольно легко образуют положительные ионы.



Вода притягивается к бруску.



Различие в **электроотрицательности** между кислородом (высокая) и водородом (низкая) приводит к тому, что молекулы воды являются **полярными молекулами**. Положительный конец каждой молекулы притягивается к заряженному бруску.

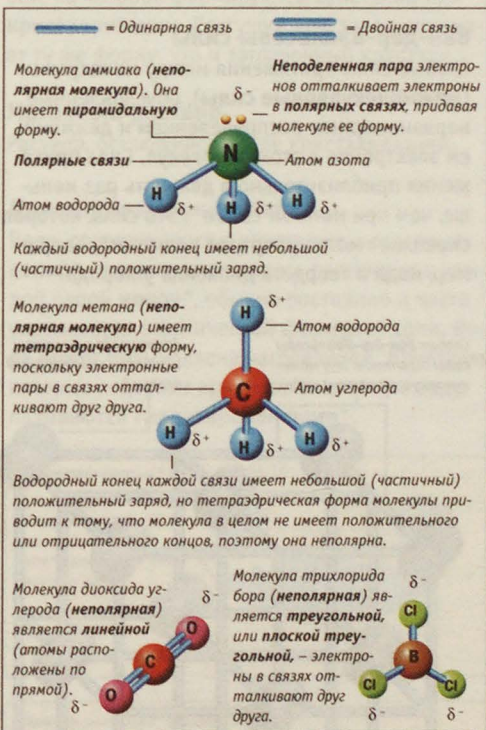
Полярная связь

Ковалентная связь, в которой электроны проводят около **ядра*** одного атома больше времени, чем около ядра другого. Это явление называется **поляризацией**. Оно обусловлено разницей в **электроотрицательности** между атомами, вследствие чего электрон сильнее притягивается к одному атому, чем к другому.

Полярная молекула

Молекула с различием в электрическом заряде между концами, вызванным неравномерным распределением полярных связей и иногда **неподеленной электронной парой**. Жидкости с полярными молекулами могут быть **полярными растворителями*** и растворять **ионные соединения***. **Неполярные молекулы** не имеют различий в заряде на концах.

Формы некоторых простых полярных и неполярных молекул



Изомерия

Явление, когда одни и те же атомы принимают разное расположение в разных молекулах. Эти структуры являются **изомерами***. Они имеют одинаковую **молекулярную формулу***, но их другие формулы могут отличаться (см. с. 26).

* Внешний уровень, 13; Изомеры, 77; Ионное соединение, 17; Молекулярная формула, 26; Переходные металлы, 58; Полярный растворитель, 30; Ядро, 12.

Металлическая связь

Металлическая связь — это притяжение между частицами в **металлической кристаллической решетке** (т. е. в металлах). Решетка состоит из положительных **ионов*** металла с **валентными электронами***, свободно передвигающимися между ними. Свободные, или **делокализованные**, электроны образуют связи между ионами, и, поскольку эти электроны могут перемещаться, металлы способны проводить тепло и электричество. Силы взаимодействия между электронами и ионами в металлах довольно велики. Для их преодоления необходимо относительно большое количество энергии, поэтому металлы имеют высокие точки плавления и кипения. О других типах связи смотри с. 16–19.

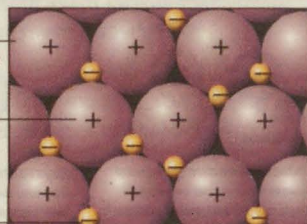
Делокализация

Обобществление **валентных электронов*** всеми атомами в молекуле или **металлической кристаллической решетке***. Делокализованные электроны могут принадлежать любому из атомов в решетке и способны перемещаться по решетке, поэтому металл может проводить электричество и тепло.

Металлическая кристаллическая решетка*

Катионы* металла

Делокализованные электроны передают электричество и тепло.



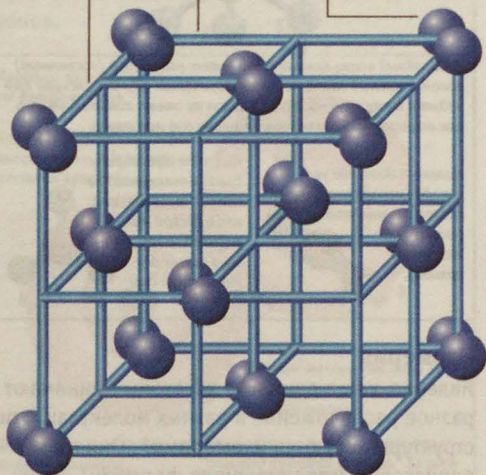
Межмолекулярные силы

Ван-дер-Ваальсовы силы

Слабые силы притяжения между молекулами (**межмолекулярные силы**), обусловленные неравномерным распределением и движением электронов в атомах молекул. Сила притяжения приблизительно в двадцать раз меньше, чем при **ионной связи***. Это сила, которая скрепляет **молекулярные решетки***, например, иода и твердого диоксида углерода.

Слабые Ван-дер-Ваальсовы силы скрепляют эту молекулярную решетку* иода.

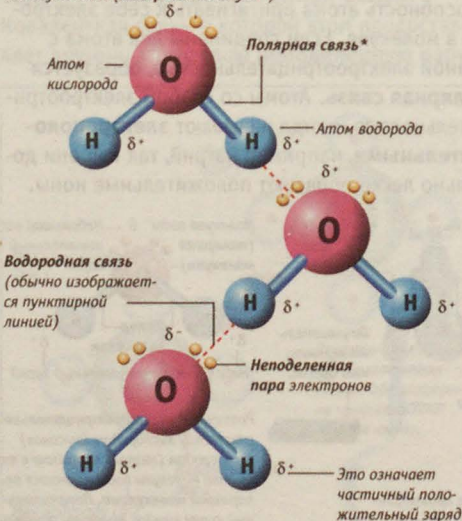
Атомы иода в молекуле соединены ковалентной связью*.



Водородная связь

Притяжение между **полярной молекулой***, содержащей водород, и **неподеленной парой*** электронов в другой молекуле. **Полярные связи*** подразумевают, что каждый атом водорода имеет небольшой положительный заряд и, следовательно, притягивается к электронам. Водородные связи являются причиной высоких точек плавления и кипения воды по сравнению с другими веществами с маленькими, но **неполярными молекулами**. Чтобы разъединить молекулы, нужно преодолеть как водородные связи, так и **Ван-дер-Ваальсовы силы**.

Молекула воды (**полярная молекула***)



* Валентный электрон, 16; Ион, 16; Ионная связь, 17; Катион, 16; Ковалентная связь, 18; Металлическая кристаллическая решетка, 23; Молекулярная кристаллическая решетка, 23; Неподеленная пара, 19; Неполярная молекула, 19 (Полярная молекула); Полярная связь, 19.

КРИСТАЛЛЫ

Кристаллы – это твердые тела с правильными геометрическими формами, образующимися вследствие упорядоченного расположения частиц. Частицами могут быть атомы, **ионы*** или молекулы, и связи между ними могут быть любого типа или комбинацией разных типов. Ребра кристаллов прямые, а поверхности плоские. Вещества, образующие кристаллы, называются **кристаллическими**. Твердые вещества, не имеющие правильной единообразной формы, называются **аморфными**.

Кристаллизация

Процесс образования кристаллов. Может осуществляться: охлаждением **расплавленных*** твердых веществ, **конденсацией твердых веществ из газообразного состояния**, помещением **затравочного кристалла*** (см. справа) в **перенасыщенный*** раствор или помещением затравочного кристалла в **насыщенный*** раствор и охлаждением или выпариванием раствора. Как охлаждение, так и выпаривание ведет к тому, что количество **растворенного вещества*** снижается, частицы уходят из раствора и связываются с затравочным кристаллом. Кристаллизацию применяют для очистки веществ – см. с. 107.

Методы кристаллизации

1. Испарение растворителя*

Насыщенный* раствор

Несовершенные кристаллы исходного растворенного вещества*

2. Подвешивание затравочного кристалла на каждой паре ионов*

Затравочный кристалл

Насыщенный раствор

Растворителю* дают испариться

Выпадающее из раствора **растворенное вещество*** присоединяется к **затравочному кристаллу***, образуя большой кристалл совершенной формы.

Маточный раствор

Дорогоценные камни – это кристаллы, которые были разрезаны по **плоскостям спайности***.

Затравочный кристалл

Небольшой кристалл вещества, помещенный в раствор того же вещества. Он является основой, на которой формируются кристаллы при **кристаллизации**. Растущий кристалл принимает ту же форму, что и затравочный кристалл.

Маточный раствор

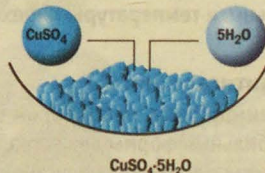
Раствор, остающийся после кристаллизации.

Кристаллизационная вода

Вода, содержащаяся в кристаллах некоторых **солей***. Число молекул воды, связанных с каждой парой **ионов***, обычно постоянно и часто указывается в химической **формуле*** соли. Вода может быть удалена нагреванием. Кристаллы, которые содержат кристаллизационную воду, называются **гидратированными***.

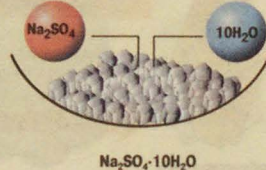
Гидратированный* сульфат меди(II)

В сульфате меди(II) на каждую пару **ионов*** приходится пять молекул воды.



Гидратированный* сульфат натрия

В сульфате натрия на каждые три **иона*** приходится десять молекул воды.



* Возгонка, 7; Гидратированное (вещество), 40 (Гидрат); Ион, 16; Насыщенный раствор, 31; Перенасыщенный раствор, 31; Плоскость спайности, 22; Расплавленное (вещество), 6; Растворенное (вещество), Растворитель, 30; Соли, 39; Формула, 26.

Кристаллы (продолжение) – формы и структуры

Кристаллы (см. с. 21) могут иметь разные формы и размеры. Это обусловлено различиями в расположении частиц (атомов, молекул или **ионов***) и характере связей между ними. Расположение частиц в пространстве и способ, которым они соединены, называется **кристаллической решеткой**. Разные типы кристаллических решеток изображены на противоположной странице разворота. Форма конкретного кристалла зависит от его кристаллической решетки и от того, как эта решетка может расщепляться по **плоскостям спайности**. Главные формы кристаллов изображены справа – это основные формы, из которых строятся большие кристаллы. Вещество может иметь более чем одну кристаллическую форму (см. ниже **полиморфизм**).



Основные
формы
кристаллов

Полиморфизм

Существование двух или более различных кристаллов одного и того же вещества, отличающихся формой и видом. Это вызвано различным расположением атомов. Переходы между типами часто имеют место при определенной температуре, называемой **температурой перехода**. Полиморфизм у элементов называется **аллотропией**.

Аллотропия

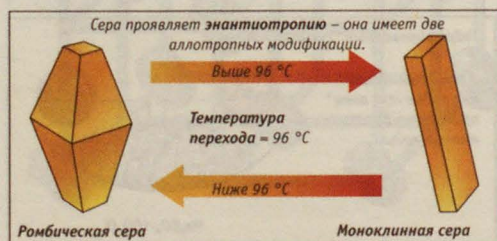
Существование некоторых элементов более чем в одной кристаллической форме. Это особый тип **полиморфизма**. Разные формы называются **аллотропными модификациями**, их существование связано с изменением расположения атомов в кристаллах.

Монотропия

Полиморфизм, при котором существует только одна стабильная форма. Другие формы нестабильны, и **температуры перехода** не существует.

Энантиотропия

Полиморфизм, при котором существуют две стабильные формы вещества, одна выше **температуры перехода**, а другая ниже.



Температура перехода

Температура, при которой вещество, проявляющее **энантиотропию**, переходит из одной формы в другую.

Изоморфизм

Существование двух или более веществ с одинаковой структурой и формой кристалла. Такие вещества называются **изоморфными**.

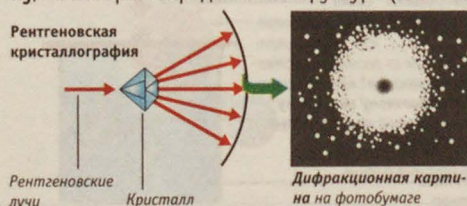
Плоскость спайности

Плоскость частиц, вдоль которой кристалл может быть расколот с образованием ровной поверхности. Если кристалл раскалывать не вдоль плоскости спайности, он разрушается.



Рентгеновская кристаллография

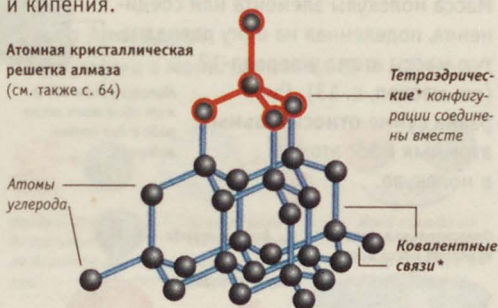
Применение рентгеновского излучения для определения структуры кристалла. Отклоненные рентгеновские лучи образуют **дифракционную картину**, по которой определяется структура (см. ниже).



Кристаллические решетки

Атомная кристаллическая решетка

Кристаллическая решетка, состоящая из атомов, удерживаемых **ковалентными связями*** (алмаз). Вещества с такими решетками очень прочны и имеют очень высокие температуры плавления и кипения.



Ионная кристаллическая решетка

Кристаллическая решетка, состоящая из **ионов***, удерживаемых вместе **ионными связями***, например хлорид натрия. Ионные связи являются прочными, что означает, что вещество имеет высокие точки плавления и кипения.



Металлическая кристаллическая решетка

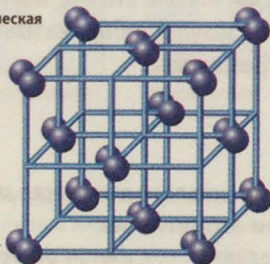
Кристаллическая решетка, состоящая из атомов металла, удерживаемых вместе **металлической связью***, например цинк. **Делокализованные*** электроны могут свободно перемещаться, делая металл хорошим проводником тепла и электричества. Слои атомов могут скользить друг относительно друга, делая металлы **ковкими*** и **пластичными***.



Молекулярная решетка

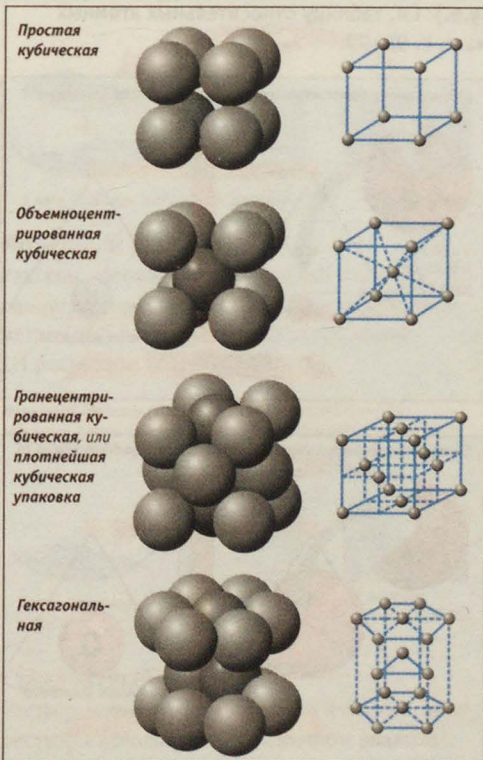
Кристаллическая решетка, состоящая из молекул, связанных **межмолекулярными силами** (см. с. 20), например иод. Эти силы являются слабыми, поэтому кристалл имеет низкие точки плавления и кипения сравнительно с **ионными соединениями*** и легко разрушается. **Ковалентные связи*** внутри самих молекул прочнее и разрушаются не так легко.

Молекулярная кристаллическая решетка твердого иода



Молекула иода

В кристаллах, где все частицы одинакового размера, например в **металлической кристаллической решетке**, возможны различные варианты расположения частиц. Наиболее обычные изображены ниже.



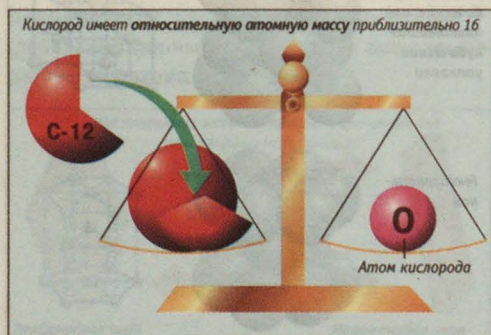
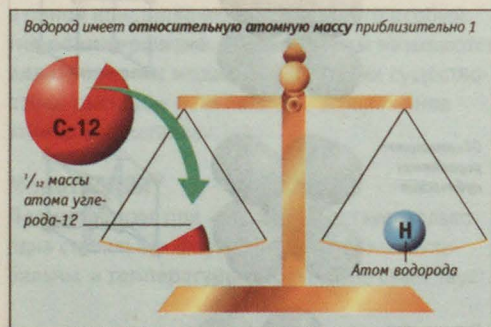
* Делокализация, 20; Ионная связь, Ионное соединение, 17; Катион, 16; Ковалентная связь, 18; Ковкое (вещество), 117; Металлическая связь, 20; Пластичное (вещество), 116; Тетраэдрическая (молекула), 19.

ИЗМЕРЕНИЕ АТОМОВ

Атомы имеют диаметр около 10^{-7} миллиметра и массу около 10^{-22} грамма, они настолько малы, что измерять их очень трудно. Поэтому для удобства их массы измеряют относительно установленной массы. Поскольку даже в очень маленьком образце вещества содержатся миллионы частиц, для измерения их количеств используется **моль**. Массы атомов и молекул измеряют, используя прибор, называемый **масс-спектрометром**.

Относительная атомная масса, или атомный вес

Средняя (т. е. с учетом **относительной изотопной массы** и **изотопного отношения**) масса одного атома вещества, поделенная на одну двенадцатую массы атома углерода-12 (см. **изотоп**, с. 13), принятую как **единую атомную единицу массы** (а.е.м.), или **углеродную единицу** (у.е.). См. таблицу относительных атомных масс, с. 98–99.



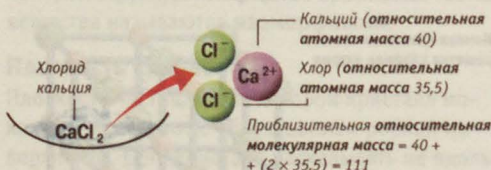
Относительная молекулярная масса

Также называется **молекулярным весом**, **относительной формульной массой** или **молекулярным весом по формуле**. Масса молекулы элемента или соединения, поделенная на одну двенадцатую массы атома углерода-12 (см. **изотоп**, с. 13). Она равна сумме **относительных атомных масс** атомов в молекуле.

Молекула воды содержит один атом кислорода и два атома водорода.



Понятие относительной молекулярной массы применяется также и к ионным соединениям*, хотя они не имеют молекул.



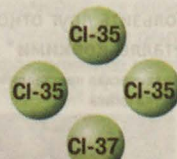
Относительная изотопная масса

Масса атома конкретного **изотопа***, поделенная на одну двенадцатую массы атома углерода-12. Она примерно совпадает с **массовым числом** изотопа.

Изотопное отношение

Соотношение числа атомов каждого **изотопа*** в образце элемента. Оно используется вместе с **относительной изотопной массой** для вычисления **относительной атомной массы** элемента.

Природный образец хлора содержит примерно втрое больше атомов Cl-35, чем Cl-37.



Изотопное соотношение составляет примерно 75% Cl-35 и 25% Cl-37.

Таким образом, **относительная атомная масса хлора** = средняя относительная изотопная масса = $(3 \times 35) + (1 \times 37) / 4 = 35,5$

Моль

Единица количества вещества в **системе СИ*** (см. также с. 114). Один моль содержит то же самое число частиц, сколько атомов в 0,012 кг **изотопа*** углерода-12.

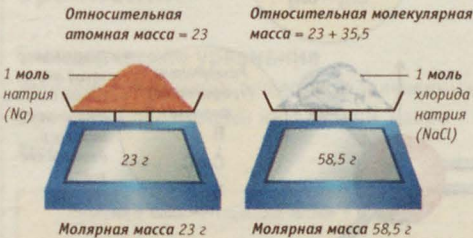
Число Авогадро

Число частиц в **моле**, равно $6,023 \times 10^{23}$ моль⁻¹.



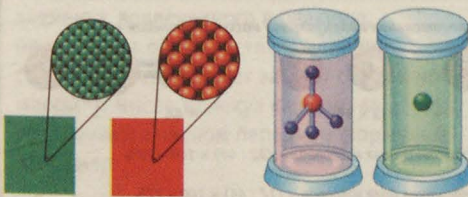
Молярная масса

Масса одного **моля** данного вещества. Она равна **относительной атомной** или **молекулярной** массе вещества, выраженной в граммах.



Молярный объем

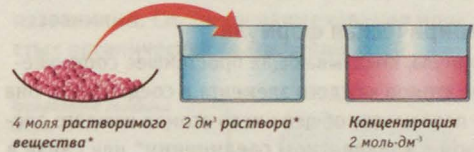
Объем одного **моля** любого вещества, измеренный в кубических дециметрах (дм^3). Молярные объемы жидкостей и твердых веществ различаются, но все газы при одинаковых условиях имеют одинаковый молярный объем. Молярный объем любого газа при **н. у.*** составляет 22,4 дм^3 , а при комнатных температуре и давлении, т. е. 20 °С и 101 325 паскалей, он составляет 24 дм^3 .



Концентрация

Количество вещества, находящегося в **растворе***, обычно выражается в **молях** на дм^3 (моль· дм^{-3}). **Массовая концентрация** — это масса растворенного вещества на единицу объема, например граммы на дм^3 (г· дм^{-3}).

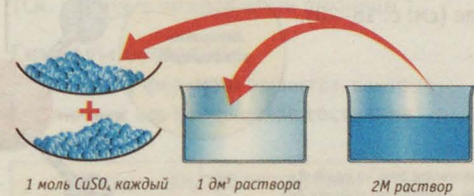
Концентрация — это число **молей** растворенного вещества* в каждом дм^3 раствора*.



Молярность

Термин, используемый для характеристики концентрации, выраженной в **молях растворенного вещества*** на дм^3 раствора*. Молярность также выражается как **М-число**, например, раствор с концентрацией 3 моль· дм^{-3} имеет молярность 3 и обозначается как **3М** раствор.

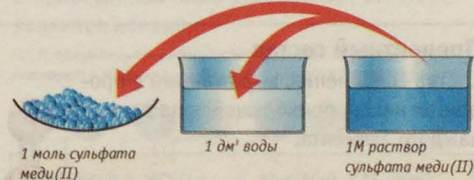
2М раствор сульфата меди (II) содержит 2 моля сульфата меди (II) в каждом дм^3 .



Молярный раствор

Раствор, который содержит один **моль** растворенного вещества в каждом кубическом дециметре (дм^3) раствора. Он является также 1М раствором (см. **Молярность**).

Молярный раствор (или 1М раствор) сульфата меди (II) содержит 1 моль сульфата меди (II) в каждом дм^3 .



Стандартный раствор

Раствор, **концентрация** которого известна. Такие растворы используются в **объемном анализе***.

* Единицы СИ, 114; Изотоп, 13; н.у., 29; Объемный анализ, 108; Паскаль, 115; Раствор, Растворенное вещество, Растворитель, 30.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Большинство химических веществ называются в соответствии с преобладающими элементами, которые они содержат. Информация о химическом составе и структуре соединения дается **формулой**, в которой для обозначения элементов используются **химические символы***. Химическое **уравнение** показывает исходные вещества и продукты химической реакции и дает информацию о том, как реакция происходит.

Формулы

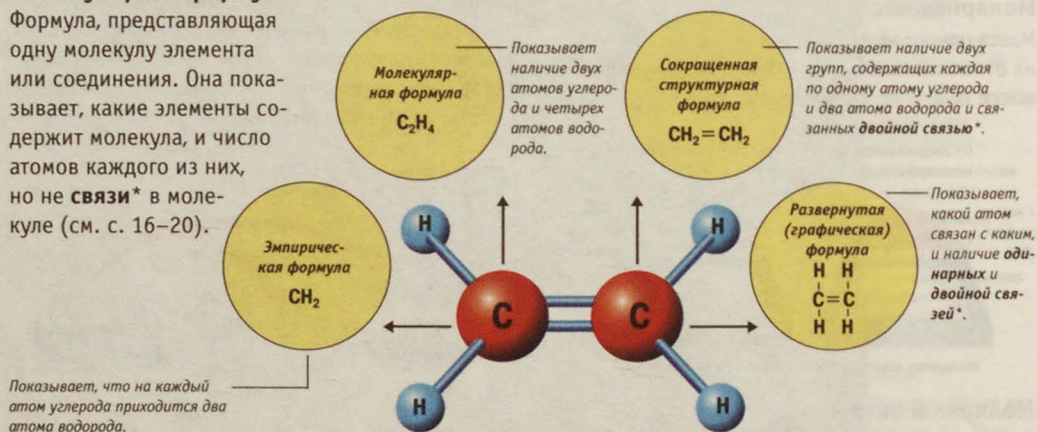
Эмпирическая формула

Формула, показывающая простейшее соотношение атомов каждого элемента в соединении. Она не показывает общее число атомов каждого элемента в **ковалентном соединении*** или **связи** в соединении (см. с. 16–20).

Молекулярная формула

Формула, представляющая одну молекулу элемента или соединения. Она показывает, какие элементы содержит молекула, и число атомов каждого из них, но не **связи*** в молекуле (см. с. 16–20).

Схема молекулы этилена, показывающая типы связей в молекуле



Сокращенная структурная формула

Формула, показывающая последовательность групп атомов (например, **карбоксильной группы***) в молекуле и **связи** (см. с. 16–20) между группами атомов (изображаются как линии).

Стереохимическая формула,

или трехмерная структурная формула

Формула, использующая символы для изображения трехмерного расположения атомов и **связей*** в молекуле. См. стереохимическую формулу метана в разделе **стереохимия**, с. 77.

Процентный состав

Состав соединения, выраженный в процентах массы, приходящейся на долю каждого элемента.

Процентный состав диоксида углерода (CO_2)

Один атом углерода. Относительная атомная масса* = 12

Два атома кислорода. Относительная атомная масса = $2 \times 16 = 32$



Относительная молекулярная масса* соединения =



Процентная доля кислорода = $(32 : 44) \times 100 = 73\%$

Процентная доля углерода = $(12 : 44) \times 100 = 27\%$

Таким образом, **процентный состав** диоксида углерода = 27% углерода, 73% кислорода.

Названия

Тривиальное название

Данное соединению обиходное название. Оно обычно не дает никакой информации о составе или структуре соединения, например соль (хлорид натрия), мел (карбонат кальция).

Традиционное название

Название, которое указывает преобладающие элементы вещества, не обязательно давая их количества или показывая структуру вещества. Некоторые традиционные названия являются **систематическими названиями**.

Тривиальное название:

железный (зеленый) купорос.

Традиционное название:

7-водная сернокислая закись железа

Гептагидрат сульфата железа
(FeSO₄·7H₂O)



Систематическое название
Гептагидрат тетраоксосульфата(VI) железа(II)

Степень окисления* серы составляет +6
Степень окисления* железа, т. е. Fe²⁺

Это название обычно упрощается до гептагидрата сульфата железа(II)

Систематическое название

Название, которое указывает элементы, содержащиеся в соединении, число атомов каждого элемента и **число окисления*** для элементов с переменной **степенью окисления***. Названия **органических соединений** отражают также **вид связи**. В некоторых случаях систематическое название упрощено. Некоторые систематические названия совпадают с **традиционными названиями**. См. также **наименование простых органических соединений**, с. 100.

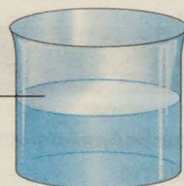
Тривиальное название

Спирт

Традиционное название

Этиловый спирт

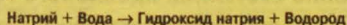
Систематическое название
Этанол (см. **наименование простых органических соединений**, с. 100)



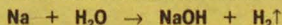
Уравнения

Схематическое уравнение

Уравнение, в котором вещества, вовлеченные в реакцию, обозначены названиями, например:

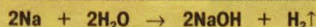


Названия также могут быть заменены **формулами** веществ (см. противоположную страницу).



Сбалансированное уравнение

Уравнение, в котором число атомов каждого элемента, вовлеченного в реакцию, одинаково в обеих частях уравнения (т. е. оно соответствует **закону сохранения массы***). Число молекул каждого вещества обозначается числом перед его **формулой**, например:

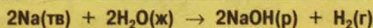


Ионное уравнение

Уравнение, которое показывает только изменения, происходящие с ионами при реакции. (См. пример в нижней части страницы.)

Символы состояния

Буквы после **формулы** вещества, которые обозначают его **физическое состояние*** в реакции.



Твердое



Жидкое



Водный раствор*

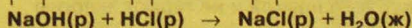
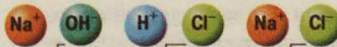


Газ
(обозначают символом ↑)

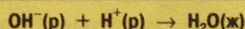
Ионы, не участвующие в реакции

В приведенной ниже реакции Na⁺, OH⁻, H⁺, Cl⁻ являются ионами.

Na⁺, Cl⁻ присутствуют в обеих частях уравнения – в данном случае они не участвуют в реакции. Такие ионы не включаются в **ионное уравнение***.



Ионное уравнение:



* Водный раствор, 30; Закон сохранения массы, 11; Степень окисления, 35; Физические состояния, 6; Число окисления, 35.

ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ

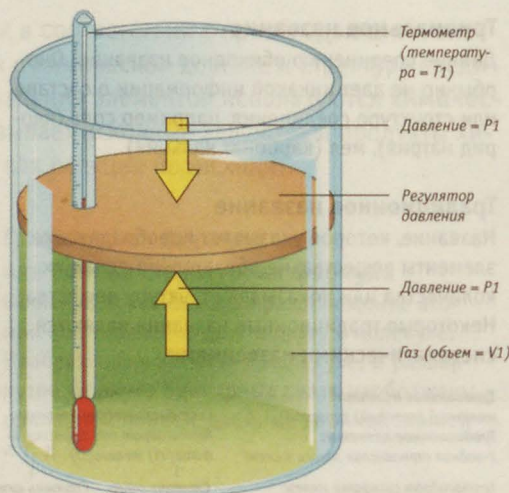
Молекулы в газообразном веществе удалены друг от друга и находятся в быстром хаотическом движении (см. **кинетическая теория***). Совокупный объем молекул газа намного меньше, чем занимаемый газом объем, и силы притяжения между молекулами очень слабы. Это справедливо для всех газов, поэтому все они ведут себя сходным образом. Это общее поведение описывается несколькими **газовыми законами** (см. ниже).

Символы, используемые в газовых законах:

P = давление
 T = температура в кельвинах

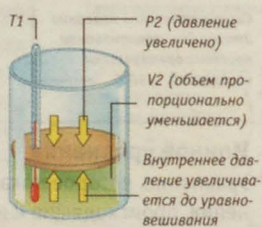
V = объем
 k = константа

Газ при постоянных температуре, давлении и объеме



Закон Бойля–Мариотта

При постоянной температуре объем газа обратно пропорционален давлению (при повышении давления объем уменьшается).



$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2, \text{ или } PV = k$$

Закон давления, или Третий газовый закон

При постоянном объеме давление прямо пропорционально температуре по абсолютной температурной шкале (давление растет с температурой).



$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \text{ или } \frac{P}{T} = k$$

Закон объемов

При постоянном давлении объем прямо пропорционален температуре по абсолютной температурной шкале (при повышении температуры газ расширяется).



$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}, \text{ или } \frac{V}{T} = k$$

Уравнение состояния идеального газа, или общее уравнение состояния газа

Уравнение, описывающее связь между давлением, объемом и температурой фиксированной массы газа.

$$\frac{P_1 \times V_1}{T_1} = \frac{P_2 \times V_2}{T_2}$$

Для одного моля* газа: $PV = RT$, где R – универсальная газовая постоянная, одинаковая для всех газов (уравнение Клапейрона–Менделеева).

Идеальный газ

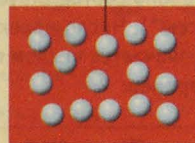
Теоретический газ, который ведет себя «идеальным» образом. Его молекулы не имеют объема, не притягивают друг друга, быстро движутся по прямой и не теряют энергию при соударениях. Многие реальные газы ведут себя примерно так же, как идеальный газ, если их молекулы невелики и удалены друг от друга.

Маленькие, удаленные молекулы



Ведет себя как идеальный газ.

Большие, близко расположенные молекулы



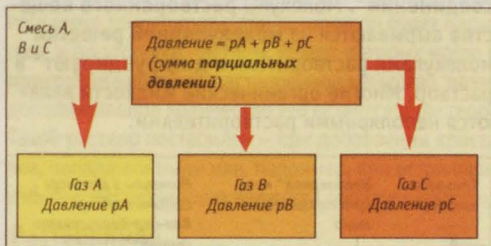
Ведет себя не как идеальный газ.

Парциальное давление

Давление, которое каждый газ в смеси оказывал бы, если бы один заполнял объем, занятый смесью.

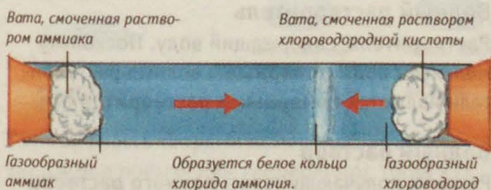
Закон парциальных давлений Дальтона

Суммарное давление, оказываемое **смесью*** газов, не реагирующих друг с другом, равно сумме **парциальных давлений** каждого из газов в смеси.



Закон диффузии Грэма

При постоянных температуре и давлении скорость **диффузии*** газа обратно пропорциональна квадратному корню из его плотности. Плотность газа высока, если его молекулы тяжелые, и низка, если они легкие. Легкие молекулы движутся быстрее, чем тяжелые, вследствие чего газ с высокой плотностью диффундирует медленнее, чем газ с низкой плотностью.



Легкие молекулы аммиака диффундируют быстрее, чем молекулы хлороводорода. Два газа встречаются ближе к правому концу трубки.

$$\text{Скорость диффузии} \propto \frac{1}{\sqrt{\text{плотность газа}}}$$

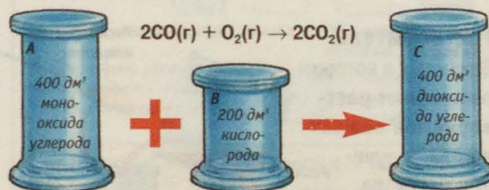
Относительная плотность паров

Плотность газа относительно плотности водорода. Она вычисляется делением плотности газа на плотность водорода. Относительная плотность паров является отношением и не имеет единиц измерения.

$$\text{Относительная плотность паров} = \frac{\text{плотность газа}}{\text{плотность водорода}}$$

Закон Гей-Люссака

Если газы реагируют друг с другом, образуя другие газы, и все объемы измеряются при одинаковых температуре и давлении, объемы исходных веществ и продуктов реакции относятся друг к другу как небольшие целые числа.



Согласно закону Авогадро (см. ниже), сосуды А и С содержат одинаковое число молекул.

Закон Авогадро

Равные объемы всех газов при одинаковой температуре и давлении содержат одно и то же число молекул.

н. у.

Сокращенное обозначение для **нормальных условий**. Это международно принятые стандартные условия, при которых обычно измеряются такие характеристики газов, как объем и плотность.

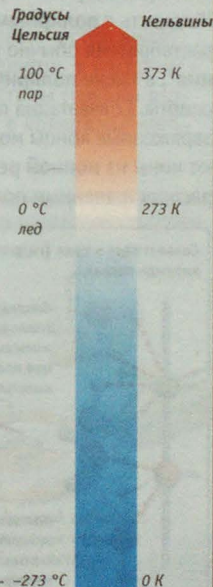
н.у. = температура: 0 °С или 273К (кельвина)
давление: 101325 паскалей

Абсолютная температурная шкала

Стандартная шкала температур, использующая единицы, называемые **кельвинами (К)**. Один кельвин равен одному градусу Цельсия*, но нижняя точка шкалы, 0 кельвинов, или **абсолютный ноль**, равна –273 градуса Цельсия, теоретической точке, в которой **идеальный газ** должен занимать нулевой объем.

Чтобы перевести градусы Цельсия в кельвины, прибавьте 273. Чтобы перевести кельвины в градусы Цельсия, вычтите 273.

Абсолютный ноль — –273 °С 0 К



* Диффузия, 9; Паскаль, 115; Смесь, 8; Шкала Цельсия, 116.

РАСТВОРЫ И РАСТВОРИМОСТЬ

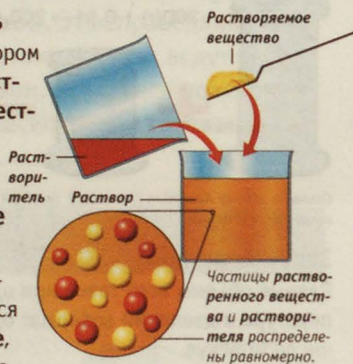
Когда вещество смешивается с жидкостью, могут наблюдаться несколько явлений. Если атомы, молекулы или ионы вещества распределяются равномерно (**растворяются**), **смесь*** является **раствором**, если же нет, то смесь может быть **коллоидом**, **суспензией** или **осадком**. Насколько хорошо растворяется вещество, зависит от его свойств, свойств жидкости и других факторов, таких как температура и давление.

Растворитель

Вещество, в котором растворяют **растворяемое вещество** для получения раствора.

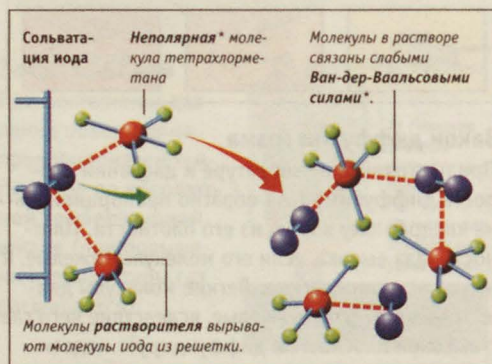
Растворенное вещество

Вещество, которое растворяется в **растворителе**, образуя раствор.



Неполярный растворитель

Жидкость с **неполярными молекулами***. Неполярные растворители растворяют **ковалентные соединения***. Молекулы **растворенного вещества** вырываются из **молекулярной решетки*** молекулами растворителя и **диффундируют*** в раствор. Многие органические жидкости являются неполярными растворителями.



Сольватация

Процесс соединения молекул **растворителя** с молекулами **растворенного вещества** при растворении. Если растворителем является вода, процесс называется **гидратацией**. Имеет ли место сольватация, зависит от того, сколько молекул растворителя и растворенного вещества притягиваются друг к другу и насколько прочными являются **связи*** в растворе.

Полярный растворитель

Жидкость с **полярными молекулами***. Полярные растворители обычно растворяют **ионные соединения***, а также **полярные ковалентные**, например спирты. Сольватация происходит вследствие того, что заряженные концы молекул растворителя притягивают ионы из **ионной решетки***. Вода является самым распространенным полярным растворителем.

Водный растворитель

Растворитель, содержащий воду. Поскольку молекулы воды **полярные***, водные растворители являются **полярными растворителями**.

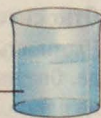
Водный раствор

Раствор, получающийся из **водного растворителя**. Водные растворители являются **полярными растворителями** и образуют водные растворы. **Неполярные растворители** являются **неводными растворителями** и образуют **неводные растворы**.

Разбавленный

Характеризует раствор с **низкой концентрацией*** растворенного вещества.

Разбавленный раствор сульфата меди(II)



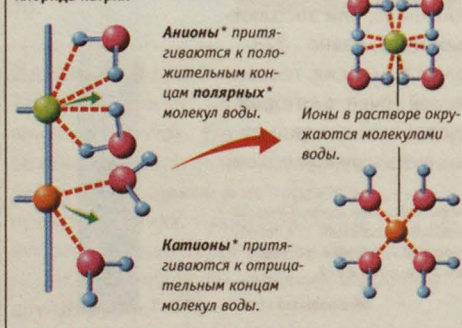
Концентрированный

Характеризует раствор с **высокой концентрацией*** растворенного вещества.

Концентрированный раствор сульфата меди(II)



Сольватация в воде (гидратация) хлорида натрия



* Анион, 16; Ван-дер-Ваальсовы силы, 20; Диффузия, 9; Ионная кристаллическая решетка, 23; Ионное соединение, 17; Катион, 16; Ковалентные соединения, 18; Концентрация, 25; Молекулярная кристаллическая решетка, 23; Неполярная молекула, 19 (Полярная молекула); Связь, 16; Смесь, 8.

Насыщенный

Характеризует раствор, в котором при данной температуре больше не растворяется **растворяемое вещество** (любое добавочное его количество остается в виде кристаллов). Если температура повышается, то, как правило, может раствориться больше растворяемого вещества, прежде чем раствор вновь станет насыщенным.

Пересыщенный

Характеризует раствор, содержащий больше **растворенного вещества**, чем **насыщенный** раствор при той же температуре. Он образуется, когда раствор охлаждается ниже температуры, при которой он будет насыщенным, и отсутствуют частицы, вокруг которых могло бы **кристаллизироваться*** растворенное вещество, поэтому дополнительное количество его остается в растворе. Такой раствор нестабилен – при добавлении кристаллов, попадании пыли или, например, при встряхивании избыток растворенного вещества образует кристаллы.

Растворимое

Характеризует вещество, которое легко растворяется в **растворителе***. В противном случае вещество характеризуется как **нерастворимое**.

Растворимость

Количество **растворяемого вещества**, которое может раствориться в определенном количестве **растворителя** при известной температуре.

Растворимость растворяемого вещества при определенной температуре – это:



количество граммов растворимого вещества,



которое надо добавить к 100г растворителя,



чтобы получить насыщенный раствор.

Растворимость твердых веществ обычно увеличивается при повышении температуры, тогда как растворимость газов уменьшается.



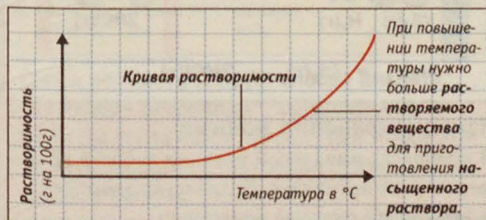
Сахар лучше растворяется в горячем чае, чем в холодной воде.



В теплых газированных напитках больше пузырьков, чем в холодных.



Изменение растворимости в зависимости от температуры показывает **кривая растворимости**.



Осадок

Нерастворимое твердое вещество (см. **растворимое**), образующееся при протекании реакции в растворе.

Осадки называют по внешнему виду.

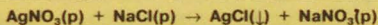


Хлопьевидный Молочный Сметанообразный Тяжелый (плотный)

В ходе реакции, приведенной ниже, образуется плотный белый осадок хлорида серебра.



Плотный осадок хлорида серебра



Нитрат серебра

Хлорид натрия

Этот символ обозначает осадок

Смешивающиеся

Характеризует две или более взаимно **диффундирующие*** жидкости. В противном случае они называются **несмешивающимися**.

Суспензия

Мелкие частицы твердого вещества (группы атомов, молекул или ионов), взвешенные в жидкости, в которой твердое вещество не растворяется.

Суспензия

песка и почвы в воде



Частицы оседают на дно

ИЛИ

Частицы могут быть отфильтрованы

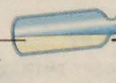


Чистая вода

Коллоид

Смесь* чрезвычайно мелких частиц вещества, распределенных в другом, в котором оно не растворяется. Частицы (группы атомов, молекул или ионов) в коллоидах меньше, чем в **суспензии**.

Молоко является **коллоидом**¹.



Частицы проходят через фильтровальную бумагу и не оседают.



Эмульсия. Коллоид, состоящий из крошечных частиц жидкости, распределенных в другой жидкости, например майонез².



Пена. Коллоид из маленьких пузырьков газа, распределенных в жидкости³.



Туман. Коллоид, состоящий из мельчайших частиц жидкости, распределенных в газе³.



Дым. Коллоид, состоящий из мельчайших частиц твердого вещества, распределенных в газе³.



* Диффузия, 9;
Кристаллизация, 21;
Смесь, 8.

¹ В действительности молоко является сложной системой (одновременно – истинный раствор ряда низкомолекулярных веществ, коллоидный раствор молочного белка, эмульсия жира в воде и др.). – Прим. перев.

² Майонез является сложной системой, как и молоко (см. выше). – Прим. перев.

³ Эмульсии, пены, туманы и дымы могут являться, а могут и не являться коллоидами; в них, как и в суспензиях, может происходить расслоение. – Прим. перев.

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ И ЭНЕРГИЯ

Почти все химические реакции вызывают изменения энергии. Некоторые реакции вовлекают электрическую или световую энергию, но почти все вовлекают тепловую энергию. Изменения энергии в ходе реакции являются результатом различных количеств энергии, вовлеченных в разрушение и образование химических связей. Исследование тепловой энергии в химических реакциях называется **термохимией**.

Энтальпия (H)

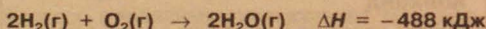
Количество энергии, содержащееся в веществе. Его невозможно непосредственно измерить, но можно измерить его изменения в процессе реакции.

Энтальпия (тепловой эффект) реакции, или теплота реакции (ΔH)

Количество тепловой энергии, выделенное или поглощенное в ходе химической реакции. (Если реакцией является **изменение состояния***, эта величина известна также, особенно в физике, как **скрытая теплота**.) **Энтальпия реакции** представляет собой разность между суммарной **энтальпией** исходных веществ и продуктов реакции и записывается после уравнения. Она измеряется с помощью **калориметрии*** и вызывается образованием и разрушением связей в ходе реакции (см. **энергия связи**).

Энтальпия (тепловой эффект) реакции	суммарная энтальпия продуктов реакции	суммарная энтальпия исходных веществ
--	---------------------------------------	--------------------------------------

Тепловой эффект реакции водорода с кислородом



Тепло выделяется, таким образом, это **экзотермическая реакция**.

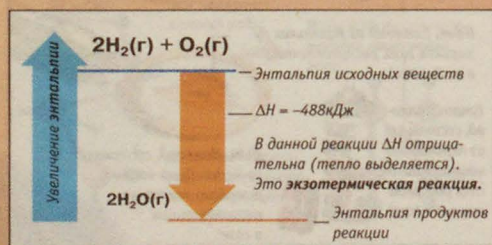
Значение ΔH является справедливым только для указанных в уравнении числа **молей*** и **физических состояний*** химических веществ.

дж обозначает **джоуль***, единицу энергии. кДж обозначает **килоджоуль** (1000 джоулей).

Диаграмма уровней энергии

Диаграмма, которая изображает **энтальпию** данной реакции.

Диаграмма уровней энергии для вышеприведенной реакции водорода с кислородом

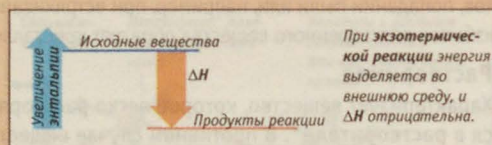


Стандартная энтальпия реакции (ΔH°)

Энтальпия реакции, измеренная при **стандартных условиях** (25 °C, давление 101 325 Па). Если используются растворы, их **концентрация*** составляет 1M*.

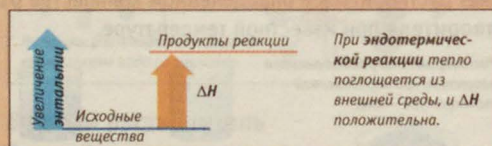
Экзотермическая реакция

Химическая реакция, в ходе которой тепло выделяется во внешнюю среду.



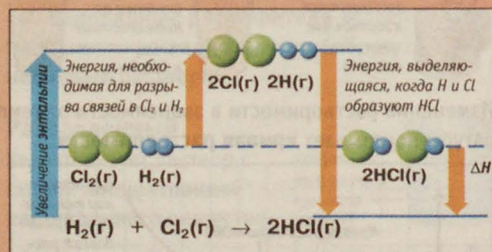
Эндотермическая реакция

Химическая реакция, в ходе которой тепло поглощается из внешней среды.



Энергия связи

Мера прочности **ковалентной связи*** между двумя атомами. Энергия должна быть затрачена, чтобы разрушить связи, и выделяется при их образовании. Разница этих энергий дает изменение энергии в ходе реакции.



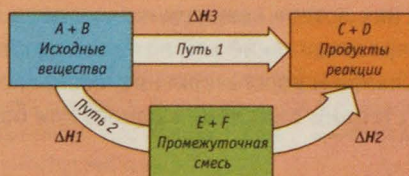
Закон сохранения энергии

В процессе химической реакции энергия не исчезает и не возникает. Количество энергии в **замкнутой системе** неизменно.

Закон Гесса

Закон Гесса гласит, что **энтальпия (тепловой эффект)** определенной химической реакции всегда одинакова, независимо от пути, которым осуществляется переход от исходных веществ к продуктам реакции. Закон может быть проиллюстрирован **энергетическим циклом** (см. справа). Закон Гесса применяется для нахождения тепловых эффектов реакций, которые не могут быть непосредственно измерены, например **энтальпии образования** метана.

Энергетический цикл



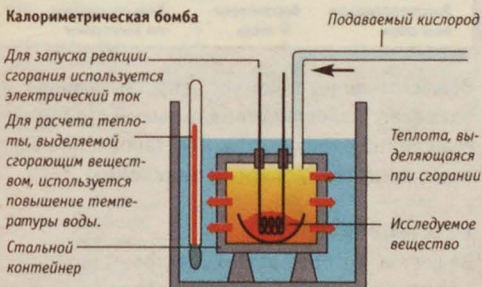
Согласно закону Гесса:

$$\Delta H_1 \text{ (для реакции } A + B \rightarrow E + F) + \Delta H_2 \text{ (для реакции } E + F \rightarrow C + D) = \Delta H_3 \text{ (для реакции } A + B \rightarrow C + D)$$

Особые виды энтальпии

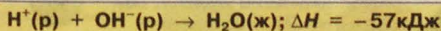
Энтальпия сгорания, или теплота сгорания

Количество тепловой энергии, выделяющееся при полном сжигании одного **моля*** вещества в кислороде. Теплоту сгорания вещества определяют, используя **калориметрическую бомбу**.



Энтальпия нейтрализации, или теплота нейтрализации

Количество тепловой энергии, выделяющееся при **нейтрализации** одного **моля*** ионов водорода (H^+) одним молем гидроксид-ионов (OH^-). Если кислота и щелочь полностью **ионизованы***, теплота нейтрализации равна -57 кДж . **Ионное уравнение** нейтрализации имеет следующий вид:



Ион водорода Гидроксид-ион Молекула воды

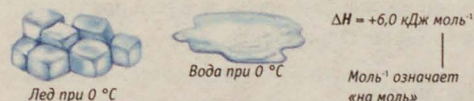
Если в реакции участвует **слабая кислота*** или **слабое основание***, выделяющееся количество тепла будет меньше. Некоторое количество энергии необходимо для полной ионизации кислоты.

Энтальпия растворения, или теплота растворения

Количество тепловой энергии, выделяющееся или поглощаемое при растворении одного **моля*** вещества в объеме **растворителя***, достаточном, чтобы дальнейшее разведение не вызывало изменения теплоты.

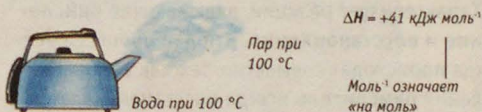
Молярная энтальпия плавления, или молярная теплота плавления

Количество тепловой энергии, необходимое для превращения одного **моля*** твердого вещества в жидкое в точке плавления. Энергия необходима для разрыва связей в **кристаллической решетке*** твердого вещества.



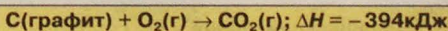
Молярная энтальпия парообразования, или молярная теплота парообразования

Тепловая энергия, необходимая для превращения одного **моля*** жидкости в пар в точке кипения.



Энтальпия образования, или теплота образования

Тепловая энергия, выделяющаяся или поглощаемая при образовании одного **моля*** соединения из элементов. Например:



Углерод Кислород Диоксид углерода

* Ионизация, 16; Ионное уравнение, 27; Кристаллическая решетка, 22; Моль, 25; Нейтрализация, 37; Растворитель, 30; Слабая кислота, Слабое основание, 38.

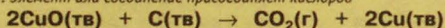
ОКИСЛЕНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ

Термины **окисление** и **восстановление** первоначально относились к присоединению или потере веществом кислорода. В настоящее время они расширены, включая присоединение или потерю водорода и электронов. В реакциях, включающих окисление и восстановление, всегда происходит перенос электронов, т. е. изменение **степени окисления** одного или более элементов.

Окисление

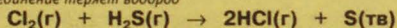
Химическая реакция, при которой происходит одно из следующих явлений:

1. Элемент или соединение присоединяет кислород



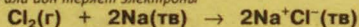
Окислитель Окисляемый элемент Углерод присоединяет кислород

2. Соединение теряет водород



Окислитель Окисляемое соединение Сероводород теряет водород

3. Атом или ион теряет электроны

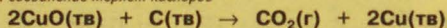


Окислитель Окисляемый атом Натрий теряет электроны

Восстановление

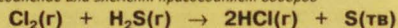
Химическая реакция, при которой происходит одно из следующих явлений:

1. Соединение теряет кислород



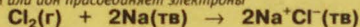
Восстанавливаемое соединение Восстановитель Оксид меди(II) теряет кислород

2. Соединение или элемент присоединяет водород



Восстанавливаемый элемент Восстановитель Хлор присоединяет водород

3. Атом или ион присоединяет электроны



Восстанавливаемый атом Восстановитель Хлор присоединяет электроны

Вещество, подвергающееся окислению, называется **окисляемым**, и его **степень окисления** увеличивается. Окисление является процессом, обратным восстановлению.

Окислитель

Вещество, которое принимает электроны и, таким образом, вызывает **окисление** другого вещества. **Окислитель** в ходе реакции всегда **восстанавливается**.

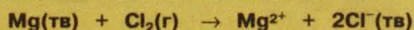
Вещество, подвергающееся восстановлению, называется **восстанавливаемым**, и его **степень окисления** уменьшается. Восстановление является процессом, обратным **окислению**.

Восстановитель

Вещество, которое отдает электроны и, таким образом, вызывает **восстановление** другого вещества. В ходе реакции восстановитель всегда **окисляется**.

Окислительно-восстановительная

Характеризует реакции, включающие **окисление** и **восстановление**. Эти два процесса всегда происходят совместно, так как в ходе окисления **окислитель** всегда восстанавливается, а **восстановитель** при восстановлении всегда окисляется. В примере справа магний и хлор подвергаются окислительно-восстановительной реакции, образуя хлорид магния.



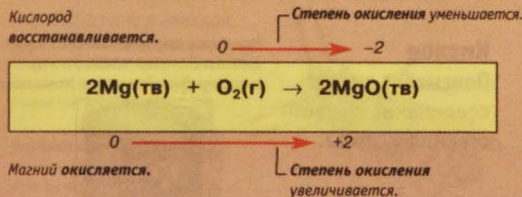
Одновременное **окисление** и **восстановление** одного и того же элемента в реакции называется **диспропорционированием**.

Окислительно-восстановительная реакция магния с хлором



Степень окисления

Число электронов, отданных или полученных атомом при образовании соединения. Степень окисления элемента обычно равна заряду на его ионе. Степень окисления элемента увеличивается при его **окислении** и уменьшается при **восстановлении**.



Приведенные ниже правила помогают рассчитать степень окисления элемента:

- Степень окисления свободного (не входящего в состав соединения) элемента равна нулю.**

Степень окисления кислорода 0. Не потеряно и не получено ни одного электрона.
- Степень окисления элемента в ионном соединении* равна электрическому заряду его иона.**

Хлорид кальция образует ионную кристаллическую решетку*.

Степень окисления +2 (2 электрона удалены)

Степень окисления -1 (1 электрон добавлен)
- Степени окисления элементов в ковалентных соединениях находят, исходя из предположения, что соединение является ионным*, и вычисляя заряд, который при этом имели бы ионы. Самый электроотрицательный* атом (ближайший к фтору в периодической таблице*) предполагается принимающим электроны.**

Аммиак является ковалентным соединением*.

Степени окисления -3 и +1
- Сумма степеней окисления всех элементов в соединении равна нулю.**

Сульфат железа(II)
 Сумма степеней окисления = (+2) + (+6) + (4 × -2) = 0
- Степень окисления кислорода в соединении обычно равна -2, однако в пероксидах, например в пероксиде водорода, она составляет -1.**
- Степень окисления водорода обычно равна +1, за исключением гидридов металлов, где она составляет -1.**

Число окисления

Число, показывающее **степень окисления** элемента в соединении. Оно записывается римскими цифрами и помещается в скобках после названия элемента. Оно включается в название соединения, только если элемент имеет больше одной степени окисления.

Хлорид железа(III)	Оксид свинца(IV)
Число окисления 3 и степень окисления +3	Число окисления 4 и степень окисления +4

Окислительно-восстановительный (электродный*) потенциал

Количественная характеристика способности вещества присоединять электроны в растворе. Сильные **восстановители**, легко теряющие электроны (которые они могут отдавать другим веществам), будут иметь высокий отрицательный окислительно-восстановительный потенциал. Сильные **окислители**, которые легко присоединяют электроны, будут иметь высокий положительный окислительно-восстановительный потенциал.

Ряд окислительно-восстановительных потенциалов (ряд напряжений*)

Список веществ, расположенных по порядку их **окислительно-восстановительных потенциалов**, вещество с наиболее отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом помещено наверху. Вещество обычно **окисляет** любое вещество, расположенное выше него в ряду, и **восстанавливает** – расположенное ниже.

Восстановители	Окислители
Литий	Иод
Калий	Бром
Кальций	Дихромат-ион
Натрий	Хлор
Магний	Мanganат-ион
Алюминий	Пероксид водорода
Цинк	Фтор
Свинец	
Железо	
Водород	
Медь	
Серебро	

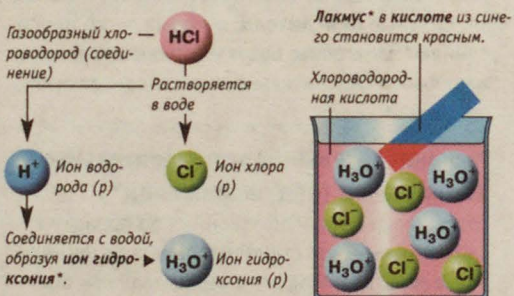
* Ионная кристаллическая решетка, 23; Ионное соединение, 17; Ковалентные соединения, 18; Периодическая таблица, 50; Ряд напряжений, 45; Электродный потенциал, 44; Электроотрицательность, 19.

КИСЛОТЫ И ОСНОВАНИЯ

Все химические вещества являются **кислыми**, **основными** или **нейтральными**. В чистой воде небольшая часть молекул **ионизируется***, при этом каждая из них образует ион водорода (одиночный **протон***) и гидроксид-ион. Количества ионов водорода и гидроксид-ионов равны, и вода характеризуется как **нейтральная**. Некоторые соединения растворяются в воде или реагируют с ней, образуя ионы водорода или гидроксид-ионы, нарушающие равновесие. Эти соединения являются **кислотами** или **основаниями**.

Кислота

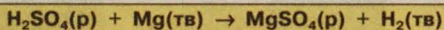
Соединение, содержащее водород, которое растворяется в воде, выделяя в раствор ионы водорода (H^+ — **протоны***). Ионы водорода не существуют в растворе сами по себе, а соединяются с молекулами воды, образуя **ионы гидроксония**. Эти ионы могут существовать только в растворе, поэтому кислота может проявить свои свойства только в растворенном виде.



Типы кислот



Разбавленные кислоты имеют кислый вкус, pH^* меньше 7 и окрашивают лакмус в красный цвет. С металлами, расположенными выше водорода в **ряду напряжений***, они реагируют, выделяя газообразный водород.



Кислота Металл Соль* Водород

Разбавленные **сильные кислоты*** реагируют с карбонатами или гидрокарбонатами с выделением газообразного диоксида углерода.

Кислое

Описывает любое соединение со свойствами **кислоты**.

Некоторые кислоты являются коррозионноактивными (едкими) и могут иметь предупредительные этикетки.

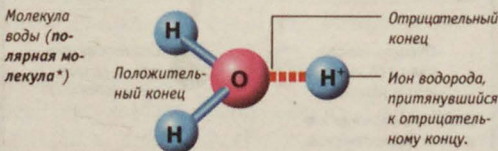


Ион гидроксония

(H_3O^+), или **ион оксония**

Ион, образующийся, когда ион водорода присоединяется к молекуле воды (см. **кислота**). Когда в растворе, содержащем ионы гидроксония, происходит реакция, в ней участвует только ион водорода. Поэтому обычно ион гидроксония можно считать ионом водорода.

Образование иона гидроксония (H_3O^+)



Неорганическая кислота

Кислота, полученная химически из неорганического вещества, например, хлороводородную кислоту получают из хлорида натрия, а серную — из серы.

Неорганическая кислота	Формула
Хлороводородная	HCl
Серная	H_2SO_4
Сернистая	H_2SO_3
Азотная	HNO_3
Азотистая	HNO_2
Фосфорная (ортофосфорная)	H_3PO_4

Органическая кислота	Формула
Щавелевая (Этандиовая)	$(COOH)_2$
Муравьиная (Метановая)	$HCOOH$
Уксусная	
Этановая	CH_3COOH

Органическая кислота

Органическое соединение* со свойствами **кислоты**. Например **карбоновые кислоты***.

Когда листья отмирают и гниют, они образуют **органическую кислоту**, называемую гуминовой.

* pH , 38; Карбоновые кислоты, 81; Лакмус, 38; Органическое соединение, 76; Полярная молекула, 19; Протон, 12; Ряд напряжений, 45; Свинцово-кислотный аккумулятор, 45; Соли, 39; Сильная кислота, 38.

Основание

Вещество, которое может **нейтрализовать кислоту**, принимая ионы водорода. Оно противоположно кислоте. Основания обычно являются оксидами или гидроксидами металлов, хотя аммиак также является основанием. Вещество со свойствами основания характеризуется как **основное**. Основание, которое растворяется в воде, является **щелочью**. При нагревании основания с **солью*** аммония образуется аммиак.

Яд осы содержит **щелочь** и может быть нейтрализован кислотой, такой как уксус.

Бытовые жидкие чистящие средства содержат **щелочь**, которая растворяет грязь.

Таблетки от несварения желудка содержат **щелочь**, такую как гидроксид магния, которая **нейтрализует** кислоту, вырабатываемую при диспепсии.

Зубная паста является **основанием**. Она **нейтрализует** образующуюся во рту кислоту.



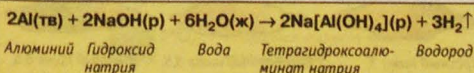
Щелочь

Основание, обычно гидроксид металла первой или второй групп **периодической таблицы***, которое растворимо в воде и выделяет в раствор гидроксид-ионы (OH^-). Это делает раствор **щелочным**.



Щелочной

Раствор, образующийся при растворении в воде **основания** и содержащий больше гидроксид-ионов, чем ионов водорода. Щелочные растворы имеют **pH*** больше 7, придают **лакмусу*** синюю окраску и кажутся мыльными на ощупь, так как реагируют с кожей. Щелочные растворы, приготовленные из **сильных оснований***, реагируют с несколькими металлами, например с цинком и алюминием, выделяя газообразный водород.

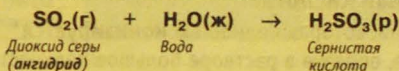


Амфотерное

Характеризует вещество, которое в одной реакции ведет себя как **кислота**, а в другой как **основание**, например гидроксид цинка.

Ангидрид

Вещество (обычно оксид), которое реагирует с водой, образуя кислоту.



Нейтральное

Характеризует вещество, не имеющее свойств **кислоты** или **основания**. Нейтральный раствор содержит равное число ионов водорода и гидроксид-ионов. Он имеет **pH*** 7 и не изменяет цвет **лакмуса***.

Нейтральный раствор содержит равное количество ионов водорода и гидроксид-ионов.



Нейтрализация

Реакция между **кислотой** и **основанием**, в результате которой образуются только **соль** и **вода**. Равные количества ионов водорода и гидроксид-ионов реагируют друг с другом, образуя **нейтральный** раствор. **Кислотный остаток*** из кислоты и **катион*** из основания образуют соль.

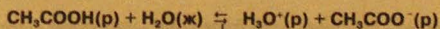
Нейтрализация:

КИСЛОТА + ОСНОВАНИЕ → СОЛЬ* + ВОДА

Теория Брэнстеда—Лоури

Другой путь описания **кислот** и **оснований**. Она определяет кислоту как вещество, отдающее **протоны***, а основание — как принимающее их.

Уксусная кислота отдает **протон*** — она является **кислотой**. Вода принимает **протон*** — она является **основанием**.



Этот символ означает **обратимую реакцию***

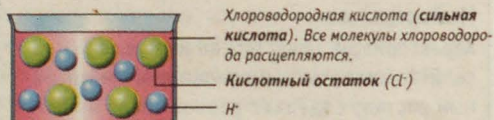
Ион гидроксония отдает **протон*** — он является **кислотой**. Ацетат-ион принимает **протон*** — он является **основанием**.

Кислоты и основания (продолжение) – сила и концентрация

Концентрация* кислот и оснований (см. две предыдущие страницы) зависит от того, сколько **молей*** кислоты или основания находится в растворе, тогда как сила зависит от доли их молекул, которые **ионизируются*** с образованием **ионов гидроксония** или гидроксид-ионов. Разбавленная **сильная кислота** может образовывать больше ионов водорода, чем концентрированная **слабая кислота**.

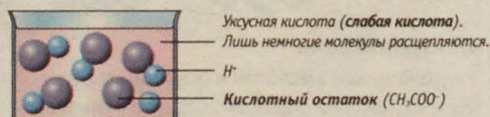
Сильная кислота

Кислота, которая полностью **ионизируется*** в воде, образуя в растворе большое количество ионов водорода.



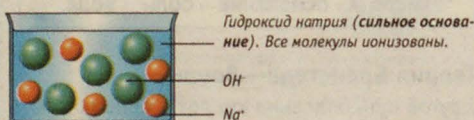
Слабая кислота

Кислота, которая только частично **ионизируется*** в воде, т. е. только небольшая часть ее молекул расщепляется на ионы водорода и **кислотных остатков**.



Сильное основание

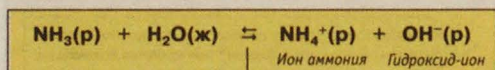
Основание, которое полностью **ионизируется** в воде. При этом выделяется большое количество гидроксид-ионов, образуя **сильнощелочной раствор**.



Слабое основание

Основание, которое только частично **ионизируется*** в воде. Лишь немногие молекулы отщепляют гидроксид-ионы, давая **слабощелочной раствор**.

Аммиак слабо реагирует с водой, давая низкие концентрации гидроксид-ионов:



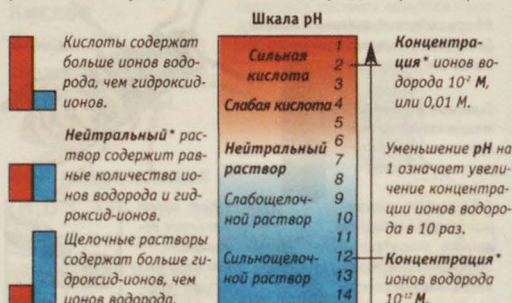
Этот символ означает **обратимую реакцию***

Для определения pH могут быть использованы бумажные полоски, пропитанные **универсальным индикатором**.

Сильнокислый раствор окрашивает индикаторную бумажку в **красный цвет**, а сильнощелочной раствор – в **фиолетовый**.

pH

Обозначение для **водородного показателя**, меры **концентрации*** ионов водорода в растворе.

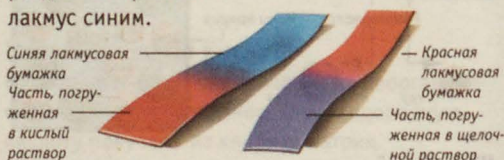


Индикатор

Вещество, окраска которого зависит от pH раствора, в котором оно находится. Могут использоваться в твердой или жидкой форме. Некоторые индикаторы представлены внизу страницы.

Лакмус

Индикатор, показывающий, является ли раствор кислым или щелочным. Кислота окрашивает синий лакмус в красный цвет, а щелочные растворы делают красный лакмус синим.



Универсальный индикатор

Индикатор, в виде бумажки или раствора, который отображает pH раствора цветовой шкалой.



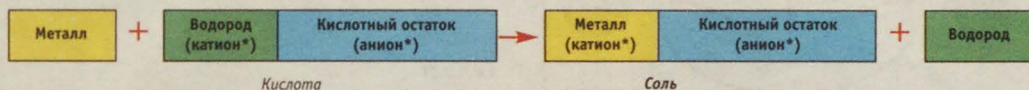
Некоторые другие индикаторы



СОЛИ

Все **соли** являются **ионными соединениями***, содержащими по меньшей мере один **катион**, не являющийся ионом водорода, и один **анион**, не являющийся гидроксид-ионом и называемый **кислотным остатком**.

Теоретически все они образованы замещением одного или более ионов водорода в кислоте одним или более другими катионами, например ионами металла (см. ниже) или аммония. Соли широко применяют в промышленности и быту.



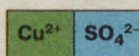
Кислотный остаток

Анион*, остающийся после удаления ионов водорода из кислоты. См. таблицы.

Кислота	Остаток	Название остатка
Хлороводородная	Cl ⁻	Хлорид
Серная	SO ₄ ²⁻	Сульфат
Сернистая	SO ₃ ²⁻	Сульфит
Азотная	NO ₃ ⁻	Нитрат
Азотистая	NO ₂ ⁻	Нитрит
Угловая	CO ₃ ²⁻	Карбонат
Уксусная	CH ₃ COO ⁻	Ацетат
Фосфорная	PO ₄ ³⁻	Фосфат

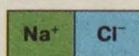
Название соли определяется названием остатка

Сульфат меди(II)



Катион* Кислотный остаток

Хлорид натрия

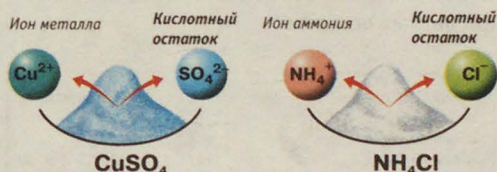


Катион* Кислотный остаток

Средняя соль

Соль, содержащая только ионы металла (или аммония) и **кислотный остаток**, образующаяся при замещении всех ионов водорода в кислоте ионами металла (или аммония).

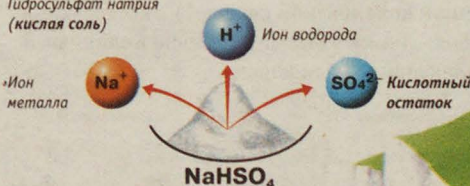
Сульфат меди(II) и хлорид аммония (средние соли)



Кислая соль

Соль, содержащая наряду с ионами металла (или аммония) и **кислотным остатком** также и ионы водорода, образующаяся, когда только часть ионов водорода в кислоте замещается ионами металла (или аммония). Только кислоты с **основностью** два и более могут образовывать кислые соли. Большинство кислых солей проявляют кислотные свойства, но некоторые образуют щелочные растворы.

Гидросульфат натрия (кислая соль)



Меловые утесы состоят из карбоната кальция, являющегося нерастворимой солью.

Основность

Число ионов водорода в кислоте, которые могут быть замещены с образованием соли. Не обязательно замещаются все ионы водорода.

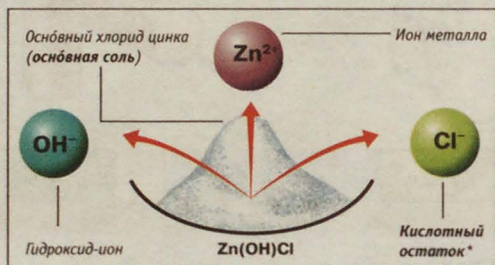
H	Cl	Хлороводородная кислота является одноосновной .
CH ₃ COO	H	Уксусная кислота является одноосновной .
H ₂	SO ₄	Серная кислота является двухосновной .
H ₃	PO ₄	Фосфорная кислота является трехосновной .

* Анион, 16; Ионное соединение, 17; Катион, 16.

Соли (продолжение)

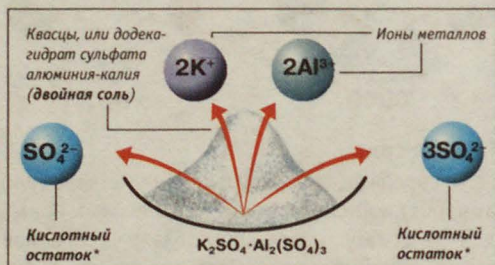
Основная соль

Соль, содержащая оксид или гидроксид металла, ионы металла и **кислотный остаток***. Она образуется, если **основание** не полностью **нейтрализовано*** кислотой.



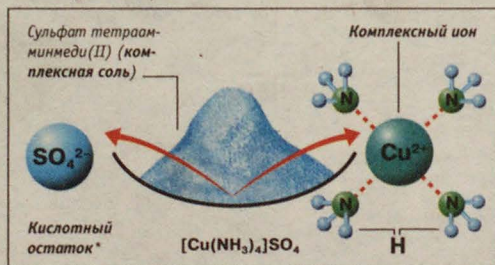
Двойная соль

Соль, образующаяся при взаимодействии растворов двух **средних солей***. Она содержит два разных катиона (два иона разных металлов или ион металла и ион аммония) и один или более **кислотных остатков***.



Комплексная соль

Соль, в которой один из ионов является **комплексным ионом**. Он состоит из центрального **катиона***, связанного (часто **донорно-акцепторной ковалентной связью***) с несколькими небольшими молекулами (обычно **полярными молекулами***) или ионами.



Безводная соль

Соль, которая не содержит **кристаллизационную воду***. Соль становится **гидратом**, если она поглощает воду.

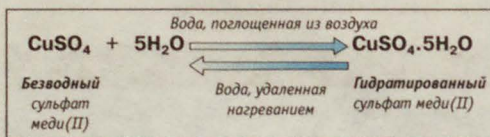
Когда **безводный** сульфат меди(II) (белый порошок) поглощает воду, он превращается в голубые кристаллы **гидратированного** сульфата меди(II).

Вода может быть добавлена (как на рисунке), однако сульфат меди(II) является **гигроскопичным*** (поглощает воду из воздуха).



Гидрат

Соль, содержащая **кристаллизационную воду*** (она является **гидратированной**). Соль становится **безводной**, если воду удалить.



Дегидратация

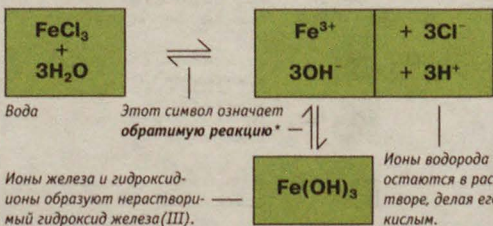
Удаление воды из вещества. Это может быть как удаление из молекулы вещества атомов водорода и кислорода в правильном соотношении для образования воды, так и удаление воды из **гидрата** с образованием **безводного** вещества.

Гидролиз

Химическая реакция соединения с водой, приводящая к образованию другого соединения. Когда соль реагирует с водой, ионы соли реагируют с молекулами воды. Это нарушает баланс ионов водорода и гидроксид-ионов, тем самым давая кислый или щелочной раствор. Соль, полученная в результате реакции между **слабой кислотой*** и **сильным основанием**, растворяется, образуя щелочной раствор. Соль, полученная в результате реакции между **сильной кислотой*** и **слабым основанием**, растворяется, образуя кислый раствор.

Хлорид железа(III) (соль)

Продукты реакции



* Кристаллизационная вода, 21; Гигроскопичное (вещество), 92; Донорно-акцепторная ковалентная связь, 18; Катион, 16; Кислотный остаток, 39; Нейтрализация, 37; Обратимая реакция, 48; Основание, 37; Полярная молекула, 19; Сильная кислота, Сильное основание, 38; Слабая кислота, Слабое основание, 38; Средняя соль, 39.

Получение солей

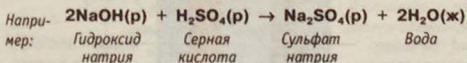
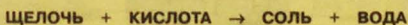
Соли могут быть получены несколькими путями, метод получения зависит от того, растворима соль в воде или нет (см. таблицу ниже). Растворимые соли **кристаллизуют*** из растворов (полученных разными путями – см. ниже), нерастворимые получают в форме **осадков***.

Растворимость* солей

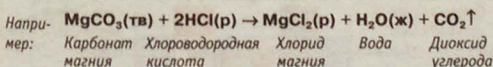
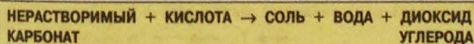
Растворимая соль	Нерастворимая соль
Все соли аммония, натрия и калия	
Все нитраты	
Хлориды	КРОМЕ → Хлоридов серебра и свинца
Сульфаты	КРОМЕ → Сульфатов бария и свинца, кальция (малорастворим)
Карбонатов аммония, натрия и калия	КРОМЕ → Большинство карбонатов

Растворимые соли могут быть получены приведенными ниже методами, которые дают раствор соли. Этот раствор частично выпаривают и оставляют для **кристаллизации***.

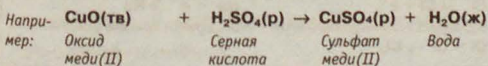
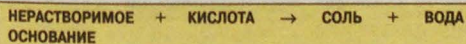
1. **Нейтрализация***, при которой кислота нейтрализуется щелочью.



2. Воздействие кислоты на нерастворимый карбонат.

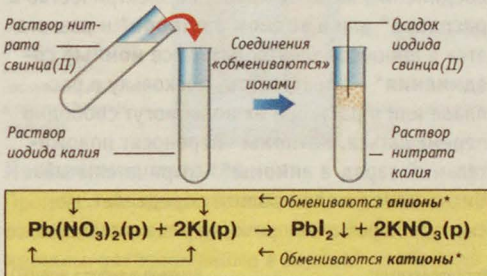


3. Воздействие кислоты на нерастворимое основание*.



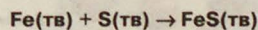
Обменное разложение

Химическая реакция между двумя или более **ионными соединениями***, при которой происходит обмен ионами. Одним из вновь образованных соединений является нерастворимая соль, которая образует **осадок***. Большинство нерастворимых солей и гидроксидов получают этим методом – осадки отфильтровывают и промывают.



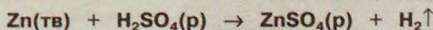
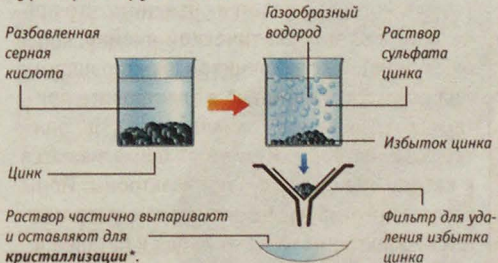
Прямой синтез

Химическая реакция, при которой соль получают непосредственно из элементов. Этот метод используется для получения солей, которые реагируют с водой и поэтому не могут быть получены с использованием растворов.



Прямое вытеснение

Реакция, при которой весь или часть водорода в кислоте вытесняется другим элементом, обычно металлом. Она используется для получения растворимых солей, за исключением солей натрия или калия, поскольку они оба слишком бурно реагируют с кислотой.



* Анион, 16; Ионное соединение, 17; Катион, 16; Кристаллизация, 21; Нейтрализация, 37; Осадок, 31; Основание, 37; Растворимость, 31; Экзотермическая реакция, 32.

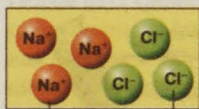
ЭЛЕКТРОЛИЗ

Электролиз – это термин, описывающий химические изменения, происходящие при пропускании электрического **тока** через жидкость, содержащую ионы. Металлы и графит проводят электрический ток, так как часть электронов может свободно перемещаться в **кристаллической решетке***, однако **расплавленные*** **ионные соединения** или соединения, которые **ионизируются*** в растворе, проводят электрический ток благодаря движению ионов.

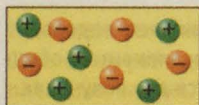
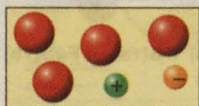
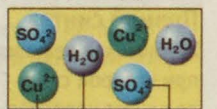
Электролит

Соединение, которое проводит электричество в **расплаве*** или в **водном растворе*** и разлагается в процессе электролиза. Все **ионные соединения*** – электролиты, поскольку в расплаве или в растворе их ионы могут свободно перемещаться. **Катионы*** переносят положительный заряд, а **анионы*** – отрицательный. Число ионов в электролите определяет, насколько хорошо он проводит электричество.

Расплавленный*
хлорид натрия



Раствор сульфата меди(II)
(водный раствор*)



Электрод

Помещенный в **электролит** кусок металла или графита, через который входит или выходит **ток***. Существуют два электрода – **анод** и **катод**.

Инертный электрод

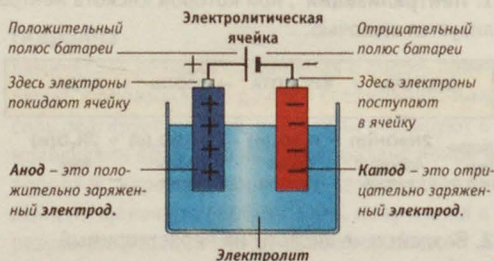
Электрод, который не изменяется в процессе электролиза, например платиновый. Некоторые инертные электроды могут реагировать с высвободившимися веществами.

Активный электрод

Электрод, обычно металлический, который подвергается химическому изменению в процессе электролиза.

Электролитическая ячейка

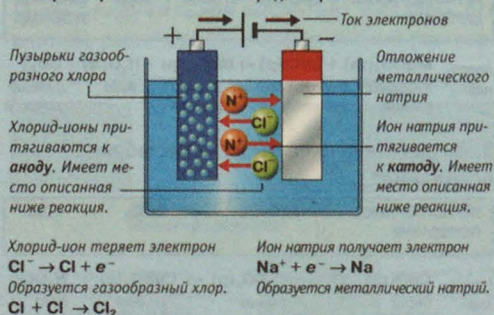
Сосуд, содержащий **электролит** (**расплавленный*** или в **водном растворе***) и электроды.



Ионная теория электролиза

Теория, которая пытается объяснить, что происходит в **электролитической ячейке**, когда она соединена с источником электроэнергии. Она гласит, что **анионы*** в электролите притягиваются к **аноду** (см. **электрод**), где они теряют электроны. **Катионы*** притягиваются к **катоде**, где они получают электроны. Ионы, которые реагируют на электродах, **разряжаются**. Электроны текут от анода к батарее и от батареи к катоду.

Электролиз расплавленного* хлорида натрия



Первый закон электролиза Фарадея

Масса вещества, полученного в результате химической реакции на **электродах** в процессе электролиза, пропорционально количеству электричества (заряду), прошедшему через **электролит**.

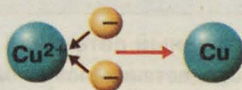
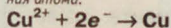
Количество электричества (заряд) = ток × время



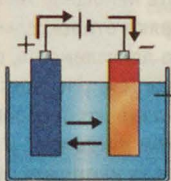
Второй закон электролиза Фарадея

Когда одинаковое количество электричества (одинаковый заряд) пропускается через разные **электролиты**, число **молей*** каждого элемента, отложившееся на **электродах**, обратно пропорционально величине заряда его иона.

Ион меди должен получить два электрона для образования атома.



Если через раствор сульфата меди (II) проходит 1 **фарадей** (1 моль электронов), для превращения каждого иона меди в атом необходимо два электрона.



Следовательно, 1 **фарадей** вызовет образование из ионов и отложение на катоде $\frac{1}{2}$ моль атомов меди. $\frac{1}{2}$ моль, обратно пропорционально 2 – заряду иона меди.

Другие примеры:

1 Ф образует один **моль*** атомов натрия из ионов (Na^+).

1 Ф образует $\frac{1}{3}$ **моль*** атомов алюминия из ионов (Al^{3+})

Вольтметр, или кулонметр

Тип **электролитической ячейки**, используемый для измерения количества вещества, выделяющегося в процессе электролиза.

Кулон

Единица электрического заряда в системе **СИ*** проходит через точку при протекании тока величиной в один **ампер*** в течение одной секунды.

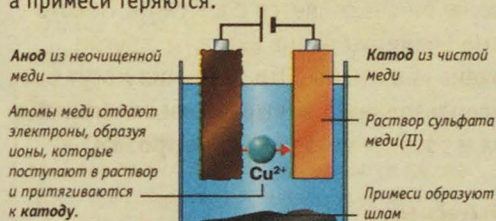
Фарадей

Единица электрического заряда, равная 96 500 **кулонам**. Она представляет собой расход одного **моля** электронов в процессе электролиза и, таким образом, выделяет один моль атомов из однозарядных ионов.

Электролиз в промышленности

Электролитическое рафинирование

Метод очистки металлов с помощью электролиза. В электролизе участвуют только ионы металла, а примеси теряются.



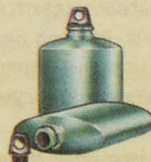
Извлечение металла

Процесс получения металлов электролизом из их **расплавленных*** руд. Этим способом получают металлы, расположенные в верхней части **ряда активности*** (см. алюминий, с. 62, и натрий, с. 54).

Анодирование

Нанесение на металлический предмет тонкого слоя его оксида. При электролизе разбавленной серной кислоты гидроксид-ионы **окисляются*** на металлическом **аноде**, образуя воду и кислород, который окисляет металл.

Эти алюминиевые фляжки были покрыты оксидом алюминия методом **анодирования*** для защиты от коррозии.



Гальванопокрытие

Покрывание металлического предмета тонким слоем другого металла путем электролиза. Предмет образует **катод**, на котором ионы другого металла, присутствующие в растворе **электролита**, разряжаются и превращаются в атомы, которые откладываются на катоде.

Этот стальной гвоздь был покрыт цинком для предотвращения коррозии (см. **протекторная защита**, с. 45).

Металлическая передняя часть этой гитары была покрыта хромом путем электролиза.



* Ампер, 114; Единицы СИ, 114; Коррозия, 95; Моль, 25; Окисление, 34; Расплавленное (вещество), 6; Ряд напряжений, 44.

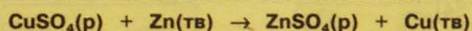
АКТИВНОСТЬ

Активность (реакционная способность) элемента зависит от его способности захватывать или терять электроны, которые используются для образования **связей** (см. с. 16–20). Чем активнее элемент, тем легче он соединяется с другими. Некоторые элементы очень активны, другие очень неактивны. Эти различия могут быть использованы для выработки электричества и защиты металлов от **коррозии***.

Вытеснение

Реакция, в которой один элемент замещает другой в соединении. Элемент может вытеснить другой, только если тот расположен ниже в **ряду активности** (см. справа).

Цинк **вытесняет** медь из раствора сульфата меди (II).



Ряд активности

Список элементов (обычно металлов), размещенных в порядке их активности (реакционной способности). Ряд составлен путем сравнения реакций металлов с другими веществами, например кислотами и кислородом (см. сводную таблицу реакций, с. 97).

Металл	
Калий	Увеличение реакционной способности
Натрий	
Кальций	Увеличение силы восстановителя*
Магний	
Алюминий	Увеличение способности отдавать электроны с образованием ионов
Цинк	
Железо	Увеличение способности к вытеснению
Свинец	
Медь	
Серебро	

Полуэлемент

Элемент в контакте с водой или **водным раствором*** одного из его соединений. Атомы на поверхности образуют **катионы***, которые высвобождаются в раствор, оставляя электроны. Раствор имеет положительный заряд, а металл – отрицательный, таким образом, между ними существует **разность потенциалов**.

Измерение электродного потенциала металла

Вольтметр измеряет разность потенциалов между двумя **полупримерами** (электродный потенциал).

Водородный электрод – полупример, используемый как эталон при измерении электродных потенциалов.

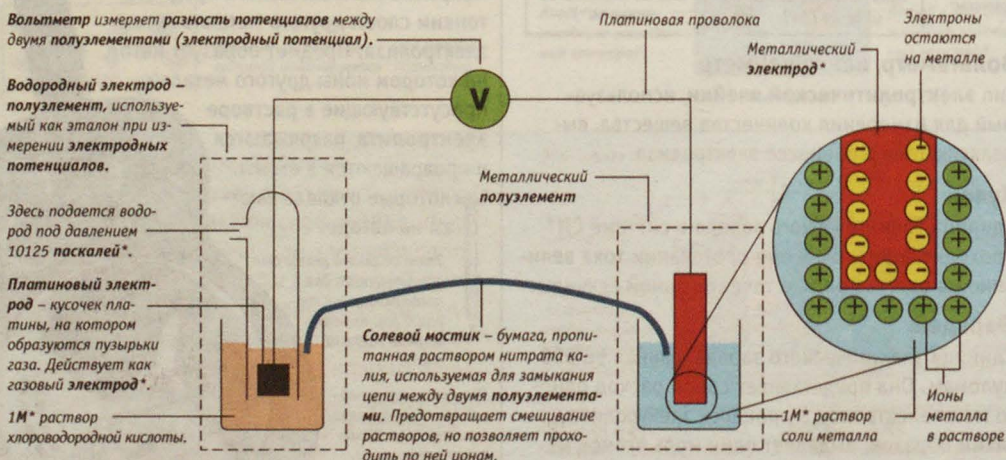
Здесь подается водород под давлением 10125 паскалей*.

Платиновый электрод – кусочек платины, на котором образуются пузырьки газа. Действует как газовый электрод*.

1М* раствор хлороводородной кислоты.

Электродный потенциал (E)

Разность потенциалов в полупримере. Эта величина не может быть непосредственно измерена, поэтому ее измеряют относительно разности потенциалов другого полупримера, обычно **водородного электрода** (см. рисунок). Электродные потенциалы показывают способность **ионизироваться*** в **водном растворе*** и используют для построения **ряда напряжений**.



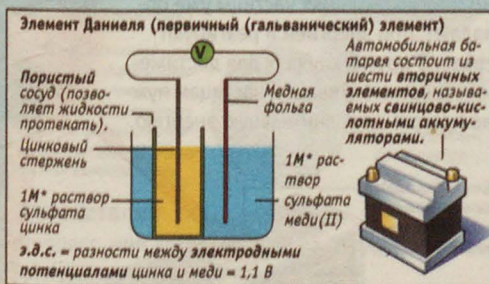
* Водный раствор, 30; Восстановитель, 34; Ионизация, 16; Катион, 16; Коррозия, 95; М-число, 25 (Молярность); Паскаль, 115; Электрод, 42.

Ряд напряжений

Список элементов в порядке возрастания их **электродных потенциалов**. Элемент с наиболее отрицательным электродным потенциалом помещен наверху. Положение элемента в ряду показывает степень его готовности образовывать ионы в **водном растворе*** и, таким образом, является указанием, насколько реакционноспособным он, вероятно, будет.



Элемент, или электрохимический элемент
Соединение **полуэлементов** двух разных химических элементов. Полуэлемент с более отрицательным электродным потенциалом образует **отрицательный полюс**, а другой — **положительный полюс**. Когда они соединены, между ними протекает **электрический ток**. Существуют **первичные (гальванические) элементы**, которые не могут быть перезаряжены, и **вторичные (аккумуляторы)**, которые можно перезарядить. **Батарея** — это несколько соединенных элементов.



Разность потенциалов (напряжение)

Различие в электрическом заряде между двумя точками измеряется в **вольтах (В)** с помощью прибора — **вольтметра**. Если две точки, между которыми существует разность потенциалов, соединены проводником, между ними протекает **ток**, пропорциональный разности потенциалов.

Ток

Поток электронов или ионов через вещество. **Единицей СИ*** для тока является **ампер*** (А), и ток измеряется с использованием **амперметра**. Ток будет протекать в контуре, или цепи, между двумя точками, если между ними существует **разность потенциалов**.



Электродвижущая сила (э.д.с.)

Название, данное **разности потенциалов** между двумя полюсами элемента (например, разница между электродными потенциалами двух **полуэлементов**).

Протекторная защита

Известна также как **катодная защита** или **электрическая защита**. Метод защиты железа от **ржавления*** прикреплением металла, расположенного выше в ряду напряжений, который подвергается коррозии вместо железа.

Корпуса кораблей можно защитить прикреплением к ним полос цинка.

Цинк теряет электроны легче железа, поскольку цинк находится выше в ряду напряжений.



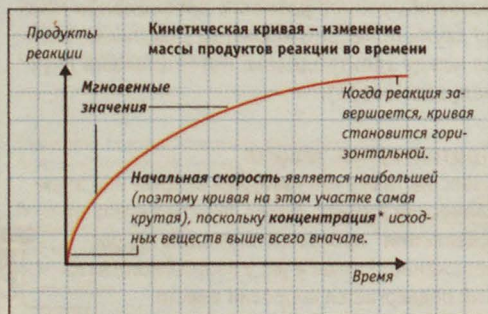
* Ампер, 114; Водный раствор, 30; Единицы СИ, 114; М-число, 25 (Молярность); Ржавление, 95 (Коррозия).

СКОРОСТИ РЕАКЦИЙ

Время, необходимое для завершения химической реакции, изменяется от менее чем одной миллионной доли секунды до недель и даже лет. Можно предсказать, сколько времени займет конкретная реакция и как ее ускорить или замедлить, изменяя условия, при которых она происходит. С увеличением **скорости реакции**, например путем использования высокой температуры и давления или **катализатора**, повышается эффективность многих производственных процессов.

Скорость реакции

Рассчитывается путем измерения того, насколько быстро потребляются исходные вещества или образуются продукты реакции. Экспериментальные методы, используемые для измерения скорости реакции, зависят от **физических состояний*** исходных веществ и продуктов, и данные, полученные в таком эксперименте, наносятся на **кинетическую кривую**. По мере протекания реакции ее скорость изменяется. Значение скорости в любой момент во время реакции называется **мгновенной скоростью**. Мгновенная скорость в начале реакции называется **начальной скоростью**. **Средняя скорость** рассчитывается путем деления общего изменения количества продуктов реакции или исходных веществ на время, необходимое для завершения реакции.



Теория соударений

Объясняет, почему изменение условий, при которых имеет место реакция, влияет на ее скорость. Для того чтобы между двумя частицами произошла реакция, они должны столкнуться, поэтому, если происходит больше соударений, **скорость реакции** возрастает. Лишь некоторые соударения вызывают реакцию, т.к. не все частицы обладают достаточной энергией для того, чтобы прореагировать (см. справа **энергия активации**).



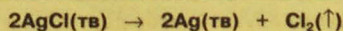
Фотосинтез* – процесс, при помощи которого растения производят питательные вещества – является последовательностью **фотохимических реакций**.

Фотохимическая реакция

Реакция, скорость которой зависит от силы света, например **фотосинтез***. Свет придает дополнительную энергию реагирующим частицам и, таким образом, увеличивает **скорость реакции**.

Фотохимические реакции используют в фотографии.

Там, где свет падает на пленку, образуются кристаллы серебра, записывая изображение.



Энергия активации (E)

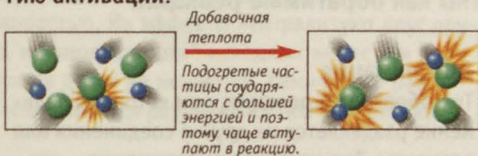
Минимальная энергия, которую должны иметь частицы исходных веществ для того, чтобы прореагировать при столкновении (см. **теорию соударений**). **Скорость реакции** зависит от того, как много участвующих в реакции частиц имеют эту минимальную энергию. Во многих реакциях частицы уже обладают этой энергией и реагируют сразу. В других случаях для достижения энергии активации частицам нужно придать дополнительную энергию.

Трение производит тепло, дающее энергию активации частицам.



Изменение скоростей реакций

Скорость реакции возрастает при увеличении температуры. Тепловая энергия дает большему числу частиц энергию, превышающую **энергию активации**.



Для реакций с участием газов **скорость реакции** возрастает при повышении давления. Увеличение давления газа вызывает повышение температуры и уменьшение объема (т. е. увеличение **концентрации*** – см. также **газовые законы**, с. 28). Частицы соударяются чаще и с большей энергией.

Скорость реакции возрастает при увеличении **концентрации** одного или нескольких исходных веществ.

Большее число молекул в том же объеме подразумевает большее число соударений.



Низкая концентрация*



Высокая концентрация*

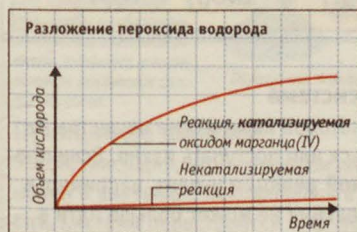
Скорость реакции возрастает при увеличении поверхности твердого исходного вещества. Реакции, в которых одно из участвующих веществ является твердым, могут происходить только на поверхности твердого вещества.

Раздробление кубика на восемь кубиков меньших размеров увеличивает его поверхность.



Катализатор

Вещество, которое повышает скорость химической реакции, но само к концу ее остается химически неизменным. Этот процесс известен как **катализ**. Катализаторы действуют, понижая **энергию активации** реакции. Катализатор, используемый в реакции, записывается над стрелкой в уравнении (см. с. 68). Катализатор, увеличивающий скорость одной реакции, может не оказывать никакого действия на другие.

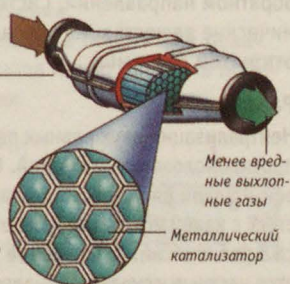


Пероксид водорода разлагается, образуя кислород и воду.

Реакция ускоряется при использовании катализатора.

Каталитический конвертер в выхлопной системе автомобиля содержит два металла, платину и родий, которые действуют как **катализаторы**.

Ядовитый монооксид углерода и углеводороды задерживаются на поверхности металлического катализатора, где они окисляются кислородом воздуха, образуя диоксид углерода и воду.



Поверхностный катализатор

Катализатор, который притягивает реагирующие вещества к себе. Он удерживает их на своей поверхности, поэтому они легко реагируют.

Гомогенный катализатор

Катализатор, находящийся в том же **физическом состоянии***, что и вещества, участвующие в реакции.

Гетерогенный катализатор

Катализатор, находящийся в ином **физическом состоянии***, чем вещества, участвующие в реакции.

Промотор, или активатор

Вещество, которое увеличивает силу **катализатора**, тем самым ускоряя реакцию.

Ингибитор

Вещество, которое замедляет реакцию. Некоторые из них действуют путем уменьшения силы **катализатора**.

Фермент

Катализатор, обнаруженный в живых организмах, который повышает **скорость реакции** в природном химическом процессе. Существует много разных типов ферментов.

Пауки питаются путем выделения **ферментов** на свою добычу. Ферменты ускоряют химические реакции расщепления питательных веществ.



Автокатализ

Процесс, при котором один из продуктов реакции действует как ее **катализатор**.

* Концентрация, 25; Физические состояния, 6.

ОБРАТИМЫЕ РЕАКЦИИ

Многие химические реакции продолжают до тех пор, пока не будут израсходованы все исходные вещества, и их продукты не реагируют друг с другом. Когда реакция достигает этой стадии, говорят, что она прошла до **завершения**. Однако другие реакции никогда не достигают этой стадии. Они известны как **обратимые реакции**.

Обратимая реакция

Химическая реакция, продукты которой реагируют друг с другом, образуя первоначальные исходные вещества. Те вновь реагируют, образуя продукты, и так далее. Обе реакции протекают одновременно, и, если процесс имеет место в **замкнутой системе**, он никогда не придет к **завершению**. На определенной стадии во время обратимой реакции достигается **химическое равновесие**.

Термическая диссоциация хлорида аммония является **обратимой реакцией**.

Хлорид аммония **возгоняется*** и расщепляется, образуя газообразные хлороводород и аммиак – **прямая реакция**.

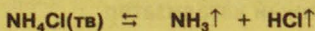
Нагрев

Хлорид аммония кристаллизуется из газообразного состояния.

Газы остывают и вновь соединяются, образуя пары хлорида аммония – **обратная реакция**.

Твердый хлорид аммония

Прямая реакция



Этот символ означает обратимость

Обратная реакция

Прямая реакция

Реакция, в ходе которой в **обратимой реакции** из первоначальных исходных веществ образуются продукты реакции. В уравнениях она идет слева направо.

Обратная реакция

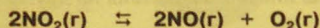
Реакция, в ходе которой в **обратимой реакции** из продуктов реакции вновь образуются первоначальные исходные вещества. В уравнениях она идет справа налево.

Это перетягивание каната изображает обратимую химическую реакцию. Команда в синем – это исходные вещества, команда в красном – продукты реакции. Если выигрывают красные – это **прямая реакция**. Если выигрывают синие – это **обратная реакция**.

Диссоциация

Тип **обратимой реакции**, при котором соединение разделяется на другие соединения или элементы. **Термическая диссоциация** – это диссоциация, вызванная нагреванием (образованные продукты вновь соединяются при охлаждении). Диссоциацию не следует путать с **разложением**, при котором вещество расщепляется необратимо.

Диоксид азота подвергается **термической диссоциации** на монооксид азота и кислород



Замкнутая система

Система*, в которой химические вещества не могут удаляться или поступать извне. Если продукт **обратимой реакции** уходит, например, в атмосферу, реакция не может больше идти в обратном направлении. Система, в которой химические вещества могут удаляться, называется **открытой системой**.

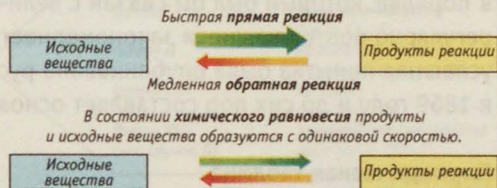
Равновесие

Нейтрализация двух равных по величине, но противоположных движений. Например, человек, идущий вверх по эскалатору с той же скоростью, с какой эскалатор движется вниз, находится в равновесии. **Химическое равновесие** является частным случаем равновесия – оно возникает, когда и **прямая**, и **обратная реакции** имеют место, но уравновешивают друг друга.

Химическое равновесие

Достигнутая в ходе **обратимой реакции** в **замкнутой системе** стадия, на которой **прямая** и **обратная реакции** протекают с одинаковой скоростью. Их эффекты нейтрализуют друг друга, и **концентрации*** исходных веществ и продуктов далее не меняются. Химическое равновесие является разновидностью равновесия.

В начале реакции скорость образования продуктов реакции выше, чем скорость образования исходных веществ.



Положение химического равновесия

Любое изменение условий (температуры, **концентрации** или давления) во время **обратимой реакции** изменяет скорость как **прямой**, так и **обратной реакции**, нарушая **химическое равновесие**. В конечном счете оно восстанавливается, но с другим соотношением исходных веществ и продуктов реакции. В этом случае говорят, что **положение равновесия** изменилось.

Первое положение равновесия

Если изменить условия так, чтобы они благоприятствовали **прямой реакции**, говорится, что **положение равновесия** сместилось вправо.



Если изменить условия так, чтобы они благоприятствовали **обратной реакции**, говорится, что **положение равновесия** сместилось влево.

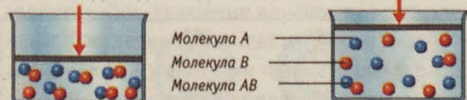


Принцип Ле Шателье

Закон, гласящий, что, если произвести изменения в **системе***, находящейся в **равновесии**, система перестроится так, чтобы уменьшить эффект изменений.

1. Изменение давления в **обратимых реакциях** с участием газов может изменять **положение равновесия**.

В реакции $A(r) + B(r) \rightleftharpoons AB(r)$:

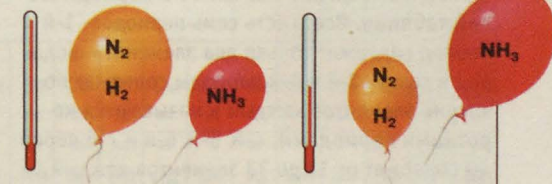
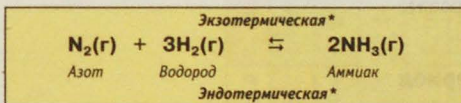


Если увеличивать давление, равновесие смещается вправо, образуется больше **AB**, т. е. число молекул уменьшается, снижая давление вновь.

Если понижать давление, равновесие смещается влево, образуется больше **A** и **B**, т. е. число молекул увеличивается, что вновь повышает давление.

2. Изменение температуры в **обратимой реакции** также изменяет **положение равновесия**. Это зависит от того, является ли реакция **экзотермической*** или **эндотермической***. Обратимая реакция, экзотермическая в одном направлении, является эндотермической в другом.

Аммиак производится с помощью **процесса Габера***.



Если растет температура, увеличивается скорость **эндотермической*** **обратной реакции**, приводя к поглощению тепла. Образуется меньше аммиака – равновесие смещается влево.

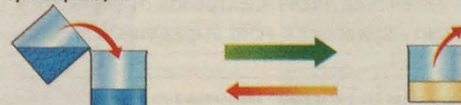
Если температура падает, возрастает скорость **экзотермической*** **прямой реакции**, приводя к увеличению выделения тепловой энергии. Образуется больше аммиака – равновесие смещается вправо.

3. Изменение **концентрации*** исходных веществ или продуктов **обратимой реакции** также изменяет **положение равновесия**.

Повышается **концентрация*** исходных веществ – увеличивается скорость **прямой реакции**.

ИЛИ

Более низкая **концентрация** продуктов – снижается скорость **обратной реакции**.



Положение равновесия сдвигается вправо.

Более низкая **концентрация** исходных веществ – снижается скорость **прямой реакции**.

ИЛИ

Повышается **концентрация** продуктов – увеличивается скорость **обратной реакции**.



Положение равновесия сдвигается влево.

* Концентрация, 25; Процесс Габера, 66; Система, 117; Эндотермическая реакция, Экзотермическая реакция, 32.

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ ТАБЛИЦА

На протяжении девятнадцатого века многие химики пытались расположить элементы в порядке, который был бы связан с величиной их атомов и при этом показывал бы регулярно повторяющиеся закономерности в их поведении или свойствах. Наиболее успешная попытка была опубликована русским ученым Дмитрием Менделеевым в 1869 году и до сих пор составляет основу современной **периодической таблицы**.

Периодическая таблица

Расположение элементов в порядке их **атомных номеров***. Как физические, так и химические свойства элементов и их соединений связаны с положением элемента в периодической таблице. Эта связь привела к разделению таблицы на **группы и периоды**. Последовательность элементов начинается с водорода и идет в порядке возрастания атомных номеров слева направо поочередно в каждом периоде (см. рисунок справа).

Период

Горизонтальный ряд элементов в **периодической таблице**. Всего есть семь периодов. 1-й период содержит только два элемента – водород и гелий. 2-й и 3-й периоды содержат по восемь элементов каждый и называются **короткими периодами**. 4-й, 5-й, 6-й и 7-й периоды содержат от 18 до 32 элементов каждый. Они называются **длинными периодами**. При переходе слева направо по периоду от одного элемента к следующему **атомный номер** возрастает на единицу. Атомы каждого последующего элемента имеют на один электрон больше на **внешнем уровне*** (это не относится к *d*- и *f*-элементам, у которых происходит заполнение предшествующих уровней – см. с. 51). Все элементы в одном периоде имеют одинаковое число электронных уровней, и последовательное изменение числа электронов от элемента к элементу приводит к ясно выраженной законо-

Периодическая таблица

Г
Р
У
П
П
А
I

Г
Р
У
П
П
А
II

1-й период

2-й период

3-й период

4-й период

5-й период

6-й период

7-й период

Атомный номер*1

Химический символ*H

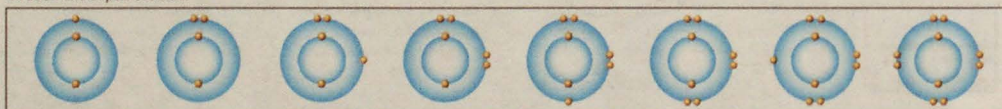
Приблизительная относительная атомная масса*1

3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

мерности в изменении химических свойств элементов по периоду. Пример такого постепенного изменения свойств см. ниже.

Электронная конфигурация* элементов 2-го периода

Все элементы имеют два электронных уровня, но каждый последующий (слева направо) элемент имеет на внешнем уровне на один электрон больше.



Сильные восстановители

- Слабые восстановители

Сильные окислители

Это показывает закономерность изменения по 2-му периоду способности элементов **восстанавливать*** или **окислять** другие элементы и соединения (см. также с. 52). Неон является исключением – он неореакционноспособен.

Группа

Вертикальная колонка элементов в **периодической таблице**. Все группы нумеруются (за исключением групп **переходных металлов***) с применением римских цифр, и некоторые из групп имеют названия. Элементы одной группы имеют одинаковое число электронов на **внешнем уровне*** и, таким образом, имеют сходные химические свойства.

Группы, имеющие названия

Номер группы
Группа I

Название группы
Щелочные металлы
(см. с. 54–55)

Группа II

Щелочноземельные металлы (см. с. 56–57)

Группа VII

Галогены

Группа VIII
(или группа 0)

(см. с. 72–74)

Благородные (инертные) газы (см. с. 75)

Цветные обозначения, использованные в таблице



Металлы



Металлоиды



Неметаллы

Переходные металлы,
или d-элементы

f-элементы

Г Р У П П А	Г Р У П П А	Г Р У П П А	Г Р У П П А	Г Р У П П А	Г Р У П П А
III	IV	V	VI	VII	VIII
2					
He					
4					
5	6	7	8	9	10
B	C	N	O	F	Ne
11	12	14	16	19	20
13	14	15	16	17	18
Al	Si	P	S	Cl	Ar
27	28	31	32	35.5	40
22	23	24	25	26	27
Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co
48	51	52	55	56	59
40	41	42	43	44	45
Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh
91	93	96	99	101	103
28	29	30	31	32	33
Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As
59	64	65	70	73	75
46	47	48	49	50	51
Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb
106	108	112	115	119	122
78	79	80	81	82	83
Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi
195	197	201	204	207	209
76	77	78	79	80	81
Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb
192	195	197	201	204	207
75	76	77	78	79	80
Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg
186	190	192	195	197	201
74	75	76	77	78	79
W	Re	Os	Ir	Pt	Au
184	186	190	192	195	197
68	69	70	71	72	73
Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta
167	169	173	175	178.5	181
98	99	100	101	102	103
Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
251	254	253	256	253	257
84	85	86	87	88	89
Po	At	Rn			
210	210	222			

Металлы и неметаллы

Металл

Элемент с характерными физическими свойствами, которые отличают его от **неметалла**. Элементы в левой части **периода** имеют металлические свойства. При движении вправо свойства элементов постепенно становятся менее металлическими. Между металлами и неметаллами располагаются элементы с промежуточными свойствами, или **металлоиды**. Некоторые переходные металлы также могут проявлять химические свойства, обычно характерные для неметаллов.

Свойства	Металлы	Неметаллы
Физическое состояние*	Твердые вещества (за исключением ртути)	Твердые, жидкие или газообразные вещества (единственная жидкость – бром)
Внешний вид	Блестящие	В основном неблестящие (одно из исключений – иод)
Электропроводность*	Хорошая	Плохая (за исключением графита)
Ковкость*	Хорошая	Плохая
Пластичность*	Хорошая	Плохая
Точка плавления	Обычно высокая	Обычно низкая (за исключением углерода)
Точка кипения	Обычно высокая	Обычно низкая

* Внешний уровень, 13; Ковкость, 117 (Ковкое); Переходные металлы, 58; Пластичность, 116 (Пластичное); Физические состояния, 6; Электропроводность, 116 (Проводник).

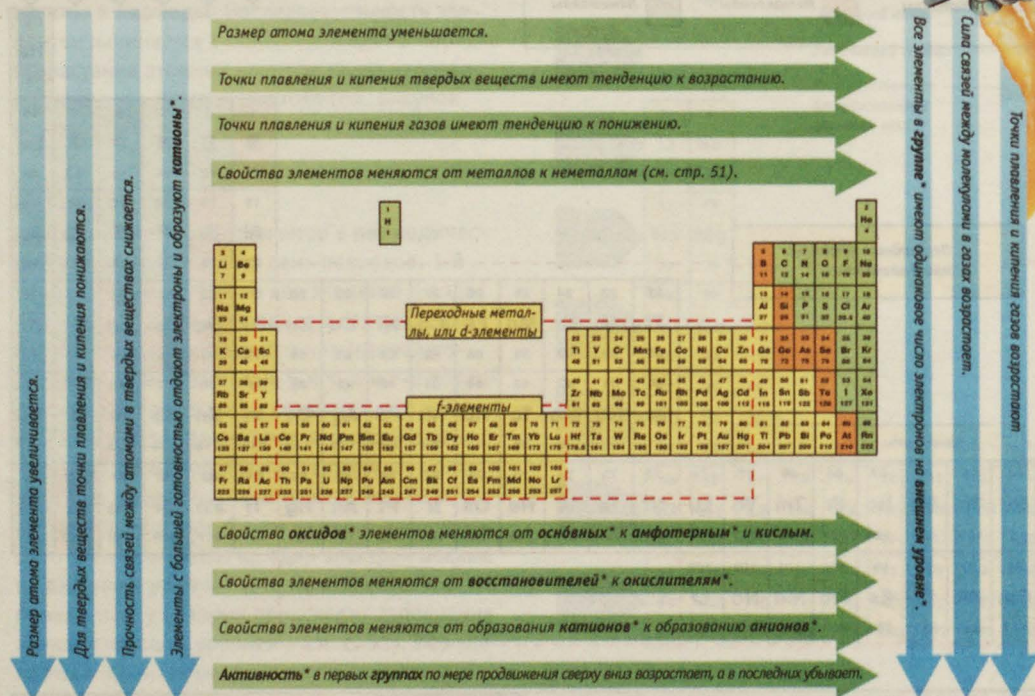
НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Неорганическая химия – это наука, изучающая все элементы и их соединения, за исключением соединений, состоящих из цепочек атомов углерода (см. **органическая химия**, с. 76–91). Свойства и реакции элементов и неорганических соединений проявляют в **периодической таблице*** определенные тенденции и закономерности. Посмотрев вверх и вниз по **группам*** и вдоль **периодов*** таблицы, можно предсказать реакции элементов.

Свойства и реакции элементов позволяют применять их для конкретных целей. Например, кислород и водород легко горят и используются в ракетном топливе.



Основные закономерности периодической таблицы



Предсказание реакций

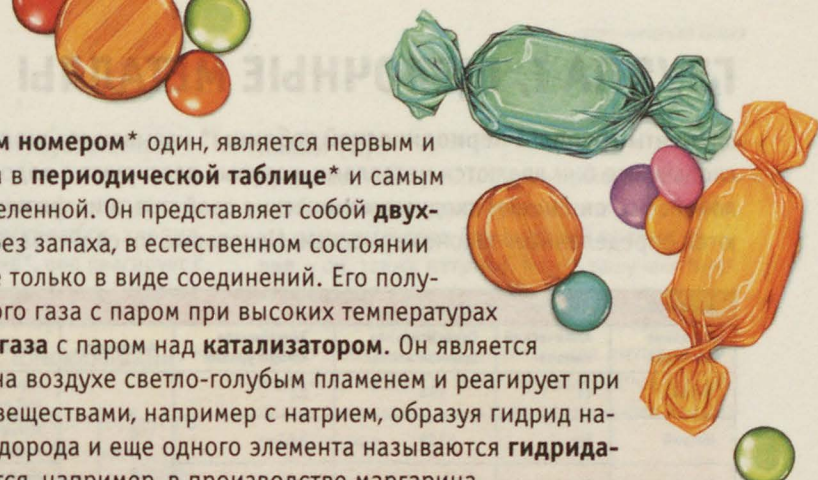
Описание каждой группы элементов в разделе неорганической химии данной книги содержит введение и таблицу, в которой обобщаются некоторые свойства элементов группы. Ниже таблиц расположены голубые прямоугольники, подчеркивающие закономерности, проявляющиеся при движении вниз по группе. После введения дается характеристика наиболее обычных представителей группы. Поведение других представителей группы часто может быть предсказано

на основе тенденций в изменении активности*, проявляющихся при движении вниз по группе. Следующие шаги иллюстрируют, как можно предсказать активность* цезия в реакции с холодной водой.

1. Вводная таблица для группы I показывает, что активность элементов при движении вниз по группе возрастает.
2. Из характеристик лития, натрия и калия видно, что все три элемента реагируют с водой все более бурно при движении вниз по группе – литий реагирует спокойно, натрий бурно и калий очень бурно.
3. Можно предсказать, что цезий, так как он расположен в группе ниже калия, будет реагировать с водой крайне бурно.

* Активность, 44; Амфотерный, 37; Анион, 16; Внешний уровень, 13; Восстановитель, 34; Группа, 51; Катион, 16; Окислитель, 34; Оксиды, 69; Основной, 37 (Основание); Период, Периодическая таблица, 50.

ВОДОРОД



Водород (H_2), с **атомным номером*** один, является первым и самым легким элементом в **периодической таблице*** и самым распространенным во Вселенной. Он представляет собой **дву-атомный*** горючий газ без запаха, в естественном состоянии встречающийся на Земле только в виде соединений. Его получают реакцией природного газа с паром при высоких температурах или реакцией **водяного газа** с паром над **катализатором**. Он является восстановителем, горит на воздухе светло-голубым пламенем и реагирует при нагревании со многими веществами, например с натрием, образуя гидрид натрия (все соединения водорода и еще одного элемента называются **гидридами**). Водород используется, например, в производстве маргарина (см. **гидрогенизация**, с. 79) и аммиака (см. **процесс Габера**, с. 66) и как ракетное топливо. См. также с. 103 и 104.

Сахароза ($C_{12}H_{22}O_{11}$), сахар в конфетах, является соединением углерода, водорода и кислорода.

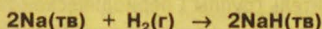
Атом водорода

Молекула водорода



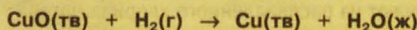
Ион водорода (H^+). Состоит только из одного **протона*** (без электрона). Образуется, когда атом водорода теряет свой электрон. Ионы водорода соединяются с молекулами воды, образуя **ионы гидроксония***. Избыток ионов гидроксония в растворе делает его кислым.

Водород реагирует с натрием, образуя гидрид натрия.



Натрий Водород Гидрид натрия

Водород является **восстановителем***.



Оксид меди (II) Водород Медь Вода

Дейтерий (D, или 2H)

Изотоп* водорода, содержащий один **протон*** и один **нейтрон***. Он составляет 0,0156% природного водорода. Молекулы воды, содержащие дейтерий, называются молекулами **оксида дейтерия** (D_2O), или **тяжелой воды**. Тяжелая вода применяется в ядерных реакторах для замедления быстрых нейтронов.

Тритий (T, или 3H)

Изотоп водорода, содержащий один **протон*** и два **нейтрона***. Он редок, но производится в ядерных реакторах. Он является **радиоактивным*** веществом, излучающим **бета-частицы***. Тритиевая вода содержит некоторую часть молекул, в которых атом водорода замещен атомом **третия**. Она применяется врачами для определения того, сколько жидкости проходит через организм пациента.

Пероксид водорода (H_2O_2)

Сиропообразная жидкость. Она является оксидом водорода и сильным **окислителем**. Она продается в виде раствора как дезинфицирующее и кровоостанавливающее средство.

Вода (H_2O)

Оксид водорода и одно из самых распространенных на Земле соединений. Она представляет собой жидкость без цвета и запаха, которая замерзает при $0^\circ C$, кипит при $100^\circ C$, имеет наибольшую плотность ($1 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$) при $4^\circ C$ и является наилучшим известным растворителем. Она состоит из связанных **водородными связями*** **полярных молекул*** и образуется при сгорании водорода в кислороде. См. также с. 92 и 104.

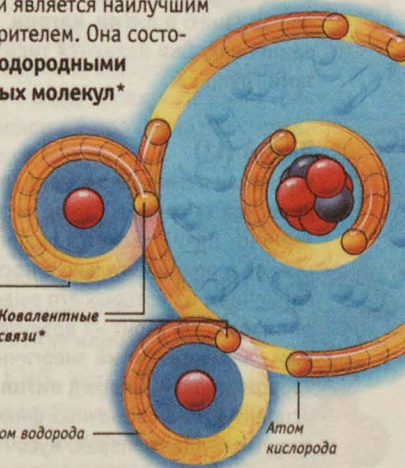
Атом водорода

Ковалентные связи*

Схема молекулы воды (полярной молекулы)

Атом водорода

Атом кислорода



Гидроксид

Соединение, состоящее из **гидроксид-иона** (OH^-) и **катиона***. Растворы, содержащие больше ионов OH^- , чем H^+ , являются щелочными. Многие гидроксиды нерастворимы в воде, например **гидроксид свинца(II)** $Pb(OH)_2$. В то же время гидроксиды элементов группы I и некоторые другие являются водорастворимыми.

* Атомный номер, 13; Бета-частица, 14; Водородная связь, 20; Водяной газ, 65 (Моноксид углерода); Восстановитель, 34; Двухатомная (молекула), 10; Изотоп, 13; Ион гидроксония, 36; Катализатор, 47; Катион, 16; Ковалентная связь, 18; Нейтрон, 12; Окислитель, 34; Периодическая таблица, 50; Полярная молекула, 19; Протон, 12; Радиоактивность, 14.

ГРУППА I, ЩЕЛОЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Элементы **группы I** периодической таблицы* называются **щелочными металлами**, поскольку все они являются металлами, которые реагируют с водой, образуя растворы щелочей. Все они имеют сходные химические свойства, а их физические свойства подчиняются определенным закономерностям. Некоторые их свойства показаны в таблице ниже.

Некоторые свойства элементов группы I						
Название элемента	Химический символ	Относительная атомная масса	Электронная конфигурация *	Активность	Внешний вид	Применение
Литий	Li	6,94	2,1	В О З Р А С Т А Е Т ↓	Серебристо-белый металл	См. ниже
Натрий	Na	22,99	2,8,1		Мягкий серебристо-белый металл	См. ниже
Калий	K	39,10	2,8,8,1		Мягкий серебристо-белый металл	См. с. 55
Рубидий	Rb	85,47	Сложная конфигурация, но по-прежнему с одним внешним электроном		Мягкий серебристо-белый металл	Для изготовления специального стекла
Цезий	Cs	132,90			Мягкий металл с золотым блеском	В фотоэлементах* и как катализатор*
Франций	Fr	Стабильные изотопы* неизвестны				

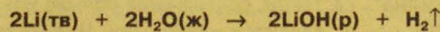
Атомы всех элементов группы I имеют один электрон на **внешнем уровне*** и, следовательно, являются сильными **восстановителями***, поскольку в ходе реакций этот электрон легко теряется. Образуемый в результате ион имеет заряд +1 и является более стабильным, поскольку его новый внешний уровень заполнен (см. октет, с. 13). Все элементы группы I реагируют подобным образом, образуя **ионные соединения***.

При движении вниз по группе реакция элементов с водой становится все более бурной, в каждом случае протекая с образованием раствора щелочи и газообразного водорода. Первые три представителя группы тушатся на воздухе, а **рубидий и цезий** воспламеняются. Из-за их высокой активности все элементы группы I хранятся под слоем керосина. Они настолько мягкие, что их можно легко резать ножом.

Эти две страницы содержат дополнительную информацию о **литии, натрии, калии** и их соединениях. Они являются типичными элементами группы I.

Литий (Li)

Наименее активный элемент группы I периодической таблицы и самый легкий твердый элемент. Литий является редким элементом и найден в природе только в нескольких соединениях, из которых его выделяют **электролизом***. Он горит на воздухе темно-красным пламенем. Литий энергично реагирует с хлором, образуя **хлорид лития LiCl**, который используется в сварочных флюсах и в воздушных кондиционерах. Кусочек лития, помещенный в воду, скользит по поверхности, тихо шипя.



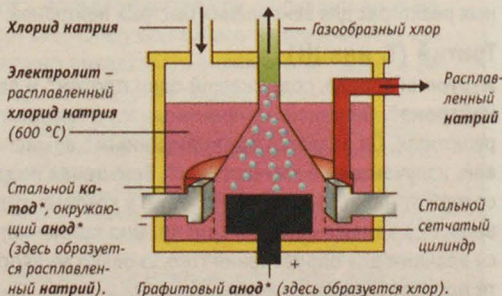
Литий Вода Гидроксид лития Водород

Раствор после реакции является сильнощелочным из-за образовавшегося **гидроксида лития**.

Натрий (Na)

Представитель группы I периодической таблицы, обнаруженный во многих соединениях. Его основной рудой является **каменная соль** (содержащая **хлорид натрия** – см. также **калий**). Его получают из расплавленного хлорида натрия **электролизом*** с использованием **ячейки Дауна**. Натрий горит на воздухе оранжево-желтым пламенем и бурно реагирует с неметаллами и водой (см. уравнение для **лития** и воды, и заместите Li на Na). Он используется в натриевых лампах и как охладитель на атомных электростанциях.

Ячейка Дауна (применяется для получения натрия электролизом* расплавленного хлорида натрия)



* Анод, 42 (Электрогрод); Внешний уровень, 13; Восстановитель, 34; Изотоп, 13; Ионное соединение, 17; Катализатор, 47; Катод, 42 (Электрогрод); Относительная атомная масса, 24; Периодическая таблица, 50; Фотоэлемент, 117; Электролиз, Электролит, 42; Электронная конфигурация, 13.

Гидроксид натрия NaOH, или каустическая сода, едкий натр

Белое, **расплавающееся*** твердое вещество, получаемое **электролизом*** рассола (см. **хлорид натрия**). **Сильное основание***, оно реагирует с кислотами, образуя **соль** натрия и воду. Применяется в производстве мыла и бумаги.

Карбонат натрия Na_2CO_3 , или кальцинированная сода

Белое твердое вещество, которое растворяется в воде, образуя щелочной раствор. Его **гидрат***, называемый **стиральной содой** или кристаллической содой ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ — см. также с. 93), имеет белые, **выветривающиеся*** кристаллы и производится реакцией аммиака, воды и **хлорида натрия** с диоксидом углерода по **методу Сольве**.

Стиральная сода применяется в производстве стекла, как **умягчитель воды*** и в солях для ванн.

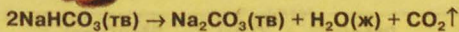


Гидрокарбонат натрия NaHCO_3

Называется также **бикарбонатом натрия** или **питьевой содой**. Белое твердое вещество, получаемое **методом Сольве** (см. **карбонат натрия**). В воде образует слабощелочной раствор.



Гидрокарбонат натрия используется в хлебопечении. Газообразный диоксид углерода, который он выделяет при нагревании, заставляет тесто подниматься. Он также применяется как **антицид*** для уменьшения диспепсии.



Гидрокарбонат натрия Карбонат натрия Вода Диоксид углерода

Хлорид натрия NaCl, или соль (поваренная соль)

Белое твердое вещество, присутствующее в морской воде и **каменной соли** (см. **натрий**). При растворении в воде он образует **рассол** и используется для получения **гидроксида натрия**.



Хлорид натрия используется для сохранения пищевых продуктов и в качестве приправы.

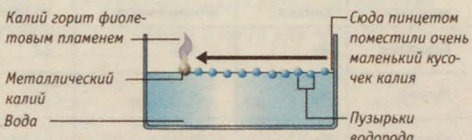
Нитрат натрия NaNO_3 , или чилийская селитра

Белое твердое вещество, применяемое как удобрение, а также для сохранения мяса.

Калий (К)

Представитель группы I периодической таблицы. Соединения калия найдены в морской воде и в **каменной соли** (содержащей **хлорид калия** — см. также **натрий**). Калий получают **электролизом*** из расплавленного хлорида калия. Он очень активен, бурно реагирует с хлором, а также с водой (см. уравнение для **лития**, и замените Li на K). Он имеет ограниченное применение, но некоторые из его соединений являются важными.

Калий, реагирующий с водой. Он носится по поверхности воды, выделяя столько тепла, что образовавшийся водород воспламеняется.



Гидроксид калия KOH, или едкое кали

Белое, **расплавающееся*** твердое вещество. Оно является **сильным основанием***, которое реагирует с кислотами, образуя **соль** калия и воду. Применяется в производстве мыла (см. с. 88).



Карбонат калия K_2CO_3

Белое твердое вещество, которое очень хорошо растворяется в воде, образуя щелочной раствор. Оно применяется в производстве стекла, красителей и мыла.

Хлорид калия KCl

Белое водорастворимое твердое вещество. Большие его количества обнаружены в морской воде и **каменной соли** (см. **калий**). Оно используется в удобрениях и для производства **гидроксида калия**.

Нитрат калия KNO_3 , или селитра

Белое твердое вещество, которое растворяется в воде, образуя **нейтральный*** раствор. Оно применяется в удобрениях, взрывчатых веществах и для сохранения мяса.

*Черный порох и некоторые типы динамита содержат **нитрат калия**.*



Сульфат калия K_2SO_4

Белое твердое вещество, образующее в воде **нейтральный*** раствор, является удобрением.

* Антацид, 116; Выветривающееся (вещество), 92; Гидрат, 40; Нейтральный, 37; Расплавающееся (вещество), 92; Сильное основание, 38; Соли, 39; Умягчители воды, 93; Электролиз, 42.

ГРУППА II, ЩЕЛОЧНОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Элементы **группы II** периодической таблицы* называются **щелочноземельными металлами**. Физические свойства представителей группы II подчиняются определенной закономерности, и, за исключением **бериллия**, все они имеют сходные химические свойства. Они очень активны, хотя и менее активны, чем элементы группы I. Некоторые их свойства показаны в таблице ниже. Эти две страницы содержат дополнительную информацию о **магнии**, **кальции** и их соединениях. Магний и кальций являются типичными элементами группы II.

Некоторые свойства элементов группы II						
Название элемента	Химический символ	Относительная атомная масса*	Электронная конфигурация*	Активность	Внешний вид	Применение
Бериллий	Be	9,01	2,2	В О З Р А С Т А Е Т 	Твердый белый металл	В легких, устойчивых к коррозии сплавах
Магний	Mg	24,31	2,8,2		Серебристо-белый металл	См. ниже
Кальций	Ca	40,31	2,8,8,2		Мягкий серебристо-белый металл	См. справа
Стронций	Sr	87,62	Сложная конфигурация, но также с двумя внешними электронами		Мягкий серебристо-белый металл	В фейерверках
Барий	Ba	137,34			Мягкий серебристо-белый металл	В фейерверках и медицине
Радий	Ra	Редкий радиоактивный* металл			Мягкий серебристо-белый металл	Изотоп* применяется для лечения рака

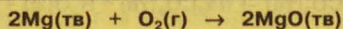
Атомы всех элементов группы II имеют два электрона на **внешнем уровне***, поэтому они являются хорошими **восстановителями***, так как эти электроны сравнительно легко теряются при реакциях. Каждый образующийся ион имеет заряд +2 и является более стабильным, поскольку его новый внешний уровень заполнен (см. **октет**, с. 13). Все элементы группы II реагируют подобным образом, образуя **ионные соединения***, хотя некоторые соединения **бериллия** имеют **ковалентные*** свойства.

При движении вниз по группе элементы с большей готовностью реагируют и с водой, и с кислородом (см. **магний** и **кальций**). На воздухе все они **тускнеют***, а **барий** так бурно реагирует и с водой, и с кислородом, что его хранят в керосине.

Магний (Mg)

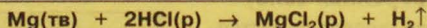
Представитель группы II периодической таблицы. В природных условиях он встречается только в соединениях, в основном в виде **доломита** ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ — порода, состоящая из **карбоната кальция** и **магния**) и **хлорида магния** (MgCl_2), найденного в морской воде. Магний получают **электролизом*** расплавленного хлорида магния. Он горит на воздухе ярким белым пламенем.

Магний применяется в производстве **сплавов***, например, для самолетостроения. Он также необходим для **фотосинтеза*** у растений (он обноружен в **хлорофилле** — пигменте листьев, который поглощает световую энергию).

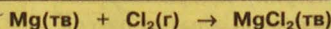


Магний Кислород Оксид магния

Магний быстро реагирует с разбавленными кислотами:

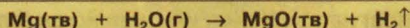


Магний Хлороводородная кислота Хлорид магния Водород



Магний Хлор Хлорид магния

Магний энергично сгорает в хлоре (см. выше), медленно реагирует с холодной водой и быстро с паром (см. ниже).



Магний Пар Оксид магния Водород

* Внешний уровень, 13; Восстановитель, 34; Изотоп, 13; Ионное соединение, 17; Ковалентные соединения, 18; Относительная атомная масса, 24; Периодическая таблица, 50; Радиоактивность, 14; Сплав, 116; Тускнеть, 117; Фотосинтез, 95; Электролиз, 42; Электронная конфигурация, 13.

Гидроксид магния $Mg(OH)_2$

Белое твердое вещество, лишь слабо растворимое в воде. Оно является **основанием*** и, следовательно, **нейтрализует*** кислоты.



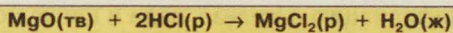
Гидроксид магния применяется как **антацид*** при лечении желудочных расстройств, особенно диспепсии.

Сульфат магния $MgSO_4$

Белое твердое вещество, применяющееся в медицине для лечения запора, в обработке кожи и в противопожарной защите.

Оксид магния MgO

Белое твердое вещество, малорастворимое в воде. Оно является **основанием*** и при реакции с кислотами образует **соли*** магния. Оно имеет очень высокую температуру плавления и используется для облицовки некоторых печей.



Оксид
магния

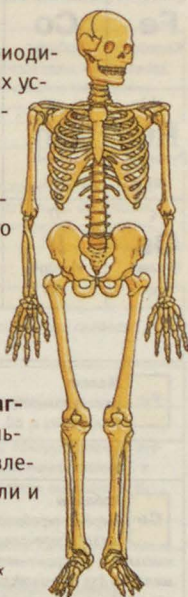
Хлороводород-
ная кислота

Хлорид магния

Вода

Кальций (Ca)

Представитель группы II периодической таблицы. В природных условиях он обнаружен во многих соединениях, например найденных в молоке, костях и в земной коре. Кальций получают **электролизом*** из его соединений. Он горит в кислороде красным пламенем, с готовностью реагирует с холодной водой и очень быстро с разбавленными кислотами (уравнения см. **магний**, замените Mg на Ca). Кальций применяется для изготовления высококачественной стали и в производстве урана.



Соединения **кальция** обнаружены в костях и зубах.

Гидроксид кальция $Ca(OH)_2$, или гашеная известь

Белое твердое вещество, которое немного растворяется в воде, образуя **известковую воду**. Она является слабой щелочью и применяется для анализа на диоксид углерода (см. с. 104). Гидроксид кальция применяется в строительном растворе и для удаления излишней кислотности почв.

Алебастр используется для того, чтобы сделать отпечаток следа животного.

**Сульфат кальция**

Белое твердое вещество, встречающееся как в виде **безводного сульфата кальция** ($CaSO_4$), так и в виде **гипса** ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$).

Оксид кальция CaO , или негашеная известь

Белое твердое вещество. Оно является **основанием***, которое получают путем нагревания **карбоната кальция** в печи для обжига извести.



Оксид кальция, карбонат кальция и гидроксид кальция применяют для устранения излишней кислотности почвы.

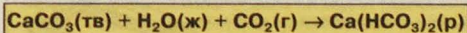
**Карбонат кальция $CaCO_3$**

Белое нерастворимое твердое вещество, которое в естественных условиях встречается в виде **известняка, мела, мрамора и кальцита**. Оно растворяется в разбавленных кислотах. Карбонат кальция используется для получения **оксида кальция**, изготовления цемента и как строительный камень.

Известняковая порода изъедена, так как дождевая вода, содержащая растворенный диоксид углерода, реагирует с известняком, образуя **гидрокарбонат кальция**, который немного растворяется в воде.



Гидрокарбонат кальция, образующийся при растворении известняка в воде, вызывает **временную жесткость*** воды.



Карбонат
кальция

Вода

Диоксид
углерода

Гидрокарбонат
кальция

Хлорид кальция $CaCl_2$

Белое, **расплывающееся***, водорастворимое твердое вещество, которое используется как **осушитель***.

* Антацид, 116; Временная жесткость, 93; Нейтрализация, 37; Обратимая реакция, 48; Основание, 37; Осушитель, 116; Расплывающееся (вещество), 92; Соли, 39; Электролиз, 42.

ПЕРЕХОДНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Большинство **переходных металлов** имеют определенные общие свойства – они твердые, прочные, блестящие, **ковкие*** и **пластичные***. Они **проводят*** тепло и электричество, имеют высокие точки плавления и кипения и плотности. Переходные металлы образуют **комплексные ионы***, которые в растворе окрашены. Их ионы также имеют больше одного возможного заряда, например Fe^{2+} и Fe^{3+} . Переходные металлы широко используют, некоторые области их применения представлены на этих двух страницах. (Информацию о железе, меди и цинке можно найти на с. 60–61). Представители f-элементов здесь не представлены, поскольку они являются очень редкими и часто нестабильными.

21 Sc Скандий 45	22 Ti Титан 48	23 V Ванадий 51	24 Cr Хром 52	25 Mn Марганец 55	26 Fe Железо 56	27 Co Кобальт 59	28 Ni Никель 59	29 Cu Медь 64	30 Zn Цинк 65
39 Y Иттрий 89	40 Zr Цирконий 91	41 Nb Ниобий 93	42 Mo Молибден 96	43 Tc Технеций 99	44 Ru Рутений 101	45 Rh Родий 103	46 Pd Палладий 106	47 Ag Серебро 108	48 Cd Кадмий 112
57 La Лантан 139	72 Hf Гафний 178.5	73 Ta Тантал 181	74 W Вольфрам 184	75 Re Рений 186	76 Os Осмий 190	77 Ir Иридий 192	78 Pt Платина 195	79 Au Золото 197	80 Hg Ртуть 201

Sc Скандий
Очень редкий, легкий, серебристо-белый металл

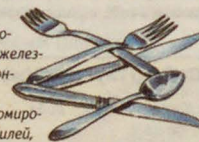
Fe Железо
Имеет разнообразные применения, некоторые из которых описаны на с. 60.

Ti Титан
Металл, используемый для производства легких коррозионноустойчивых **сплавов*** с высокой точкой плавления, применяемых, например, в крыльях самолетов, протезах бедра, кардиостимуляторах, клапанах для гольфа и ювелирных изделиях.



V Ванадий
Редкий, твердый, белый металл, который применяется для повышения прочности и твердости стальных **сплавов***, таких как используемые в производстве инструментов. **Пентаоксид ванадия (V_2O_5)** является **катализатором***, применяемым в **контактном способе*** производства серной кислоты.

Cr Хром
Твердый белый металл, встречающийся в природе в виде хромово-железной руды. Он применяется как коррозионноустойчивое покрытие на стальных предметах и в нержавеющей стали. Хромирование применяется в деталях автомобилей, велосипедных рулях и столовых приборах.



Mn Марганец
Твердый, хрупкий красновато-белый металл. Он встречается в виде **пиролузита (MnO_2)** и используется во многих **сплавах***, таких как стали и бронзы.

Co Кобальт
Твердый серебристо-белый магнитный металл, встречающийся совместно с серой и мышьяком. Он применяется в **сплавах***, например, с **железом** для производства магнитов. Его **радиоизотоп*** используется для лечения рака. **Хлорид кобальта(II) (CoCl_2)** применяется для пробы на воду (см. с. 104). Кобальт придает синюю окраску стеклу и керамике.



Ni Никель
Магнитный металл, который встречается в природе в виде **сульфида никеля (NiS)**. Он применяется как **катализатор***, в **сплавах***, в **гальванопокрытии*** и в перезаряжаемых батареях. **Сплавы*** никеля применяются в монетах и в нержавеющей стали.



Cu Медь
Имеет разнообразные применения, некоторые из которых описаны на с. 61.

Zn Цинк
Имеет разнообразные применения, некоторые из которых описаны на с. 61.

* альяванопокрyтyе, 43; Катализатор, 47; Ковкое (вещество), 117; Комплексный ион, 40 (Комплексная соль); Контактный способ, 71; Пластичное(вещество), 116; Проводимость, 116 (Проводник); Радиоизотоп, 14; Сплавы, 116.

Y**Иттрий**

Металл, применяемый в кристаллах для лазера и добавляемый в алюминиевые провода высоковольтных линий электропередачи для повышения проводимости.

**Zr****Цирконий**

Редкий металл, применяемый в **сплавах***, **абразивах***, огнезащитных соединениях и для поглощения **нейтронов*** в ядерных реакторах.

Nb**Ниобий**

Редкий серый металл. Небольшие количества его используются в некоторых нержавеющих сталях, чтобы сделать их устойчивыми к коррозии при высоких температурах. Его сплавы применяются в реактивных двигателях и ракетах.

**Mo****Молибден**

Твердый белый металл, который используется в **сплавах***, например в некоторых специальных сталях. Он применяется в шарикоподшипниках и нитях накаливания ламп.

Tc**Технеций**

Металл, который существует только как нестабильный **изотоп***, образующийся при **делении*** урана. Он используется в медицине для обнаружения местонахождения опухолей.

Ru**Рутений**

Твердый, хрупкий металл. Он используется в **сплавах*** и как **катализатор***.

Rh**Родий**

Твердый серебристо-белый металл, обнаруживаемый вместе с **платиной***. Он применяется как **катализатор***, в **сплавах*** и в тонких пленках для изготовления высококачественных зеркал.

Pd**Палладий**

Серебристо-белый металл, используемый в **сплавах***, телефонных реле и высококачественных медицинских инструментах. Изготовленные из палладия и **платины катализаторы*** снижают содержание монооксида углерода и **углеводородов*** в выхлопных газах автомобилей.

Ag**Серебро**

Мягкий белый металл, иногда обнаруживаемый в соединении с другими элементами, например серой. Оно применяется, часто в **сплавах***, в ювелирных изделиях и чеканке монет, а также для **гальванического покрытия*** предметов. **Галогениды*** серебра применяются в фотографии.

Cd**Кадмий**

Мягкий серебристо-белый металл, обнаруживаемый вместе с **цинком** и используемый для производства **сплавов*** с низкой точкой плавления. Он применяется в **регулирующих стержнях*** ядерных реакторов, а также в никель-кадмиевых аккумуляторах. Соединения кадмия используются как желтые, оранжевые и красные пигменты в пластмассах, красках и керамике.

**La****Лантан**

Схожий по свойствам с алюминием, он является одним из группы редких металлических элементов (**лантанидов**) с **атомными номерами 57-71**. Линзы фотоаппарата содержат **оксид лантана (La₂O₃)**.

**Hf****Гафний**

Металл, используемый в **регулирующих стержнях*** атомных реакторов для поглощения **нейтронов*** и в **сплавах*** для производства режущих инструментов.

Ta**Тантал**

Редкий тусклый серый металл, применяемый в нитях накаливания электрических ламп и в **сплавах***. Тантал также применяется в хирургии для замещения частей тела, например в пластинках для черепа и проволоке, соединяющей концы нервов.

W**Вольфрам**

Твердый серый металл, устойчивый к коррозии. Он применяется в **сплавах*** для производства инструментов и нитей накаливания электроламп.

Re**Рений**

Твердый, тяжелый серый металл, используемый в термopарах и **катализаторах***. Он применяется для производства **бензина*** с низким содержанием свинца, или совсем его не содержащего, с высоким **октановым числом***. **Сплавы*** рения и **вольфрама** используются в фотовышках.

Os**Осмий**

Твердый, белый, кристаллический металл, самый плотный из известных элементов. Он обнаруживается вместе с **платиной*** и используется в **сплавах*** с платиной и **иридием**, например, в электрических контактах. **Тетраоксид осмия (OsO₄)** применяется для лечения воспалительных артритов.

Ir**Иридий**

Редкий, твердый, неактивный металл, который выглядит как **платина** и обнаруживается в природе вместе с ней. Он применяется в медицине в **радиоактивных имплантатах** для контроля опухолей и (с **платиной***) в кардиостимуляторах. Он также содержится в **сплавах***, используемых в наконечниках перьев авторучек.

Pt**Платина**

Твердый серебристо-белый металл, применяемый как **катализатор*** и для изготовления электрических контактов, драгоценностей и различных штирей, пластин и шарниров для закрепления человеческих костей. Он также используется (вместе с **иридием**) в проволочных **электродах*** в кардиостимуляторах.

Au**Золото**

Мягкий, блестящий желтый металл. Он очень неактивен и обычно находится в несвязанном виде. Важнейшие месторождения золота находятся в Южной Африке и в России. Золото реагирует только с очень сильными **окислителями*** (такими, как хлор) и с определенными сочетаниями кислот. Оно часто используется в **сплавах*** с **серебром** или **медью** для придания ему большей прочности. Эти сплавы используются в ювелирных изделиях, монетах и в стоматологии. Чистое золото (24-каратное золото) также применяется в ювелирных изделиях.

Hg**Ртуть**

Ядовитый серебристо-белый жидкий металл, обнаруживаемый главным образом в виде **киновари (HgS)**. Он используется в термометрах, барометрах, лампах, а также в **амальгамах***, применяемых дантистами.

* Абразив, Амальгама, 116; Атомный номер, 13; Бензин, 85; Галогениды, 72; Гальванопокрытие, 43; Деление (ядра), 15; Изотоп, 13; Катализатор, 47; Нейтрон, 12; Окислитель, 34; Октановое число, 85; Проводимость, 116 (Проводник); Радиоактивность, 14; Регулирующие стержни, 116; Сплав, 116; Углеводороды, 76; Электрод, 42.

ЖЕЛЕЗО, МЕДЬ И ЦИНК

Железо (Fe)

Переходный металл* 4-го периода. Сравнительно мягкий белый магнитный металл, существующий в природе только в соединениях. Одной из основных его руд является **гематит Fe_2O_3** , или **оксид железа (III)**, из которого его извлекают в **доменной печи**. Железо образует как **ионные**, так и **ковалентные соединения** и реагирует с влажным воздухом, образуя **ржавчину**. Горит на воздухе, будучи измельченным в опилки, и реагирует с разбавленными кислотами. Стоит выше водорода в **ряду напряжений***.

Извлечение железа с использованием доменной печи

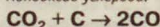
Здесь подается шихта – смесь железной руды (Fe_2O_3), кокса (C) и известняка (CaCO_3).



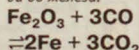
Реакции в печи:

Нагретый известняк выделяет диоксид углерода, образуя оксид кальция. Кислород из горячего воздуха реагирует с коксом, также образуя диоксид углерода.

Диоксид углерода реагирует с коксом, образуя монооксид углерода.



Железная руда восстанавливается* монооксидом углерода до железа.



Обратимая реакция

Расплавленное железо выпускается здесь.

Железо, произведенное в доменной печи, называется **чугуном**. Он содержит около 5% углерода и 4% других примесей, таких как сера. Большая часть чугуна перерабатывается в **сталь**, хотя часть перерабатывается в **передельный чугун** (путем **окисления** примесей), а часть вновь переплавляется вместе со стальным ломом для производства **литейного чугуна**. Железо является жизненно важным элементом в питании, так как оно необходимо в эритроцитах.

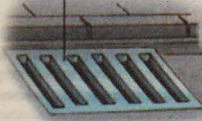


Литейный чугун используется для изготовления водосточных решеток.

Передельный чугун для изготовления крюков кранов и якорных цепей.



Без железа эритроциты не могут переносить кислород.



Сталь

Сплав* железа и углерода, обычно содержащий менее 1,5% углерода. Углерод придает сплаву прочность и твердость, но снижает **ковкость*** и **пластичность***. В сталь часто добавляют строго определенные количества одного или нескольких **переходных металлов*** для придания ей особых свойств, таких как устойчивость к коррозии, в случае **нержавеющей стали**, содержащей 11–14% хрома. Сталь часто производится **кислородно-конверторным способом**. В печь загружаются стальной лом, расплавленное железо и известь, и через металл продувается кислород для **окисления*** примесей.

Сталь используется для производства многих предметов. Эти стальные скрепки содержат около 0,08% углерода.

Соединения железа (II)

Соединения железа, содержащие ионы Fe^{2+} , например **хлорид железа (II) FeCl_2** . Их растворы имеют зеленую окраску.

Соединения железа (III)

Соединения железа, содержащие ионы Fe^{3+} , например **хлорид железа (III) FeCl_3** . Их растворы имеют желтую или оранжевую окраску.

Ржавчина ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$),

или **гидратированный оксид железа (III)**. Коричневое твердое вещество, образующееся при взаимодействии **железа** с водой и воздухом (см. **коррозия**, с. 95). Буква «x» в формуле означает, что число молекул воды может меняться. Железо и **сталь** можно защитить от ржавчины **оцинковыванием** – покрытием слоем **цинка** (см. также **протекторная защита**, с. 45). Поверхность цинка **окисляется*** на воздухе, предотвращая окисление нижних слоев цинка и железа под ним. Оцинкованные машины дольше не ржавеют.

Неоцинкованная машина защищена от ржавчины только слоем краски и будет ржаветь быстрее оцинкованной, хотя для предотвращения распространения ржавчины может наноситься **фосфорная кислота***. Для защиты от ржавчины на детали двигателя наносится смазка.



* Восстановление, 34; Ионное соединение, 17; Ковалентные соединения, 18; Ковкость, 117 (Ковкое); Обратимая реакция, 48; Окисление, 34; Переходные металлы, 58; Периодическая таблица, 50; Пластичность, 116 (Пластичное); Ряд напряжений, 45; Сплав, 116; Фосфорная кислота, 68 (Пентаоксид фосфора).

Медь (Cu)

Переходный металл* 4-го периода **периодической таблицы***. Красно-коричневый мягкий, но вязкий металл, встречающийся в природе в некоторых породах. Его соединения обнаруживаются в виде нескольких руд, например **халькопирита** $(\text{CuFe})\text{S}_2$ и **малахита** $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Из них медь извлекается путем дробления и удаления песка с дальнейшим обжигом с диоксидом кремния при ограниченном доступе воздуха. Железо соединяется с диоксидом кремния, образуя **шлак**. Сера удаляется сжиганием с образованием диоксида серы. Полученная медь подвергается далее **электролитическому рафинированию***. Медь – неактивный металл и только очень медленно **тускнеет*** на воздухе, образуя тонкую зеленую поверхностную пленку **основного сульфата меди** $\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$. В ряду напряжений* медь расположена ниже водорода. Она не реагирует с водой, разбавленными кислотами или щелочами. В то же время реагирует с концентрированной азотной или серной кислотой. (См. также с. 105.)

Медь является очень хорошим проводником электричества (хотя серебро лучше), поэтому ее используют для производства проводов для электрических цепей. Поскольку она мягкая, но прочная, ее применяют для изготовления труб для водопровода и центрального отопления.

Она используется в **сплавах***, таких как **латунь** (медь плюс цинк) и **бронза** (медь плюс олово), для изготовления «медных» монет и в **купроникеле** (медь плюс никель) для изготовления «серебряных» монет.

Сплав меди и золота применяется для изготовления ювелирных украшений. Чем больше количество меди, тем ниже будет проба золота.



Соединения меди (I)

Соединения, содержащие ион Cu^+ , например **оксид меди (I)** и **хлорид меди (I)** CuCl .

Соединения **меди (I)** нерастворимы в воде.

Оксид меди (I) Cu_2O применяется в производстве стекла и краски.



Соединения меди (II)

Соединения, содержащие ионы Cu^{2+} , например **сульфат меди (II)** и **хлорид меди (II)**. Соединения **меди (II)** растворяются в воде, образуя голубые растворы, и являются намного более распространенными, чем **соединения меди (I)**. Сульфат **меди (II)** CuSO_4 имеет много применений, например в крашении и в **гальванопокрытии***. Он также используется в **бордосской смеси**, убивающей плесневые грибки, растущие на фруктах и овощах. (См. также пробы на воду, с. 104.) **Хлорид меди (II)** CuCl_2 применяется для удаления серы из **нефти***.

Хлорид меди (II) используется в фейерверках для придания зеленой окраски.



Цинк (Zn)

Элемент 4-го периода. Серебристый мягкий активный металл, тускнеющий на воздухе. Основные руды – **сфалерит** ZnS , **смитсонит** ZnCO_3 и **цинкит** ZnO . Цинк извлекают путем обжига руды для образования **оксида цинка** ZnO с последующим **восстановлением*** его путем нагревания с коксом. В ряду напряжений* цинк находится выше водорода. Он реагирует с кислородом, с кислотами, в раскаленном докрасна состоянии – с водяным паром. Его применяют для покрытия железа и стали, чтобы предотвратить ржавление (**оцинковывание** – см. также с. 60, и **протекторная защита**, с. 45). Он также используется в **сплавах***, в частности в **латуни** (медь и цинк).

Оксид цинка применяется в кремах в качестве защиты против раздражения кожи, например опрелости.



Цинк применяется в батарейках.



* Восстановление, 34; Гальванопокрытие, 43; Нефть, 84; Переходные металлы, 58; Периодическая таблица, 50; Ряд напряжений, 45; Сплав, 116; Тускнеть, 117; Электролитическая очистка, 43.

ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППЫ III

Элементы **группы III периодической таблицы*** в целом не так активны, как элементы групп I и II. В отличие от них, они не показывают общей закономерности в активности, а первый член группы является неметаллом. Таблица ниже показывает некоторые их свойства. Более подробную информацию об **алюминии** и его соединениях можно найти ниже таблицы. Алюминий является самым распространенным представителем этой группы.

Некоторые свойства элементов группы III						
Название элемента	Химический символ	Относительная атомная масса*	Электронная конфигурация*	Активность	Внешний вид	Применение
Бор	B	10,81	2,3	НЕЗАКОНОМНОСТИ ↓	Коричневый порошок или желтые кристаллы	В регулирующих стержнях* стекле и для твердых сталей
Алюминий	Al	26,98	2,8,3		Белый металл	См. ниже
Галлий	Ga	69,72	Сложная конфигурация, но также с тремя внешними электронами		Серебристо-белый металл	В полупроводниках
Индий	In	114,82			Мягкий серебристо-белый металл	В регулирующих стержнях* и в прозрачных электродах
Таллий	Tl	204,37			Мягкий серебристо-белый металл	В красном яде

Хотя все атомы элементов группы III имеют три внешних электрона, они реагируют, образуя разные типы соединений. Соединения **бора** и некоторые соединения **алюминия** являются **ковалентными***. Остальные представители группы образуют преимущественно **ионные соединения***.

Алюминий (Al)

Представитель группы III периодической таблицы. Он является самым распространенным металлом на Земле и существует в природе в виде многих соединений, например **боксита** (см. **оксид алюминия**), из которого его извлекают **электролизом***. Он твердый, легкий, **пластичный***, **ковкий***, хорошо проводит тепло и электричество. Он реагирует с кислородом воздуха, образуя поверхностный слой **оксида алюминия**, который останавливает дальнейшую коррозию. Он также реагирует с хлором, разбавленными кислотами и щелочами.

Некоторые применения алюминия и его сплавов*

Тонкие листы алюминия используются для заворачивания продуктов, например шоколадных плиток. Он также применяется для изготовления банок для газированных напитков.



Линии электропередачи делают из алюминия, поскольку с учетом веса алюминий проводит электричество лучше, чем медь.

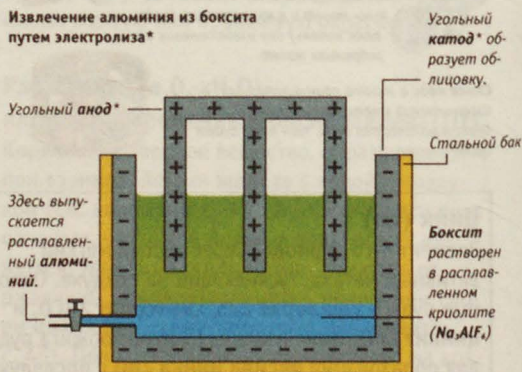
Его легкий вес делает его идеальным для производства множества вещей, от самолета до лестниц и велосипедов.



Оксид алюминия Al_2O_3 , или глинозем

Амфотерное* белое твердое вещество, почти нерастворимое в воде. Оно существует в природе в виде **боксита** ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ — см. также **алюминий**) и в виде **корунда** Al_2O_3 — чрезвычайно твердого кристаллического вещества. Оно используется в некоторых цементах и для облицовки печей.

Извлечение алюминия из боксита путем электролиза*



Гидроксид алюминия $Al(OH)_3$

Белое, малорастворимое в воде, **амфотерное*** твердое вещество, применяемое в крашении одежды, производстве керамики и как **антацид***.

Сульфат алюминия $Al_2(SO_4)_3$

Белое водорастворимое кристаллическое твердое вещество, применяемое для очистки воды и в производстве бумаги.

* Амфотерное (вещество), 37; Анод, 42 (Электрод); Антацид, 116; Ионное соединение, 18; Катод, 42 (Электрод); Ковалентные соединения, 18; Ковкое (вещество), 116; Относительная атомная масса, 24; Периодическая таблица, 50; Пластичное (вещество), 117; Полупроводники, 117; Регулирующие стержни, 116; Сплав, 116; Электролиз, 42; Электронная конфигурация, 13.

ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППЫ IV

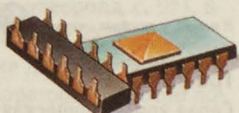
Элементы в **группе IV периодической таблицы*** в целом не очень активны и при движении вниз по группе проявляют усиливающиеся металлические свойства. Подробнее о свойствах этих элементов см. таблицу ниже, **кремний** и **свинец** (на этой странице) и **углерод**, с. 64–65.

Некоторые свойства элементов группы IV						
Название элемента	Химический символ	Относительная атомная масса*	Электронная конфигурация*	Активность	Внешний вид	Применение
Углерод	C	12,01	2,4	НЕ Т З А К О Н О М Е Р Н О С Т И ↓	Твердый неметалл (см. с. 64)	См. с. 64
Кремний	Si	28,09	2,8,4		Блестящее серое твердое вещество с промежуточными свойствами	См. ниже
Германий	Ge	72,59	Сложная конфигурация, но также с четырьмя внешними электронами		Серовато-белое твердое вещество с промежуточными свойствами	В транзисторах
Олово	Sn	118,69			Мягкий серебристо-белый металл	Лужение, например, пищевых контейнеров
Свинец	Pb	207,19			Мягкий серебристо-серый металл	См. ниже

Кремний (Si)

Представитель группы IV периодической таблицы. Это твердое блестящее серое вещество, имеющее высокую точку плавления, с промежуточными между металлами и неметаллами свойствами. Кремний является вторым по распространенности элементом земной коры – он обнаруживается в песке и камнях в виде **диоксида кремния** и **силикатов**. Размолотый в порошок, он реагирует с некоторыми щелочами и элементами, в ином виде обычно неактивен.

Кремний является **полупроводником*** и используется для производства кремниевых чипов – полных электронных микросхем.



Диоксид кремния SiO₂

Называется также **оксидом кремния (IV)** или **кремнеземом**. Нерастворимое твердое белое кристаллическое вещество. Оно существует во многих формах, таких как **кремень** и **кварц**. Оно является кислым и реагирует с концентрированными щелочами. **Диоксид кремния** широко используют, например, в производстве стекла и керамики.

Песок является загрязненным кварцем. Кристаллы кварца используются в часах.



Силикаты

Соединения **кремния**, содержащие также металл и кислород, например **метасиликат кальция CaSiO₃**, и составляющие большую часть земной коры. Используются для производства стекла и керамики.

Хотя все атомы элементов группы IV имеют четыре наружных электрона, они реагируют, образуя различные типы соединений. Все они образуют **ковалентные соединения***, но **олово** и **свинец** образуют также и **ионные соединения***.

Силиконы

Сложные искусственные соединения, содержащие очень длинные цепочки из атомов **кремния** и кислорода.

Силиконы используются в высококачественных смазках и для антипригарных поверхностей. Они также применяются в восках, средствах для полировки и лаках, поскольку являются водоотталкивающими.

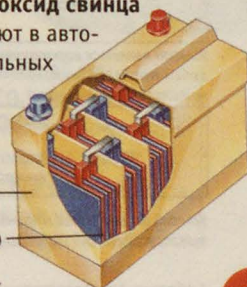


Свинец (Pb)

Представитель группы IV периодической таблицы. Мягкий ковкий металл, извлекаемый из **галенита (сульфида свинца(II))**. Он не очень активен, хотя **тускнеет*** на воздухе, слабо реагирует с **мягкой водой*** и медленно – с хлором и азотной кислотой. Образует **ионные соединения***, именуемые **соединениями свинца (II)**, например **оксид свинца(II) PbO**, и **ковалентные соединения***, именуемые **соединениями свинца(IV)**, например **оксид свинца(IV) PbO₂**. Свинец используют в автомобильных батареях, кровельных материалах, в больницах для защиты от рентгеновских лучей.

Автомобильная аккумуляторная батарея

Электроды из свинца и оксида свинца (IV)



* Ионное соединение, 17; Ковалентные соединения, 18; Ковкое (вещество), 117; Мягкая вода, 93 (Жесткая вода); Относительная атомная масса, 24; Периодическая таблица, 50; Полупроводники, 117; Тускнеть, 117; Электрод, 42; Электронная конфигурация, 13.

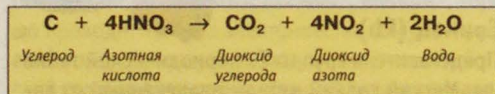
УГЛЕРОД

Углерод (С) входит в группу IV периодической таблицы* (см. также таблицу на с. 63). Он является неметаллом и имеет несколько аллотропных модификаций*, включая алмаз, графит, фуллерен и аморфную* (неструктурированную) форму – сажу. Углерод не очень активен. Он реагирует только с водяным паром при нагревании и с горячими концентрированными* серной или азотной кислотами (см. уравнение ниже). Атомы углерода могут образовывать до четырех связей с другими атомами, включая другие атомы углерода. Вследствие этого существует огромное количество соединений на основе углерода (органических соединений – см. с. 76). Живые ткани состоят из соединений углерода, и животные расщепляют их, высвобождая энергию (см. круговорот углерода, с. 95).

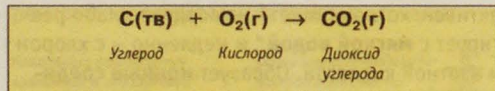


Животные и растительные белки – это соединения углерода, кислорода, водорода и азота.

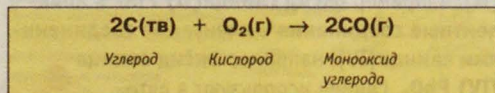
Уравнение реакции углерода с азотной кислотой:



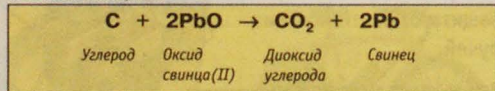
При нагревании углерод горит на воздухе, образуя диоксид углерода.



При горении в условиях недостатка воздуха образуется монооксид углерода.



Углерод является восстановителем*. Он восстанавливает оксиды* любых металлов, расположенных в ряду активности* металлов ниже цинка:



Углерод используется в промышленности для восстановления металлооксидных руд до металлов (см. железо, с. 60).

Алмазы находят в породе, называемой кимберлитом. Необработанные алмазы тусклые, но при огранке превращаются в блестящие драгоценные камни.

Алмаз

Кристаллическая, прозрачная форма углерода. Алмаз является самым твердым природным веществом. Все атомы углерода связаны прочными ковалентными связями, что объясняет его высокую твердость. При нагревании в отсутствие кислорода при температуре выше 1200 °C и нормальном давлении алмаз превращается в графит. Алмазы используются как абразивы*, в стеклорезах, ювелирных украшениях и в буровых коронках. Искусственные алмазы производят, подвергая графит действию высоких температуры и давления. Это очень дорогостоящий процесс.

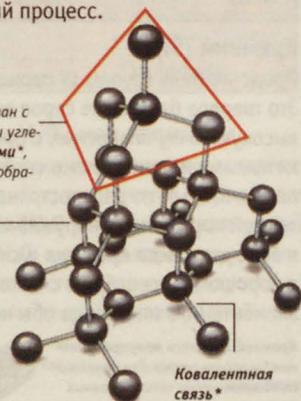
Кристаллическая структура алмаза

Каждый атом углерода связан с четырьмя другими атомами углерода ковалентными связями*, расположенными так, что образуется тетраэдр.

Атомная кристаллическая решетка*

Алмаз тверже и плотнее, чем графит.

И алмаз, и графит имеют высокую точку плавления.



Графит

Серая кристаллическая форма углерода. Атомы в каждом слое соединены прочными ковалентными связями*, но слои связаны только слабыми ван-дер-Ваальсовыми взаимодействиями, что позволяет им скользить друг по другу, делая графит мягким и чешуйчатым. Графит – единственный неметалл, хорошо проводящий электричество. Он также проводит тепло. Он применяется как смазка, при электролизе* (в качестве инертных электродов*), в качестве контактов в электродвигателях и в грифелях карандашей.

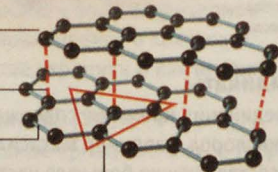
Кристаллическая структура графита

Слой атомов углерода

Слои связаны ван-дер-Ваальсовыми взаимодействиями*.

Ковалентная связь*

У каждого атома углерода три ковалентные связи* с другими атомами углерода в том же слое



* Абразив, 116; Аллотропные модификации, 22 (Аллотропия); Аморфное, 21; Концентрированный, 30; Ковалентная связь, 18; Электролиз, 42; Атомная кристаллическая решетка, 23; Инертный электрод, 42; Оксиды, 69; Периодическая таблица, 50; Ряд активности, 44; Восстановитель, 34; ван-дер-Ваальсовы взаимодействия, 20.

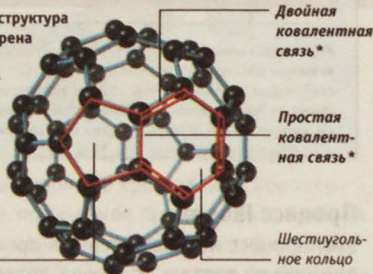
Бакминстерфуллерен

Представитель семейства **фуллеренов** – сферических кристаллических форм углерода, получаемых в результате испарения графита в струе гелия. Бакминстерфуллерен существует также в природе – в межзвездной пыли и некоторых богатых углеродом горных породах. Каждая его молекула содержит 60 атомов углерода, упорядоченных в виде шестиугольников и пятиугольников. Шестиугольники связаны с другими шестиугольниками двойными **ковалентными связями***. (Другие фуллерены содержат от 30 до 960 атомов углерода.) Бакминстерфуллерен является **изолятором***, но некоторые из его соединений представляют собой **сверхпроводники** (вещества, не имеющие электрического сопротивления).

Кристаллическая структура бакминстерфуллерена

Все молекулы являются **икосаэдрическими** – они имеют 20 шестиугольников и 12 пятиугольников.

Пятиугольное кольцо



Уголь

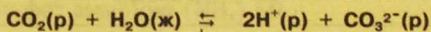
Твердое черное вещество, образовавшееся за миллионы лет из окаменевших остатков растительного вещества. Он состоит главным образом из углерода, но содержит также водород, кислород, азот и серу. Существует три типа угля – **бурый уголь (лигнит)**, **антрацит** и **битуминозный уголь**. Уголь используется как топливо на электростанциях, в промышленности и в быту. Когда он был важным источником химических веществ (сейчас в основном производимых из **нефти***). Нагревание угля в отсутствие воздуха (**деструктивная перегонка**) дает **угольный газ**, **каменноугольную смолу** и **кокс**, так же как аммиак, бензол и серу. Кокс, ломкий и пористый, содержит более 80% углерода и используется как бездымное топливо (так же как **древесный уголь**, другая форма загрязненного углерода).

Углеродные волокна

Черные шелковистые нити чистого углерода, полученные из органических текстильных волокон. Они прочнее и жестче, чем другие материалы того же веса, и используются для изготовления легких лодок.

Диоксид углерода

Газ без цвета и запаха, присутствующий в атмосфере (см. **круговорот углерода**, с. 95). В промышленности его получают нагреванием карбоната кальция в печи для обжига извести (см. также на с. 102 лабораторный способ получения). Он растворяется в воде, образуя **угольную кислоту** H_2CO_3 .



Диоксид углерода Вода Обратимая реакция Угольная кислота

Диоксид углерода не очень активен, хотя он реагирует с растворами гидроксидов натрия и кальция, и в нем горит магниевая лента.

Диоксид углерода широко используют. Он применяется для газирования напитков. Когда бутылку или банку открывают, диоксид углерода улетучивается, поскольку падает давление.

Его применяют в огнетушителях. Он тяжелее воздуха, поэтому образует над пламенем слой, не позволяющий воздуху достичь огня.



Монооксид углерода CO

Ядовитый газ без цвета и запаха, который получают пропусканием **диоксида углерода** над горячим углеродом, а также сжиганием углеродных топлив при ограниченном доступе воздуха. Он нерастворим в воде, горит голубым пламенем и является **восстановителем*** (используется для восстановления металлоокисных руд до металлов – см. **железо**, с. 60). В смеси с другими газами он также применяется в топливах, например: в смеси с водородом в **водяном газе**, с азотом в **генераторном газе** и с водородом (50%), метаном и другими газами в **угольном газе**.

При недостатке кислорода образующийся при сгорании топлива **монооксид углерода** не превращается в **диоксид углерода**. Монооксид углерода накапливается при работе двигателя автомобиля в закрытом гараже.

Карбонаты

Соединения, состоящие из **катиона*** металла и **аниона*** карбоната CO_3^{2-} , например **карбонат кальция** $CaCO_3$. За исключением карбонатов группы I, они нерастворимы в воде и разлагаются при нагревании. Все они реагируют с кислотами, выделяя **диоксид углерода**.



* Аморфное (вещество), 21; Анион, 16; Восстановитель, 34; Изолятор, 116; Катион, 16; Ковалентная связь, 18; Нефть, 84; Обратимая реакция, 48.

ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППЫ V

Элементы **группы V** периодической таблицы* при движении вниз по группе проявляют все больше свойств металлов (см. таблицу ниже).

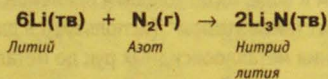
Некоторые свойства элементов группы V						
Название элемента	Химический символ	Относительная атомная масса*	Электронная конфигурация*	Активность	Внешний вид	Применение
Азот	N	14,00	2,5	В О З Р А С Т А Е Т ↓	Бесцветный газ	См. ниже
Фосфор	P	30,97	2,8,5		Неметаллическое твердое вещество (см. с. 68)	См. с. 68
Мышьяк	As	74,92	Сложная конфигурация, но также с пятью внешними электронами		Три аллотропных модификации (одна металлическая)	В полупроводниках* и сплавах*
Сурьма	Sb	121,75			Серебристо-белый металл	В гарте и других сплавах
Висмут	Bi	208,98			Белый металл с красноватым оттенком	В легкоплавких сплавах и лекарствах

Дополнительную информацию об **азоте**, **фосфоре** и их соединениях можно найти ниже и на с. 67–68. Они являются двумя наиболее распространенными представителями группы.

Все атомы элементов группы V имеют пять электронов на внешнем уровне*. Все они реагируют, образуя **ковалентные соединения***, в которых три из этих электронов спарены с тремя из другого атома или атомами (см. октет, стр. 13). Сурьма, висмут и азот образуют также **ионные соединения***.

Азот (N₂)

Представитель группы V периодической таблицы. **Двухатомный*** газ без цвета и запаха, составляющий 78% атмосферы. Он может быть получен **фракционной перегонкой жидкого воздуха*** (см. также с. 103). Его **степень окисления*** в соединениях меняется от –3 до +5. Он реагирует с несколькими активными веществами, образуя **нитриды**.



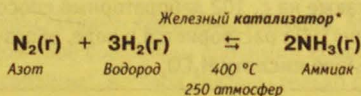
Азот необходим всем организмам, поскольку входит в состав молекул живых клеток, например белков (см. также **круговорот азота**, с. 95). Он используется в производстве аммиака (см. справа **процесс Габера**) и азотной кислоты. **Жидкий азот**, который существует при температурах ниже –196 °С, имеет много применений, включая замораживание продуктов.



Пакеты с чипсами заполняют газообразным **азотом**, чтобы они дольше оставались свежими (если в пакете оставить воздух, чипсы портятся). Газ в пакете также защищает чипсы от повреждений при транспортировке.

Процесс Габера

Этот процесс используется для производства аммиака из **азота** и водорода, которые реагируют в соотношении 1 : 3. Аммиак производится настолько быстро и экономично, насколько возможно при использовании соответствующих температуры, давления и катализатора. Реакция является **экзотермической*** и **обратимой***.



Процесс Габера

(При этих условиях 15% исходных веществ соединяются, образуя **аммиак**.)



* Аллотропные модификации, 22 (Аллотропия); Внешний уровень, 13; Двухатомная (молекула), 10; Ионное соединение, 69; Катализатор, 47; Ковалентные соединения, 18; Обратимая реакция, 48; Относительная атомная масса, 24; Периодическая таблица, 50; Полупроводник, 117; Сплав, 116; Степень окисления, 35; Фракционная перегонка жидкого воздуха, 69; Экзотермическая реакция, 32; Электронная конфигурация, 13.

Аммиак NH_3

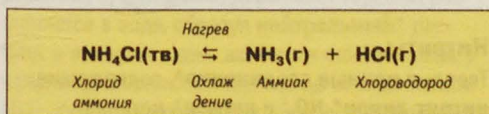
Бесцветный газ с сильным запахом, легче воздуха, являющийся **ковалентным соединением*** и производимый **процессом Габера**. Он является **восстановителем*** и единственным распространенным газом, дающим в воде щелочной раствор. Этот раствор известен как **раствор аммиака** или **гидроксид аммония NH_4OH** . Аммиак горит в чистом кислороде, давая азот и воду, и реагирует с хлором, образуя **хлорид аммония**.

Аммиак используется в производстве азотной кислоты, удобрений, взрывчатых веществ, бытовых чистящих средств и пластмасс.



Хлорид аммония NH_4Cl или нашатырь

Белое водорастворимое кристаллическое твердое вещество, получаемое при реакции **раствора аммиака** (см. аммиак) с разбавленной хлороводородной кислотой. При нагревании он **возгоняется*** и **диссоциирует*** (см. уравнение ниже и с. 48). Он применяется в сухих батареях, которые питают многие электрические приборы.



Сульфат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Белое водорастворимое кристаллическое твердое вещество, получаемое реакцией **аммиака** с серной кислотой. Он является удобрением.

Нитрат аммония NH_4NO_3

Белое водорастворимое кристаллическое твердое вещество, образующееся при реакции **раствора аммиака** (см. аммиак) с разбавленной азотной кислотой. При нагревании он выделяет **оксид диазота**.



Нитрат аммония используется во взрывчатых веществах и удобрениях. Он также входит в смеси, применяемые для подкормки комнатных растений.

Оксид диазота N_2O

Называется также **закисью азота** или **веселящим газом**. Бесцветный газ со слабым приятным запахом, растворимый в воде. **Ковалентное соединение***, образующееся при осторожном нагревании **нитрата аммония**. Используется как анестетик.



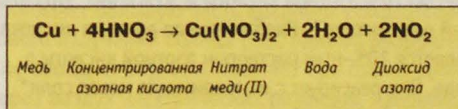
Оксид диазота поддерживает горение некоторых активных веществ и вновь воспламеняет тлеющую спичку.

Монооксид азота NO

Называется также **окисью азота** или **оксидом азота**. Бесцветный газ, нерастворимый в воде. **Ковалентное соединение***, получаемое при реакции меди с 50%-ной азотной кислотой. Реагирует с кислородом, образуя **диоксид азота**, а также поддерживает горение активных элементов.

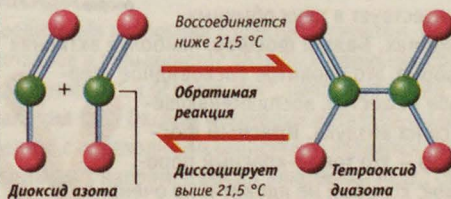
Диоксид азота NO_2

Бурый газ с удушливым запахом. **Ковалентное соединение***.



Диоксид азота получают при реакции меди с концентрированной азотной кислотой и при нагреве некоторых **нитратов***. Он поддерживает горение и растворяется в воде, давая смесь азотной кислоты и **азотистой кислоты HNO_2** . Применяется как **окислитель***.

При температуре ниже $21,5^\circ\text{C}$ **диоксид азота димеризуется** (две молекулы одного вещества связываются вместе), образуя **тетраоксид диазота N_2O_4** , бесцветный газ.



* Возгонка, 7; Восстановитель, 34; Диссоциация, 48; Ковалентное соединение, 18; Нитраты, 68; Обратимая реакция, 48; Окислитель, 34.

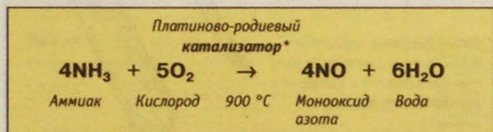
В настоящее время это соединение называют гидратом аммиака и обозначают $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. – Прим. ред.

Группа V (продолжение)

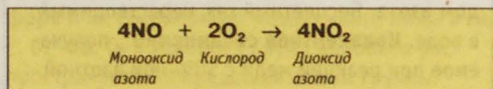
Азотная кислота HNO_3

Светло-желтая маслянистая водорастворимая жидкость. **Ковалентное соединение***, содержащее азот со **степенью окисления*** +5. Это очень сильная и едкая кислота, которую промышленно производят трехстадийным **процессом Оствальда** (изображен ниже).

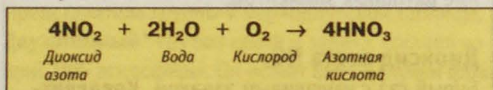
Стадия 1: аммиак реагирует с кислородом.



Стадия 2: монооксид азота охлаждается и реагирует с дополнительным количеством кислорода, давая диоксид азота.



Стадия 3: диоксид азота растворяется в воде, образуя азотную кислоту.



Концентрированная азотная кислота является смесью 70% азотной кислоты и 30% воды. Это **сильный окислитель***. **Разбавленная азотная кислота** является 10%-ным раствором азотной кислоты в воде. Она реагирует с **основаниями**, давая **соли*** (**нитраты**) и воду. Азотная кислота используется в производстве удобрений и взрывчатых веществ.

Фосфор (P)

Неметаллический представитель группы V (см. таблицу на с. 66). В природных условиях фосфор существует только в виде соединений. Его основной рудой является **апатит** $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$. Фосфор существует в двух обычных формах. **Белый фосфор**, наиболее активная форма, это ядовитое восковидное твердое вещество, воспламеняющееся на воздухе. **Красный фосфор** – это темно-красный порошок, который не ядовит и не очень огнеопасен.



Минералы **апатит** (слева) и **бирюза** (справа) содержат фосфор.



Пентаоксид фосфора P_2O_5

Белое твердое вещество, **дегидратирующий агент***, получаемый сжиганием **фосфора** на воздухе. Он бурно реагирует с водой, образуя **ортофосфорную кислоту** H_3PO_4 , и используется для защиты от ржавчины.

Живые существа, такие как растения, содержат соединения **фосфора**, способствующие интенсивному росту.



При чирканье спичкой **красный фосфор** на ее головке реагирует с химическими веществами на коробке, вызывая воспламенение.

Нитраты

Твердые **ионные соединения***, содержащие **нитрат-анион*** NO_3^- и **катион*** металла (см. анализ на нитрат-ион, с. 104). Азот в нитрат-ионе имеет **степень окисления*** +5. Нитраты являются **солями*** азотной кислоты и получаются добавлением к разбавленной азотной кислоте оксида, гидроксида или карбоната металла. Все нитраты растворимы в воде, и большинство из них при нагревании выделяет диоксид азота и кислород (немногими исключениями являются нитраты натрия, калия и аммония).



Нитрат натрия NaNO_3 , используется в производстве пороха.

Нитраты натрия и аммония применяются как удобрения.



Нитриты

Твердые **ионные соединения***, содержащие **нитрит-анион*** NO_2^- и **катион*** металла. Обычно они являются **восстановителями***.

ЭЛЕМЕНТЫ ГРУППЫ VI

При движении вниз по группе элементы **группы VI периодической таблицы*** демонстрируют усиление металлических свойств и снижение активности. Некоторые их свойства показаны в таблице ниже.

Некоторые свойства элементов группы VI						
Название элемента	Химический символ	Относительная атомная масса*	Электронная конфигурация*	Активность	Внешний вид	Применение
Кислород	O	15,99	2,6	У	Бесцветный газ (см. ниже)	См. ниже
Сера	S	32,06	2,8,6	Б	Желтое неметаллическое твердое вещество (см. с. 70)	См. с. 70
Селен	Se	78,96	Сложная конфигурация, но также с шестью внешними электронами	Ы	Несколько форм, металлических и неметаллических	В фотоэлементах*
Теллур	Te	127,60		В		
Полоний	Po	Радиоактивный* элемент		А		
				Е	Серебристо-белое твердое вещество с промежуточными свойствами	В сплавах, цветном стекле, полупроводниках*
				Т	Металл	

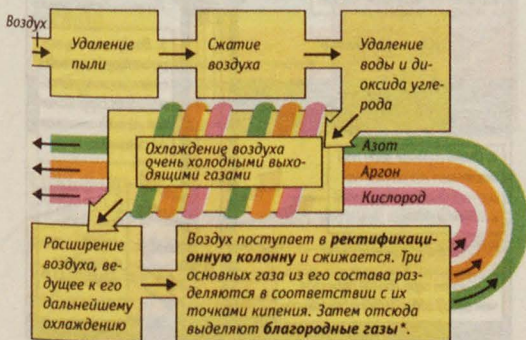
Дополнительную информацию о **кислороде, сере** и их соединениях можно найти ниже и на с. 70–71. Они широко распространены в природе и имеют много применений.

Атомы всех элементов группы VI имеют шесть электронов на внешнем уровне*. Им нужно два электрона для заполнения внешнего уровня (см. октет, с. 13) и реагируют с другими веществами, образуя как **ионные**, так и **ковалентные соединения***. Элементы с наименьшими атомами являются наиболее активными, так как их атомы создают самое сильное притяжение для двух электронов.

Кислород (O₂)

Двухатомный* газ без цвета и запаха, составляющий 21% атмосферы. Он является самым распространенным элементом земной коры и абсолютно необходим для жизни (см. **внутреннее дыхание**, с. 95). Он поддерживает горение, растворяется в воде, образуя **нейтральный*** раствор, и является очень активным **окислителем***, например, он окисляет железо до оксида железа (III). Растения производят кислород в процессе **фотосинтеза***. Промышленно его получают **фракционной перегонкой жидкого воздуха**. Он широко используется, например, в больницах и для уничтожения отходов. См. получение и проба на кислород на с. 103 и 104.

Фракционная перегонка жидкого воздуха (см. также с. 106)



Озон O₃

Ядовитый голубоватый газ, состоящий из молекул, содержащих три атома **кислорода**. Он является **аллотропной модификацией*** кислорода, обнаруживающейся в верхних слоях атмосферы, где он поглощает большую часть вредного ультрафиолетового излучения Солнца (см., однако, **разрушение озона**, с. 96). Он возникает при прохождении через воздух электрических разрядов, например молний. Озон является сильным **окислителем*** и иногда используется для обеззараживания воды.



Оксиды

Соединения кислорода с другим элементом. Оксиды металлов в большинстве являются **ионными соединениями*** и **основными***, например оксид кальция CaO. Оксиды некоторых металлов и элементов с переходными свойствами являются **амфотерными***, например оксид алюминия Al₂O₃. Оксиды неметаллов являются **ковалентными*** и часто **кислыми***, например диоксид углерода CO₂.

* Аллотропные модификации, 22; Амфотерное (вещество), 37; Благородные газы, 75; Внешний уровень, 13; Двухатомная (молекула), 10; Ионное соединение, 17; Кислотный, 36; Ковалентные соединения, 18; Нейтральный, 37; Окислитель, 34; Основание, 37; Относительная атомная масса, 24; Периодическая таблица, 50; Полупроводники, 117; Радиоактивность, 14; Сплав, 116; Фотосинтез, 95; Фотоэлемент, 117; Электронная конфигурация, 13; Элементы с переходными свойствами, 51.

СЕРА

Сера (S) является представителем **группы VI периодической таблицы*** (см. таблицу на с. 69). Это желтое неметаллическое твердое вещество, нерастворимое в воде. Она является **полиморфной*** и имеет две основных **аллотропных модификации*** – **ромбическую** и **моноклинную серу**. Сера встречается в самородном виде в подземных месторождениях (см. **метод Фраша**), а также извлекается из **нефти*** и **сульфидов** (соединений серы с другим элементом) металлов, например **сульфида железа(II) FeS**. Сера горит на воздухе голубым пламенем, образуя **диоксид серы**, и реагирует со многими металлами, образуя сульфиды. Она применяется для **вулканизации*** резины, а также в производстве **серной кислоты**, лекарств и **фунгицидов***.



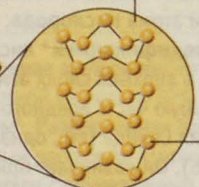
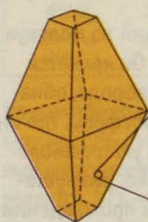
Как ромбическая, так и моноклинная сера состоят из складчатых колец из восьми атомов серы.

Ромбическая сера

Называется также **альфа-серой (α-серой)** или **орторомбической серой**. Бледно-желтая кристаллическая **аллотропная модификация*** серы, наиболее стабильная форма при комнатной температуре.

Кристалл ромбической серы (см. также с. 22)

Молекулярная кристаллическая решетка* из серных колец (упорядочены иначе, чем в моноклинной сере)

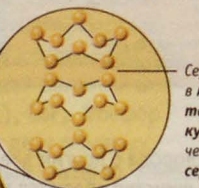
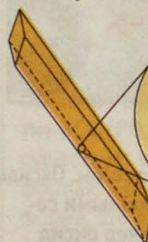


Ромбическая сера плотнее, чем моноклинная, поскольку серные кольца упакованы теснее друг к другу.

Моноклинная сера, или бета-сера (β-сера)

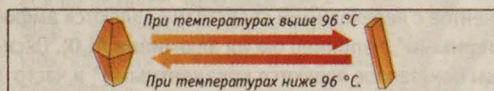
Желтая кристаллическая **аллотропная модификация*** серы. Она стабильнее, чем **ромбическая сера**, при температурах выше 96 °С.

Кристалл моноклинной серы (длинный, тонкий и угловатый)



Серные кольца собраны в молекулярную кристаллическую решетку*, но другим способом, чем в ромбической сере.

Аллотропные модификации серы



Пластическая сера

Форма серы, получающаяся, когда горячую жидкую серу выливают в воду для быстрого охлаждения. Ее можно мять и вытягивать в длинные волокна. Она нестабильна и затвердевает, когда вновь формируются кольца из восьми атомов (см. выше).

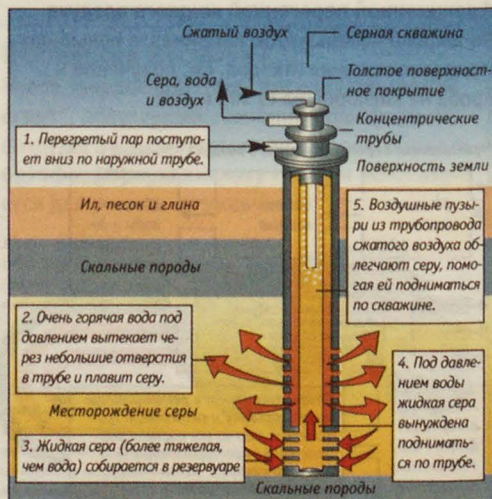
Серный цвет

Тонкий желтый порошок, образующийся при быстром охлаждении паров серы. Молекулы в виде колец из восьми атомов.

Метод Фраша

Метод, применяемый для извлечения серы из подземных месторождений путем ее плавления. Полученная таким способом сера имеет 99,5%-ную чистоту.

Метод Фраша



* Аллотропные модификации, 22 (Аллотропия); Вулканизация, 117; Ковалентная связь, 18; Молекулярная кристаллическая решетка, 23; Нефть, 84; Перегретый пар, 117; Периодическая таблица, 50; Полиморфизм, 22; Фунгицид, 116.

Диоксид серы SO_2 , или оксид серы (IV)

Ядовитый удушливый газ, при растворении в воде образующий **сернистую кислоту**. **Ковалентное соединение***, получаемое сжиганием серы на воздухе или добавлением разбавленной кислоты к **сульфиту**. Обычно действует как **восстановитель***. Используется в производстве серной кислоты, для **фумигации***, как **отбеливатель*** и как консервант для фруктов.

Диоксид серы используется как инсектицид



Триоксид серы SO_3 , или оксид серы (VI)

Белое **летучее*** твердое вещество, получаемое с помощью **контактного способа** (см. внизу справа). Триоксид серы очень бурно реагирует с водой, образуя **серную кислоту**.

Сернистая кислота H_2SO_3

Бесцветная **слабая кислота***, образующаяся при растворении в воде **диоксида серы**.

Сероводород H_2S

Бесцветный ядовитый газ с запахом тухлых яиц. Растворяется в воде, давая **слабую кислоту***. Выделяется при гниении органических веществ и при добавлении разбавленной кислоты к сульфиду металла.

Сульфаты

Твердые **ионные соединения***, содержащие **сульфат-ион SO_4^{2-}** и **катион***. Многие из них встречаются в природе, например, **сульфат кальция CaSO_4** . Они являются **солями*** **серной кислоты**, получаемыми добавлением **оснований*** к разбавленной серной кислоте.

Раствор **сульфата натрия** применяется для «фиксации» фотографий. Этот процесс предотвращает полное почернение отпечатков под действием света.



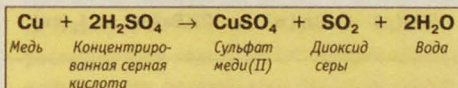
Сульфиты

Ионные соединения*, содержащие **сульфит-ион SO_3^{2-}** и **катион*** металла, например, **сульфит натрия Na_2SO_3** . Они являются **солями*** **сернистой кислоты** и реагируют с разбавленными **сильными кислотами***, выделяя **диоксид серы**.

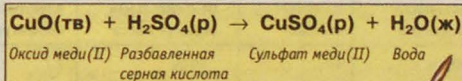
Серная кислота H_2SO_4

Маслянистая бесцветная едкая жидкость. Это **двухосновная*** кислота, производящаяся **контактным способом** (см. ниже). **Концентрированная серная кислота** содержит около 2% воды, **гигроскопична*** и является **сильным окислителем*** и **дегидратирующим агентом***. Разбавленная серная кислота, **сильная кислота***, содержит около 90% воды. Она реагирует с металлами, расположенными в **ряду напряжений*** выше водорода, образуя **сульфат** металла и водород.

Концентрированная серная кислота является окислителем.*



Разбавленная серная кислота реагирует с основанием, давая сульфат.*



Серная кислота используется в производстве многих вещей, например удобрений, искусственных волокон, detergentов и красок.



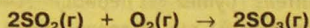
Реакция между концентрированной серной кислотой и водой протекает очень энергично. Для предотвращения несчастных случаев при их смешивании надо всегда медленно приливать кислоту к воде, а не наоборот.

Контактный способ

Способ промышленного производства серной кислоты.

Контактный способ

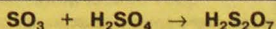
Сухой и очищенный **диоксид серы** и воздух пропускают через **катализатор*** – пентаоксид ванадия – при 450 °С.



Диоксид серы Кислород Триоксид серы

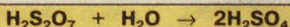
Образуется **триоксид серы**.

Триоксид серы поглощается **концентрированной серной кислотой**. В результате образуется **дымящая серная кислота**, или **олеум**, – смесь концентрированной серной кислоты, **дисерной кислоты** (уравнение реакции образования см. ниже) и избыточного **триоксида серы**.



Триоксид серы Концентрированная серная кислота Дисерная кислота

Дисерная кислота при разбавлении образует **серную кислоту**.

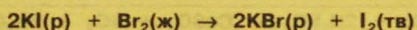


Дисерная кислота Вода Серная кислота

* Восстановитель, 34; Гигроскопичное (вещество), 92; Двухосновная (кислота), 39; Дегидратирующий агент, 116; Ионное соединение, 17; Катализатор, 47; Катион, 16; Ковалентные соединения, 18; Летучее (вещество), 117; Окислитель, 34; Основание, 37; Отбеливатель, 116; Ряд напряжений, 45; Сильная кислота, 38; Слабая кислота, 38; Соли, 39; Фумигация, 116.

ГРУППА VII, ГАЛОГЕНЫ

Элементы **группы VII периодической таблицы** называются **галогенами**, и их соединения и ионы имеют собирательное название **галогениды**. Все элементы группы являются неметаллами, при движении вниз по группе их активность снижается. Ниже в таблице показаны некоторые их свойства. Дополнительную информацию о них см. ниже и на с. 73–74. Сила элементов группы как **окислителей*** уменьшается вниз по группе. Все они могут окислять ионы любого стоящего ниже в группе элемента. Например, **хлор** вытесняет **бромид-** и **иодид-анионы*** из растворов, окисляя их до молекул **брома** и **иода** соответственно. Бром может вытеснить из раствора только иодид-анионы, а иод не способен вытеснить из раствора никакой галогенид-анион.



Бром вытесняет иодид-анионы* из иодида калия. Каждый иодид-анион теряет электрон (окисляется*), когда замещается бромид-анионом*.

Некоторые свойства элементов группы VII

Название элемента	Химический символ	Относительная атомная масса*	Электронная конфигурация*	Окислительная способность	Активность	Внешний вид
Фтор	F	18,99	2,7	У	У	Светлый желто-зеленый газ
Хлор	Cl	35,45	2,8,7	Б Ы	Б Ы	Светлый зеленовато-желтый газ
Бром	Br	79,91	2,8,18,7	В	В	Темно-красная дымящаяся жидкость
Иод	I	126,90	2,8,18,18,7	А Е	А Е	Черно-серое неметаллическое твердое вещество
Астат	At	Нет стабильных изотопов*		Т	Т	

Атомы всех элементов группы VII содержат семь электронов на внешнем уровне*, и все они реагируют, образуя как **ионные**, так и **ковалентные соединения***. Элементы верхней группы образуют больше ионных соединений, чем расположенные ниже.

Фтор никогда не используется в школьных лабораториях, поскольку он очень ядовит и разъедает стеклянные емкости. **Хлор, бром и иод** не реагируют со стеклом, но хлор очень ядовит, и таковы же газообразные формы двух других элементов.

Фтор (F₂)

Представитель группы VII периодической таблицы. **Двухатомный*** газ, выделяемый из **флюорита** CaF₂ и **криолита** Na₃AlF₆. Он является самым активным элементом группы и очень сильным **окислителем***. Он реагирует почти со всеми элементами. См. на рисунках некоторые примеры его применения.

Фтор вступает в реакции, приводящие к образованию полезных стабильных **органических соединений***, называемых **фторуглеродами**, например **политетрафторэтилен**, или **тефлон** (см. также с. 81). Лыжи покрывают тефлоном для снижения трения.

Сковородки покрывают тефлоном, так как это предотвращает пригорание.



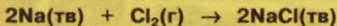
Некоторые **фториды** (неорганические соединения фтора) добавляют в зубную пасту, а в некоторых странах в питьевую воду для профилактики кариеса.

* Бромид-анион, 74 (Бромиды); Внешний уровень, 13; Двухатомный, 10; Изотоп, 13; Иодид-анион, 17 (Иодиды); Ковалентные соединения, 18; Окисление, Окислитель, 34; Органические соединения, 76; Относительная атомная масса, 24; Периодическая таблица, 50; Электронная конфигурация, 13.

Хлор (Cl₂)

Представитель группы VII периодической таблицы. Ядовитый, удушливый **двухатомный*** газ, очень активный и встречающийся в природе только в виде соединений. **Хлорид натрия NaCl**, наиболее важное из них, присутствует в каменной соли и морской воде. Хлор получают из хлорида натрия путем **электролиза*** с использованием **ячейки Дауна** (см. натрий, с. 54, а также **хлор**, с. 102). Он является очень сильным **окислителем***. Многие элементы реагируют с хлором, образуя **хлориды** (см. уравнение ниже).

Газообразный **хлор** реагирует с **натрием**, образуя **хлорид натрия** — обычную соль. Хотя газообразный хлор ядовит, а натрий чрезвычайно активен, оба вещества теряют свои опасные свойства, когда соединяются, образуя хлорид натрия. В лаборатории эта реакция проводится в **вытяжном шкафу***, поэтому утечки вредного газа не происходит.



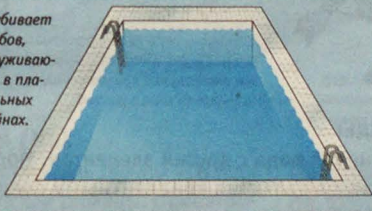
Натрий

Хлор

Хлорид натрия

Хлор имеет много применений. Он используется в производстве **хлороводородной кислоты** (см. **хлороводород**), некоторых органических растворителей, а также как **бактерицид*** в плавательных бассейнах. Он также применяется как бактерицид в питьевой воде и дезинфекантах.

Хлор убивает микробов, обнаруживающихся в плавательных бассейнах.



Гипохлорит натрия NaOCl

Кристаллическое белое твердое вещество, хранящееся растворенным в воде и образующее при добавлении **хлора** к холодному разбавленному раствору гидроксида натрия. Он используется в бытовых **отбеливателях*** и для отбеливания бумажной массы в производстве бумаги.



Отбеленная писчая бумага

Хлориды

Соединения хлора с другим элементом. Хлориды неметаллов (см. **хлороводород**) являются **ковалентными соединениями***, обычно жидкостями или газами. Хлориды металлов, например **хлорид натрия NaCl**, как правило, — твердые водорастворимые **ионные соединения***, состоящие из **хлорид-аниона*** Cl⁻ и **катиона*** металла. См. также с. 104.

Хлороводород HCl

Бесцветный **ковалентный*** газ, при растворении в **полярном растворителе*** образующий ионы. Производится сжиганием водорода в **хлоре**. Он реагирует с аммиаком, при растворении в воде образует **хлороводородную кислоту**, являющуюся **сильной кислотой***. Концентрированная хлороводородная кислота, или **соляная кислота**, 35% хлороводорода и 65% воды, — это дымящий, едкий бесцветный раствор. Разбавленная **хлороводородная кислота**, около 7% хлороводорода и 93% воды, — это бесцветный раствор, который реагирует с **основаниями** и с металлами, расположенными в **ряду напряжений*** выше водорода. Концентрированная хлороводородная кислота применяется в промышленности для удаления ржавчины со стальных листов перед **оцинковыванием***.

Концентрированная хлороводородная кислота используется для травления металлов.

Ванна с концентрированной хлороводородной кислотой



Металл, подверженный действию кислоты, выедается, оставляя на поверхности бороздки. При печатании рисунков бороздки заполняются краской.

Хлорат натрия NaClO₃

Белое кристаллическое твердое вещество, образующееся при добавлении **хлора** к теплomu концентрированному раствору гидроксида натрия, а также при нагревании **гипохлорита натрия**.



Хлорат натрия убивает сорняки.

* Анион, 16; Бактерицид, 116; Вытяжной шкаф, 110; Двухатомная (молекула), 10; Ионное соединение, 17; Катион, 16; Ковалентные соединения, 18; Окислитель, 34; Основание, 37; Отбеливатель, 116; Оцинковывание, 60 (Ржавление); Полярный растворитель, 30; Ряд напряжений, 45; Сильная кислота, 38; Смоли, 117; Электролиз, 42.

Галогены (продолжение)

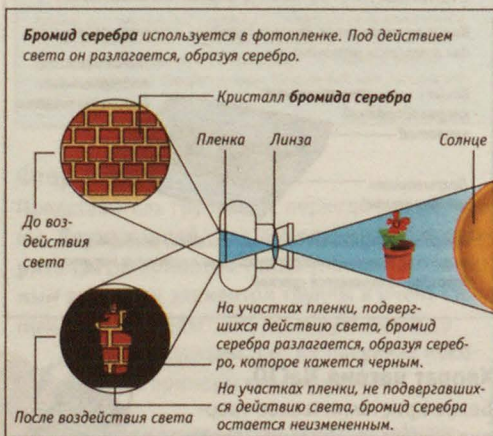
Фотографическая пленка покрыта **бромидом серебра**, который реагирует на свет, создавая негативное изображение.

Бром (Br_2)

Представитель группы VII периодической таблицы* (галогенов – см. таблицу, с. 72). **Летучая*** **двухатомная*** жидкость, выделяющая ядовитые, удушливые пары. Он очень активен и в природе встречается только в соединениях, обнаруживаемых, например, в морских организмах, горных породах, морской воде и в некоторых внутренних озерах. Он извлекается из **бромид натрия NaBr** в морской воде добавлением хлора. Бром является сильным **окислителем***. Он реагирует с большинством элементов, образуя **бромиды**, и немного растворяется в воде, давая оранжевый раствор, называемый **бромной водой**. Соединения брома применяются в медицине, фотографии и в дезинфектантах. Он применяется для производства **1,2-дибромэтана $\text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{Br}$** , который добавляют в бензин, чтобы предотвратить накопление свинца в двигателях.

Бромиды

Соединения брома с другим элементом. Бромиды неметаллов являются **ковалентными соединениями*** (см. **бромоводород**). Бромиды металлов – обычно **ионные соединения***, состоящие из **бромид-анионов*** Br^- и катионов металла. За исключением **бромид серебра AgBr** , все они водорастворимы. См. также с. 104.



Бромоводород

Бесцветный, остро пахнущий газ, получаемый реакцией брома с водородом. Его химические свойства подобны свойствам хлороводорода.

Иод (I_2)

Представитель группы VII периодической таблицы* (галогенов – см. таблицу, с. 72). Активное **двухатомное** кристаллическое твердое вещество. Его получают из **иодата натрия NaIO_3** и морских водорослей. Он является **окислителем*** и реагирует со многими элементами, образуя **иодиды**. При нагревании он **возгоняется***, давая фиолетовые пары. Иод только слабо растворим в чистой воде, однако хорошо растворяется в растворе **иодида калия KI** , а также в некоторых органических растворителях.

Основными пищевыми источниками **иода** являются морепродукты, жир из тресковой печени, фрукты и овощи. Часть поваренной соли **иодируется**.

Недостаток иода в питании приводит к тому, что щитовидная железа не может производить достаточно гормона **тироксина**. Тироксин необходим для регуляции обмена веществ в организме. Люди с недостаточностью тироксина болеют зобом.



Иодиды

Соединения иода с другим элементом. Иодиды неметаллов являются **ковалентными соединениями*** (см. **иодоводород**). Иодиды металлов – обычно **ионные соединения**, состоящие из **иодид-аниона*** и катиона* металла. За исключением **иодида серебра AgI** , ионные иодиды водорастворимы. См. с. 104.

Иодоводород HI

Бесцветный газ с острым запахом. **Ковалентное соединение***, образующееся при реакции водорода с **иодом**. Растворяясь в воде, образует **сильнокислотный*** раствор, называемый **иодоводородной кислотой** (ее химические свойства подобны свойствам хлороводородной кислоты).

* Анион, 16; Возгонка, 7; Двухатомная (молекула), 10; Ионное соединение, 17; Катион, 16; Кислотный, 36; Ковалентные соединения, 18; Летучее (вещество), 117; Окислитель, 34; Периодическая таблица, 50.

ГРУППА VIII, БЛАГОРОДНЫЕ ГАЗЫ

Благородные газы, называемые также **инертными газами**, составляют **группу VIII периодической таблицы***, называемую также **группой 0**. Все они — **одноатомные*** газы, получаемые **фракционной перегонкой жидкого воздуха***. Аргон составляет 0,9% воздуха, а остальные газы присутствуют в еще меньших количествах. Все они неактивны, так как **электронные конфигурации*** их атомов очень стабильны (все они имеют заполненный **внешний уровень***). Более легкие представители группы не образуют никаких соединений, но более тяжелые образуют несколько.

Гелий (He)

Первый представитель группы VIII периодической таблицы. Это бесцветный, лишенный запаха **одноатомный*** газ, найденный в атмосфере (одна часть на 200 000) и в некоторых природных газах. Он производится **фракционной перегонкой жидкого воздуха*** и полностью нереакционноспособен, не имея известных соединений. Он используется в дирижаблях и воздушных шарах, так как его плотность в восемь раз меньше, чем плотность воздуха, и он негорюч, а также водолазами-глубоководниками для избежания кессонной болезни.



Отсеки с газообразным гелием

Дирижабль, наполненный гелием

Неон (Ne)

Представитель группы VIII периодической таблицы. **Одноатомный*** газ без цвета и запаха, найден в атмосфере (одна часть на 55 000). Производится **фракционной перегонкой жидкого воздуха*** и полностью нереакционноспособен, не имея известных соединений. Используется в неоновых рекламных вывесках и флюоресцентном освещении, испускает оранжево-красное свечение при прохождении через него электрического разряда.



Неоновые рекламы

Радон (Rn)

Последний представитель группы VIII периодической таблицы. Он **радиоактивен*** и возникает в результате **радиоактивного распада*** радия.

Аргон (Ar)

Самый распространенный представитель группы VIII периодической таблицы. Это бесцветный, лишенный запаха **одноатомный*** газ, составляющий 0,9% воздуха. Он производится **фракционной перегонкой жидкого воздуха*** и полностью нереакционноспособен, не имея известных соединений. Применяется в электрических лампочках и люминесцентных лампах.



Электрическая лампочка

Криптон (Kr)

Представитель группы VIII периодической таблицы. Это бесцветный, лишенный запаха **одноатомный*** газ, найденный в атмосфере (одна часть на 670 000). Он производится **фракционной перегонкой жидкого воздуха*** и неактивен, образуя только одно известное соединение, **фторид криптона KrF₂**. Криптон применяется в некоторых лазерах и в фотовспышках. Он также используется в люминесцентных лампах и в стробоскопических лампах, расположенных по бокам взлетно-посадочных полос аэропортов.

Ксенон (Xe)

Представитель группы VIII периодической таблицы. Это бесцветный, лишенный запаха **одноатомный*** газ, найденный в атмосфере (одна часть на 670 000). Он производится **фракционной перегонкой жидкого воздуха*** и неактивен, образуя лишь очень немного соединений, например **тетрафторид ксенона XeF₄**. Он применяется в люминесцентных лампах и лампах накаливания.

Ксенон используется в фонарях некоторых маяков.



* Внешний уровень, 13; Одноатомный, 10; Периодическая таблица, 50; Радиоактивность, Радиоактивный распад, 14; Фракционная перегонка жидкого воздуха, 69; Электронная конфигурация, 13.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Первоначально **органическая химия** была наукой, изучавшей химические вещества, обнаруживающиеся в живых организмах, однако теперь она изучает все углеродсодержащие соединения, за исключением **карбонатов*** и **оксидов*** углерода. Существует более двух миллионов таких соединений (**органических соединений**), больше, чем всех остальных соединений, вместе взятых. Такое огромное число **ковалентных соединений*** возможно потому, что атомы углерода могут связываться друг с другом, давая широкое разнообразие **цепей и колец**.

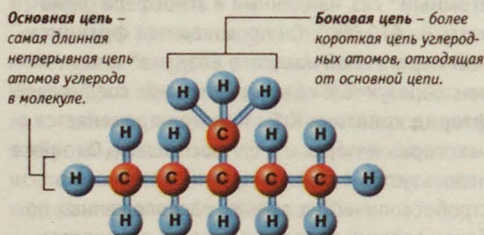


Некоторые органические соединения используются для производства красок.

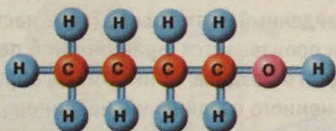
Алифатические соединения

Органические соединения, молекулы которых содержат **основную цепь** из атомов углерода. Эта цепь может быть **прямолинейной**, **разветвленной** или даже в форме **кольца** (но не **бензольного кольца** – см. **ароматические соединения**).

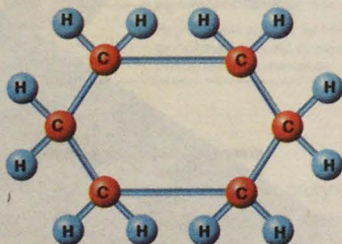
Разветвленная цепь атомов углерода в молекуле 3-метилпентана. В разветвленной цепи атом углерода может быть связан более чем с двумя другими атомами углерода.



Прямолинейная цепь атомов углерода в молекуле бутанола-1



Молекула циклогексана. Пример молекулы, содержащей кольцо из атомов углерода.



Ароматические соединения

Органические соединения, молекулы которых содержат **бензольное кольцо**. Бензольное кольцо состоит из шести атомов углерода, но отличается от **алифатического** кольца, поскольку связи между атомами углерода в нем являются не **одинарными*** или **двойными**, а чем-то средним между ними, и по длине, и по реакционной способности.

Существуют два возможных способа изображения **бензольного кольца**.

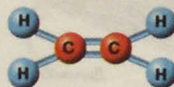


Связи, соединяющие атомы углерода, являются промежуточными между **одинарными*** и **двойными связями***, поскольку некоторые электроны свободно перемещаются по молекуле.

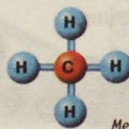
Углеводороды

Органические соединения, содержащие только атомы углерода и водорода.

Два примера молекул **углеводородов**:



Этан

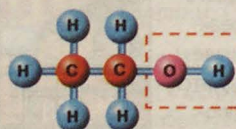


Метан

Функциональная группа

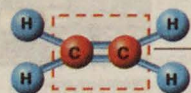
Атом или группа атомов, придающие молекуле ее основные химические свойства. Органические молекулы могут иметь несколько таких групп (см. также с. 80–81).

Большинство **функциональных групп** содержат по меньшей мере один атом, не являющийся атомом углерода или водорода.



Молекула этанола

Функциональная группа спиртов*, называемая **гидроксильной группой** (**-OH**)



Молекула этилена

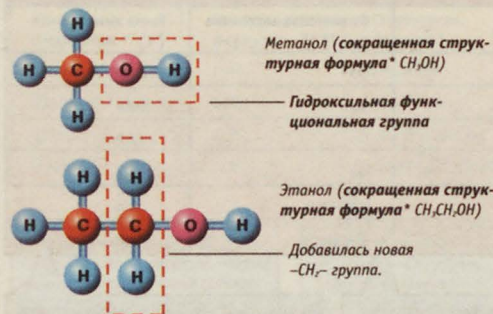
Два атома углерода, соединенные **двойной*** или **тройной связью***, также являются **функциональной группой**.

Гомологический ряд

Последовательность органических соединений, увеличивающихся в размере добавлением каждый раз группы $-\text{CH}_2-$. Все ряды (кроме **алканов***) имеют также **функциональную группу***, например, **спирты*** – **гидроксильную группу** ($-\text{OH}$). Члены ряда имеют сходные химические свойства, однако их физические свойства меняются по мере их увеличения. Гомологический ряд имеет **общую формулу** для всех своих членов.

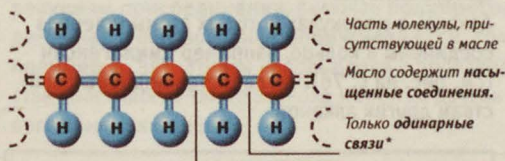
Общей формулой для спиртов* является $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ (где n означает число атомов углерода).

Первые два члена гомологического ряда спиртов*



Насыщенные соединения

Органические соединения, молекулы которых имеют только **одинарные связи** между атомами.

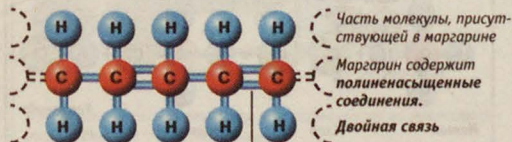


Ненасыщенные соединения

Органические соединения, молекулы которых содержат по крайней мере одну **двойную** или **тройную связь***.

Полиненасыщенные соединения

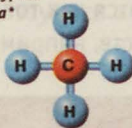
Термин, используемый для соединений, молекулы которых имеют несколько **двойных** или **тройных связей***. Такие соединения есть, например, в маргарине.



Стереохимия

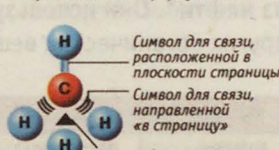
Наука о трехмерной структуре молекул. Сравнение трехмерной структуры очень похожих органических молекул, например **стереоизомеров**, помогает различать их. Трехмерную структуру молекулы часто изображают **стереохимической формулой*** – схемой, которая показывает, как атомы расположены в пространстве.

Структурная формула* метана



Упрощенная версия молекулы не показывает трехмерное расположение атомов.

Стереохимическая формула* метана



Связи углерод-водород расположены так, что образуют тетраэдр.

Изомеры

Два или более соединений, имеющих одинаковую **молекулярную формулу***, но разное расположение атомов в молекуле. В результате соединения имеют разные свойства. Существует два основных типа изомеров: **структурные изомеры** и **стереоизомеры**.

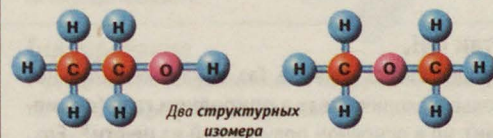
Структурные изомеры

Соединения с одинаковой **молекулярной формулой***, но разной **структурной формулой***, т. е. атомы сгруппированы по-разному.

Молекулярной формуле* $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ соответствуют две разные структурные формулы*.

Этанол $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$

Метоксиметан CH_3OCH_3



Стереоизомеры

Соединения с одинаковой **молекулярной формулой*** и группировкой атомов, но разным трехмерным видом.



* Алканы, 78; Двойная связь, 18; Молекулярная формула, 26; Одинарная связь, 18;

Сокращенная структурная формула, 26; Спирты, 82; Стереохимическая формула, 26; Тройная связь, 18.

АЛКАНЫ

Алканы, или парафины, — это полностью насыщенные* углеводороды* и алифатические соединения*. Они образуют гомологический ряд* с общей формулой* C_nH_{2n+2} . Поскольку молекулы в ряду увеличиваются в размерах, то физические свойства соединений меняются (см. таблицу ниже). У алканов неполярные молекулы*. Они горят на воздухе, образуя диоксид углерода и воду, и реагируют с галогенами*, а в остальном они неактивны. За исключением метана, их получают из нефти*. Они используются как топливо и для производства других органических веществ, например пластмасс.

Алкан пропан используется как топливо для нагрева воздуха, в воздушном шаре.

Некоторые свойства алканов				
Название соединения	Молекулярная формула	Структурная формула	Физическое состояние при 25 °С	Точка кипения (°С)
Метан	CH_4	CH_4	Газ	-161.5
Этан	C_2H_6	CH_3CH_3	Газ	-88.0
Пропан	C_3H_8	$CH_3CH_2CH_3$	Газ	-42.2
Бутан	C_4H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH_3$	Газ	-0.5
Пентан	C_5H_{12}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$	Жидкость	36.0
Гексан	C_6H_{14}	$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$	Жидкость	69.0

Первая часть названия указывает на число атомов углерода в молекуле. Окончание -ан означает, что молекула является алканом (см. с. 100).

Каждая следующая молекула в ряду всегда длиннее на одну $-CH_2-$ группу.

Постепенное изменение состояния по мере удлинения молекул.

Точки кипения алканов постоянно растут по мере того, как молекулы становятся длиннее. Точки плавления и плотности подчиняются той же закономерности, становясь выше по мере увеличения размеров молекул.

Метан CH_4

Простейший алкан. Это горючий газ без цвета и запаха, который реагирует с галогенами* (см. уравнение справа внизу) и является источником водорода. Природный газ содержит 99% метана.

Этан C_2H_6

Представитель алканов. Газ, обнаруженный в небольших количествах в природном газе (см. метан), но в основном получаемый из нефти*. Его свойства подобны свойствам метана. Он используется для производства других органических веществ.

Пропан C_3H_8

Представитель алканов. Газ, обычно получаемый из нефти*. По свойствам подобен этану. Его закачивают в баллоны и продают как топливо для приготовления пищи и обогрева.

Алканы получают из нефти* и природного газа, найденных глубоко под землей.

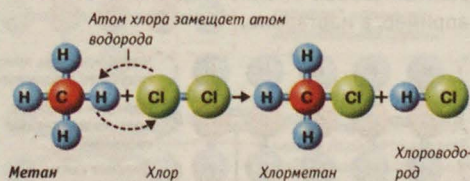
Циклоалканы

Алканы, в молекулах которых атомы углерода соединены в кольцо, например циклогексан (см. рис. на с. 76). Их свойства подобны свойствам других алканов.

Реакция замещения

Реакция, при которой атом или функциональная группа* молекулы замещается другим атомом или функциональной группой. Молекулы насыщенных соединений, например алканов, могут подвергаться реакциям замещения, но не реакциям присоединения (см. справа).

Алканы реагируют с галогенами*, подвергаясь реакции замещения. Например:



* Алифатические соединения, 76; Галогены, 72; Молекулярная формула, 26; Насыщенные соединения, 77; Неполярная молекула, 19 (Полярная молекула); Нефть, 84; Общая формула, 77 (Гомологический ряд); Сокращенная структурная формула, 26; Углеводороды, 76; Функциональная группа, 76.

АЛКЕНЫ

Алкены, или **олефины**, — это **ненасыщенные*** углеводороды* и алифатические соединения*. Молекулы алкенов содержат одну или более **двойных связей*** между атомами углерода. Те из них, которые имеют только одну, образуют **гомологический ряд*** с **общей формулой*** C_nH_{2n} . Поскольку молекулы в ряду увеличиваются в размерах, их физические свойства постепенно меняются (см. ниже). У алкенов **неполярные молекулы***. Они горят дымным пламенем и при избытке кислорода полностью **окисляются*** до диоксида углерода и воды. Из-за двойной связи алкены более активны, чем алканы, — они подвержены **реакциям присоединения**, а некоторые образуют **полимеры***. Алкены получают **крекингом*** алканов, они используются в производстве многих продуктов, включая пластмассы и антифриз.

Некоторые свойства алкенов				
Название соединения	Молекулярная формула*	Структурная формула*	Физическое состояние при 25 °C	Точка кипения (°C)
Этилен (этен)	C_2H_4	$CH_2=CH_2$	Газ	-104,0
Пропилен (пропен)	C_3H_6	$CH_3CH=CH_2$	Газ	-47,0
Бутен-1	C_4H_8	$CH_3CH_2CH=CH_2$	Газ	-6,0
Пентен-1	C_5H_{10}	$CH_3CH_2CH_2CH=CH_2$	Жидкость	30,0

Цифра обозначает положение **двойной связи*** в молекуле. Алкены называют тем же самым образом, что и алканы, но с окончанием на -ен, а не на -ан (см. с. 100)*.

Каждая молекула длиннее на одну $-CH_2-$ группу. Показано положение **двойной связи***.

Постепенный переход от газов к жидкостям по мере удлинения молекулы.

По мере того как молекулы становятся длиннее, точки кипения алкенов постоянно растут. Точки плавления и плотность следуют той же закономерности.

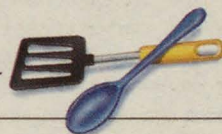
Этилен C_2H_4 , или этен

Простейший алкен (см. таблицу выше) — бесцветный газ с приятным запахом, который подвержен **реакциям присоединения**, включая **полиприсоединение*** с образованием **полиэтилена** (см. гомо-полимер, с. 86). Этилен используется в производстве пластмасс, а также этанола и многих других органических веществ.

Пропилен C_3H_6 , или пропен

Представитель алкенов. Бесцветный газ, используемый для производства **ацетона** (пропано — см. кетоны, с. 80) и **полипропилена**.

Некоторые кухонные принадлежности изготовлены из **полипропилена**, полимера пропилена.



Реакция присоединения

Реакция, в ходе которой две молекулы реагируют друг с другом, образуя одну, большую, молекулу. Одна из молекул должна быть **ненасыщенной*** (иметь **двойную или тройную связь***).



Изменение окраски используется в качестве теста на **ненасыщенные соединения***, например алкены.

Гидрирование

Реакция присоединения, в которой к молекуле **ненасыщенного соединения*** присоединяются атомы водорода.



Этот тип реакции используется в производстве маргарина для отверждения растительных и животных масел. (Эти масла являются **ненасыщенными соединениями***, но не алкенами).



* Алифатические соединения, 76; Двойная связь, 18; Крекинг, 84; Молекулярная формула, 26; Насыщенные соединения, 77; Ненасыщенные соединения, 77; Неполярная молекула, 19 (Полярная молекула); Общая формула, 77 (Гомологический ряд); Окисление, 34; Полимеры, 86; Полиприсоединение, 86; Сокращенная структурная формула, 26; Тройная связь, 18; Углеводороды, 77.

АЛКИНЫ

Алкины – это **ненасыщенные*** (каждая молекула содержит углерод-углеродную **тройную связь***) и **алифатические соединения***. Они являются **углеводородами*** и образуют **гомологический ряд*** с **общей формулой*** C_nH_{2n-2} . Алкины называют по тому же принципу, что и **алканы***, но с окончанием на **-ин**, а не **-ан** (см. с. 100). Они являются **неполярными молекулами*** с химическими свойствами, похожими на свойства **алкенов***. Они горят на воздухе коптящим огнем и очень жарким пламенем в чистом кислороде. Алкины производятся **крекингом***. Они используются для производства пластмасс и растворителей.

Структурные формулы некоторых алкинов	
Название соединения	Структурная формула
Ацетилен (этин)	$CH \equiv CH$
Пропин	$CH_3C \equiv CH$
Бутин-1	$CH_3CH_2C \equiv CH$

Ацетилен C_2H_2 , или этин

Простейший представитель алкинов. Бесцветный газ легче воздуха, со слабым приятным запахом. Это единственный распространенный алкин. Ацетилен вступает в те же реакции, что и другие алкины, но более энергично, например, с хлором он реагирует со взрывом. Он применяется в кислородно-ацетиленовых сварочных горелках, так как горит очень жарким пламенем. Ацетилен получают **крекингом*** и применяют для производства полихлорвинила и других виниловых соединений.

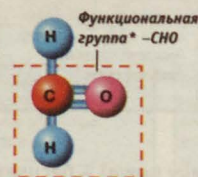


Другие гомологические ряды

Следующие группы органических соединений образуют **гомологические ряды*** **алифатических соединений***. Каждый ряд имеет специфическую **функциональную группу***, и его члены имеют сходные химические свойства.

Альдегиды

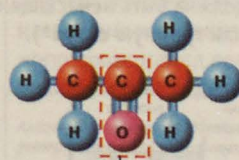
Соединения, содержащие **функциональную группу*** $-CHO$. Они образуют **гомологический ряд*** с **общей формулой*** $C_nH_{2n+1}CHO$ и называются наподобие **алканов***, но с окончанием **-аналь**, а не **-ан** (см. с. 101). Они являются бесцветными жидкостями (за исключением **формальдегида**, или **метанала**), **восстановителями*** и подвергаются реакциям **присоединения***, **конденсации*** и **полимеризации***. При **окислении*** они образуют **карбоновые кислоты**.



Молекула **формальдегида** (**муравьиного альдегида**, или **метанала**), простейшего альдегида. Это бесцветный ядовитый газ с сильным запахом. Он растворяется в воде, образуя **формалин**, применяемый для сохранения биологических образцов. Он также используется для производства **полимеров*** и клеящих веществ.

Кетоны

Соединения, содержащие **карбонильную группу** (**функциональную группу*** $-CO-$). Кетоны образуют **гомологический ряд*** со сложной **общей формулой***. Они называются подобно **алканам***, но с окончанием **-анон**, а не **-ан**. Большинство из них являются бесцветными жидкостями. Они имеют химические свойства, сходные со свойствами **альдегидов**, но не являются **восстановителями***.



Молекула **ацетона** (CH_3COCH_3), или **пропаноно**, простейшего кетона.

Акриловая краска

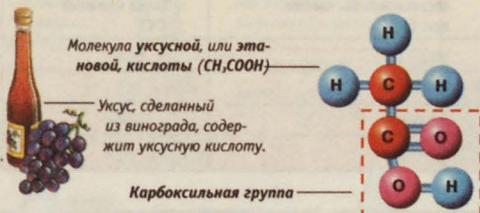
Ацетон (пропанон) представляет собой бесцветную жидкость, смешивающуюся с водой в любых соотношениях. Он применяется в производстве **акрила** и как органический растворитель, например для удаления лака с ногтей.



* Алифатические соединения, 76; Алканы, 78; Алкены, 79; Восстановитель, 34; Крекинг, 84; Ненасыщенные соединения, 77; Неполярная молекула, 19; Общая формула, 77 (гомологический ряд); Окисление, 34; Полимеризация, Полимеры, 86; Полиприсоединение, 86; Реакция конденсации, 83; Структурная формула, 26; Тройная связь, 18; Углеводороды, 77; Функциональная группа, 76.

Карбоновые кислоты

Соединения, содержащие **карбоксильную группу** (функциональная группа* $-\text{COOH}$) и образующие **гомологический ряд*** с общей формулой* $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$. Их названия заканчиваются на **-овая кислота** (см. стр. 101). Остропахнущие **бесцветные слабые кислоты***, они реагируют со **спиртами***, давая **сложные эфиры** (см. реакция конденсации, с. 83).



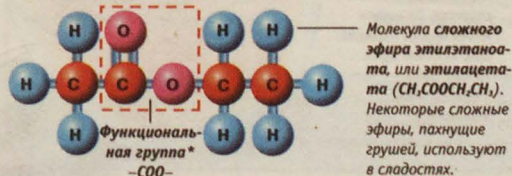
Дикарбоновые кислоты

Соединения, содержащие две **карбоксильных группы** (см. карбоновые кислоты) в каждой молекуле.



Сложные эфиры

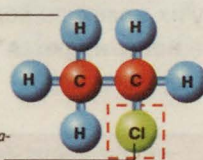
Гомологический ряд* соединений, которые содержат **функциональную группу*** $-\text{COO}-$. Это неактивные бесцветные жидкости, получаемые реакцией **карбоновой кислоты** и **спирта*** (см. реакция конденсации, с. 83). Обнаруживаемые в растительных маслах и животных жирах, они придают фруктам и цветам их ароматы и запахи. Они используются в духах и ароматизаторах.



Галогенпроизводные алканов

Гомологический ряд*, члены которого содержат один или более атомов **галогенов*** (см. также с. 101). Большинство из них – бесцветные **летучие*** жидкости, не смешивающиеся с водой. Они подвержены **реакциям замещения***. Наиболее активные из них содержат **йод**, а наименее активные – **фтор**.

Молекула **хлорэтана** ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$), галогенпроизводного. Применяется как **хладагент** (см. с. 117) в холодильниках.

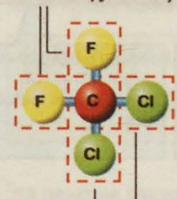


Атом хлора является **галогеновой* функциональной группой***. Он называется **хлорогруппой** ($-\text{Cl}$) (см. с. 101).

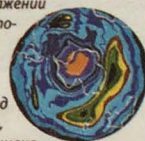
Некоторые важные органические соединения имеют больше одного атома **галогена*** в своих молекулах.

Фторогруппы (функциональные группы* $-\text{F}$)

Молекула **фреона** (CCl_2F_2), **хлорфторуглерода** (вещества, состоящего из хлора, фтора и углерода), ранее применявшегося в качестве аэрозольного пропеллента.



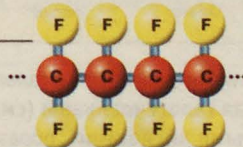
Оранжевое пятно на этом полученном со спутника изображении атмосферы Земли показывает дыру в **озоновом слое**. Считается, что фреон вносит вклад в это повреждение, поэтому сейчас применяются другие пропелленты.



Хлорогруппы (функциональные группы* $-\text{Cl}$)

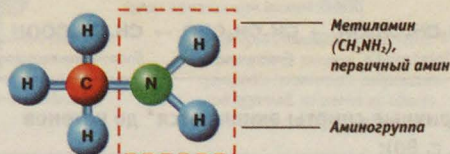
Молекула **политетрафторэтилена** (**тефлона**) (см. также с. 72)

Тефлон применяется как **антипригарное покрытие** на кастрюлях.



Первичные амины

Соединения, содержащие **аминогруппу** (функциональную группу* $-\text{NH}_2$). Они являются **слабыми основаниями*** и имеют запах рыбы.



Диамины

Соединения с двумя **аминогруппами** в каждой молекуле.

* Галогены, 72; Летучее (вещество), 117; Общая формула, 77 (Гомологический ряд); Озон, 96 (Разрушение озона); Реакция замещения, 78; Слабая кислота, Слабое основание, 38; Спирты, 82; Функциональная группа, 77

СПИРТЫ

Спирты являются соединениями, содержащими одну или более **гидроксильных групп** (**функциональных групп*** $-\text{OH}$) в каждой молекуле. Все спирты, показанные ниже в таблице, – члены **гомологического ряда*** спиртов, представляющих собой **алифатические соединения*** с **общей формулой*** $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$. С ростом размеров молекул в ряду их физические свойства закономерно изменяются. В таблице ниже показаны некоторые тенденции. Вследствие наличия в них **гидроксильной группы** молекулы спиртов являются **полярными*** и образуют **водородные связи***. Спирты с короткой цепью смешиваются с водой в любых отношениях, а спирты с длинной цепью – нет, поскольку их молекулы содержат больше групп $-\text{CH}_2-$, что делает их менее полярными. Спирты не **ионизируются*** в воде и являются **нейтральными***. Они горят, давая диоксид углерода и воду.

Некоторые свойства спиртов			
Название соединения	Структурная формула*	Физическое состояние при 25 °C	Точка кипения (°C)
Метанол	CH_3OH	Жидкость	65,6
Этанол	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	Жидкость	78,5
Пропанол-1	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	Жидкость	97,2
Бутанол-1	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$	Жидкость	117,5

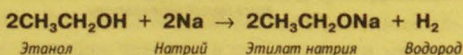
Спирты называют таким же самым образом, как **алканы***, но с окончанием на -анол. Цифра в названии указывает номер углеродного атома, к которому присоединена **гидроксильная группа** (см. противоположную страницу разворота и с. 100 – 101).

Каждый следующий член ряда всегда на $-\text{CH}_2-$ группу длиннее предыдущего.

По мере удлинения молекул члены ряда постепенно превращаются в твердые вещества.

Точки кипения спиртов растут по мере удлинения молекул. Из-за наличия **водородных связей*** спирты имеют высокие для их **относительной молекулярной массы*** точки кипения.

Спирты реагируют с натрием:

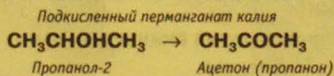


Спирты реагируют с галогенидами фосфора, давая **галогеноалканы** (см. с. 81), и с **карбоновыми кислотами***, образуя **сложные эфиры** (см. **реакция конденсации** и с. 81).

Первичные спирты окисляются* сначала до **альдегидов***, а затем до **карбоновых кислот***:



Вторичные спирты окисляются* до **кетонов** (см. с. 80):



Этанол ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, часто записывается также как $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)

Называется также **этиловым спиртом** или просто **спиртом**. Спирт, представляющий собой водорастворимую жидкость со слабым приятным запахом и относительно высокой точкой кипения. Горит почти бесцветным пламенем, производится реакцией этилена с водяным паром. Его также производят **спиртовым брожением**.

Этанол используется как растворитель и в метилированных спиртах. Он имеет много других применений, включая духи, краски, лаки и алкогольные напитки.



* Алифатические соединения, 76; Алканы, 78; Альдегиды, 80; Водородная связь, 20; Ионизация, 16; Карбоновые кислоты, 81; Катализатор, 47; Нейтральное (вещество), 37; Общая формула, 77 (Гомологический ряд); Окисление, 34; Относительная молекулярная масса, 24; Полярная молекула, 19; Сокращенная структурная формула, 26; Функциональная группа, 77.

Спиртовое брожение

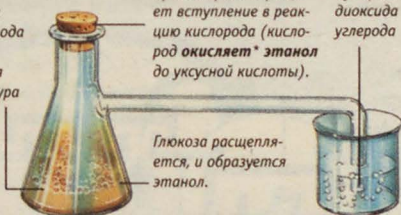
Название процесса, используемого для производства **этанол** (действующего вещества спиртных напитков) из плодов или зерна. **Глюкоза*** превращается в спирт **ферментами** (катализаторами* реакций в живых клетках). В спиртовом брожении используют дрожжи, поскольку в них есть комплекс ферментов, катализирующих превращение глюкозы в этанол.



Для получения вина **глюкозу*** в винограде **сбраживают**.

Лабораторное брожение

Смесь для брожения: **глюкоза**, вода и дрожжи (идеальная температура 37 °C).



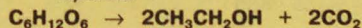
Пробка предотвращает вступление в реакцию кислорода (кислород **окисляет*** этанол до уксусной кислоты).

Пузырьки диоксида углерода

Глюкоза **расщепляется**, и образуется этанол.

Если концентрация **этанол** становится слишком высокой, дрожжи погибают. Более крепкие алкогольные напитки, например, виски, которые производят из злаков, получают **перегонкой** раствора этанола. Этот процесс отделяет этанол от воды, и концентрированный спирт используется для повышения крепости напитков.

Ферменты*



Раствор глюкозы
из плодов или ячменя

Этанол

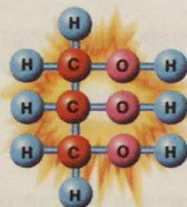
Диоксид
углерода

Многоатомные спирты

Спирты, молекулы которых содержат более одной **гидроксильной группы** (см. введение).

Этиленгликоль, или **этандиол-1,2**, является **диолом** (содержит две **гидроксильные группы**). Применяется как антифриз.

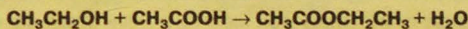
Глицерин, или **пропантриол-1,2,3**, является **триолом** (содержит три **гидроксильные группы**). Используется для производства взрывчатых веществ.



Реакция конденсации

Тип реакции, в которой две молекулы реагируют друг с другом, образуя одну, с отделением небольшой молекулы, например воды. (См. также **конденсационная полимеризация**, с. 86)

Пример реакции конденсации:



Этанол

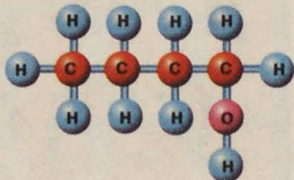
Уксусная кислота

Этилэтанат

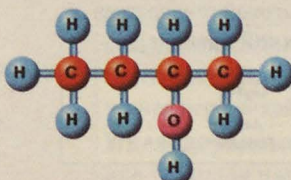
Теряется
молекула
воды

Эта реакция является также и **реакцией этерификации**, так как ее продукт – **этилэтанат** – является **сложным эфиром***. Спирт и органическая кислота реагируют друг с другом, образуя сложный эфир.

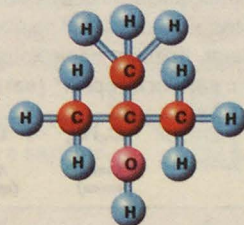
Первичные, вторичные и третичные спирты



Молекула **бутанола-1**, **первичного спирта**. Атом углерода, связанный с **гидроксильной группой**, имеет два связанных с ним атома водорода.



Молекула **бутанола-2**, **вторичного спирта**. Атом углерода, связанный с **гидроксильной группой**, имеет один связанный с ним атом водорода.



Молекула **2-метилпропанола-2**, **третичного спирта**. Атом углерода, связанный с **гидроксильной группой**, не имеет ни одного связанного с ним атома водорода.

Цифры в названиях спиртов обозначают позицию атома углерода, с которым связана **гидроксильная группа**.
(Дополнительную информацию о наименовании спиртов см. на с. 100-101.)

* Глюкоза, 90; Катализатор, 47; Окисление, 34; Перегонка, 106; Сложные эфиры, 81; Фермент, 47.

НЕФТЬ

Нефть (сырая нефть) – это темная вязкая жидкость, обычно обнаруживаемая на большой глубине под землей или морским дном. Часто ее находят вместе с **природным газом***, который состоит в основном из **метана***. Нефть образовалась за миллионы лет вследствие разложения животных и растений под давлением. Это смесь преимущественно **алканов***, сильно различающихся по размеру и структуре. В результате **переработки нефти** образуется много полезных продуктов.

Переработка нефти (нефтепереработка)

Сочетание процессов, превращающих сырую нефть в более полезные продукты. Переработка нефти состоит из трех основных процессов – **первичной перегонки, крекинга и риформинга**.

Первичная перегонка, или фракционная (дробная) перегонка нефти

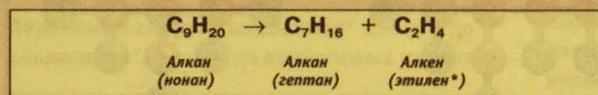
Процесс, используемый для разделения нефти на **фракции** соответственно их точкам кипения (см. также с. 106). **Ректификационная колонна** (см. схему) внизу поддерживается в очень горячем состоянии, но становится холоднее по направлению кверху. Вскипевшая нефть проходит в колонну в виде паров, теряя тепло по мере подъема. Когда фракция достигает тарелки с температурой немного ниже ее точки кипения, она конденсируется на этой тарелке, а затем отводится отсюда по трубам. Для лучшего разделения фракции перегоняют вновь.

Фракция

Смесь жидкостей с близкими точками кипения, полученная в результате **первичной перегонки**. **Легкие фракции** имеют низкие точки кипения и короткие **углеводородные*** цепи. **Тяжелые фракции** имеют более высокие точки кипения и более длинные цепи.

Крекинг

Реакция, расщепляющая большие **алканы*** на меньшие алканы и **алкены***. Меньшие алканы используются как **бензин**. Крекинг происходит при высокой температуре или с **катализатором*** (**каталитический крекинг**).



Риформинг

Способ производства **бензина** из более легких **фракций** путем расщепления **алканов*** с **прямолинейной цепью*** и воссоединением их в молекулы с **разветвленной цепью***.

Первичная перегонка

Колпачки колонны – небольшие колпачки, которые отклоняют восходящие пары нефти вниз, в жидкость на тарелке. Это повышает эффективность процесса.

Легкие фракции (менее вязкие) собираются наверху.

Ректификационная колонна



Нефть

Печь нагревает нефть до 350 °C

Тяжелые фракции (более вязкие) собираются внизу.

* Алканы, 78; Алкены, 79; Катализатор, 47; Природный газ, 78 (Метан); Прямолинейная цепь, 76; Разветвленная цепь, 76; Углеводороды, 76; Этилен, 79.

Газы нефтепереработки

Состоят в основном из **метана***. Другие **легкие фракции** содержат **пропан** и **бутан** (оба **алканы***) и перерабатываются в **сжиженный нефтяной газ**.



Сжиженный нефтяной газ (см. газы нефтепереработки) используется как баллонный газ.

Газы нефтепереработки

Химическое сырье

Фракции нефти, используемые для производства органических веществ. Это в основном **газы нефтепереработки** и **нафта** (тяжелый бензин), часть бензиновой фракции.



Для производства краски используется химическое сырье.

Бензин

Жидкая **фракция**, получаемая **первичной перегонкой**. Она состоит из **алканов*** с молекулами, имеющими от 5 до 12 атомов углерода, и имеет диапазон точек кипения 40–150 °С. См. также **крекинг** и **риформинг**.

Бензин

Октановое число

Критерий того, насколько хорошо сгорает **бензин**, измеренный по шкале от 0 до 100. Оно может быть повышено применением **антидетонаторов**, таких как метил-трет-бутиловый эфир ($C_5H_{12}O$).



Бензин, используемый для автомобилей, имеет октановое число свыше 90. Он состоит в основном из **алканов*** с **разветвленной цепью***.

Керосин

Жидкая **фракция**, получаемая **первичной перегонкой**. Керосин состоит из **алканов*** с молекулами, имеющими примерно от 9 до 15 атомов углерода. Он имеет диапазон точек кипения 150–250 °С.

Керосин

Керосин используется как **топливо*** для реактивных двигателей и домашних нагревателей.

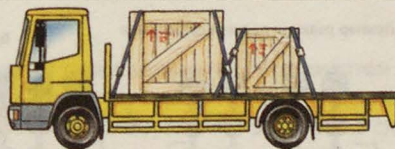


Газойль, или дизельное топливо

Жидкая **фракция**, получаемая **первичной перегонкой**. Состоит из **алканов*** с молекулами, имеющими примерно от 12 до 25 и более атомов углерода. Точка кипения 250 °С и выше.

Газойль

Газойль используется как **топливо*** для дизельных двигателей.



Мазут

Остаток нефти после **первичной перегонки**. Состоит из углеводородов с очень высокой **относительной молекулярной массой***, их молекулы содержат до 40 атомов углерода. Его точка кипения выше 350 °С. Часть мазута используется как **котельное топливо** для обогрева жилья и производственных зданий, а также для выработки электроэнергии. Остальная часть вновь перегоняется для получения веществ, перечисленных справа.

Мазут

Смазочное масло

Смесь нелетучих жидкостей, полученная перегонкой **мазута** в вакууме.

Углеводородные воски, или твердые парафины

Мягкие твердые вещества, которые отделяют от **смазочного масла** после перегонки **мазута** в вакууме.

Битум, или асфальт

Жидкость, остающаяся после перегонки **мазута** в вакууме. Это смолистое, черное, полутвердое при комнатной температуре вещество.



Свечи и лак



Дорожные покрытия и кровля

* Алканы, 78; Летучее (вещество), 117; Метан, 78; Относительная молекулярная масса, 24; Разветвленная цепь, 76; Топливо, 94; Углеводороды, 76.

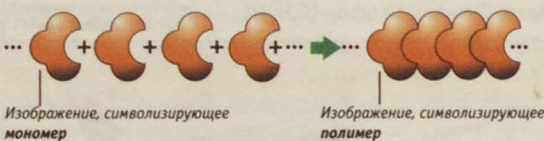
ПОЛИМЕРЫ И ПЛАСТМАССЫ

Полимеры – это вещества, состоящие из множества **мономеров** (небольших молекул), соединенных в повторяющуюся последовательность. Это очень длинные молекулы с высокой **относительной молекулярной массой***. Полимеры существуют в природе, например **белки***. Существует также много **синтетических полимеров**, например **пластмасс**.

Мономеры

Сравнительно небольшие молекулы, реагирующие с образованием полимеров. Например, молекулы **этилена*** реагируют друг с другом, образуя **полиэтилен** (см. также уравнение для **гомополимера** справа внизу).

Упрощенное изображение реакции полимеризации – реакции, в которой мономеры соединяются, образуя полимер

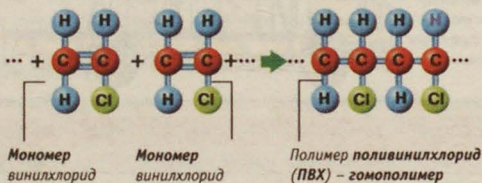


Синтетические полимеры используют очень широко. Шлемы гонщиков изготовлены из **термоактивных пластмасс**, усиленных синтетическими волокнами.

Полиприсоединение

Реакция полимеризации, в которой **мономеры** соединяются друг с другом без утраты каких-либо атомов. Полимер является единственным продуктом и имеет ту же **эмпирическую формулу***, что и мономер. См. также **реакция присоединения**, с. 79.

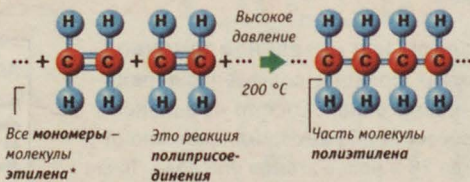
Пример реакции полиприсоединения



Гомополимер

Полимер, полученный из **мономера** одного типа.

Реакция образования гомополимера полиэтилена



Сополимер, или гетерополимер

Полимер, полученный из двух или более разных **мономеров**. См. ниже пример реакции **поликонденсации**.

Реакция поликонденсации

Реакция полимеризации, в которой **мономеры** образуют полимер, с отщеплением небольших молекул, например воды (см. с. 83).

Деполимеризация

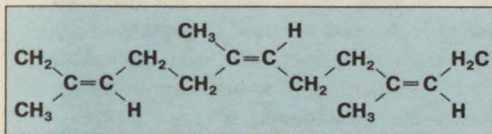
Расщепление полимера на исходные мономеры. Это происходит, например, при нагревании акрила.



Природные полимеры, или биополимеры

Полимеры, существующие в природе, например **крахмал** или **каучук**. Крахмал состоит из **мономеров глюкозы***. Рисунок молекулы крахмала см. крахмал, с. 90.

Часть полимерной молекулы каучука



Каучук выделяют из **латекса*** – собранного сока каучукового дерева. Затем его **вулканизируют*** для получения каучука, применяемого в шинах, шлангах и т. д.

Синтетические полимеры

Полимеры, полученные в лаборатории или на производстве (не **природные полимеры**), например **найлоны**.

Пластмассы

Синтетические полимеры, легко поддающиеся формовке. Они производятся из химических веществ, получаемых из **нефти***, и обычно представляют собой прочные, легкие, твердые вещества, являющиеся тепло- и электроизоляторами. Они часто не подвергаются **биodeградации*** и при горении выделяют ядовитый дым. Существуют два типа пластмасс – **термопластичные**, которые размягчаются или плавятся при нагревании, и **термо-реактивные**, которые затвердевают при нагревании и не плавятся вновь (например, те, которыми покрывают рабочие поверхности).

Полиэфир

Сополимеры, образующиеся при поликонденсации **мономеров – диолов*** и **дикарбоновых кислот***. Мономеры связаны **–COO– функциональными группами***, такими же, как в **сложных эфирах***.

Паруса яхт сделаны из **полиэфиров**. Некоторые **полиэфиры** производятся в виде волокон, которые используются в платяных и обивочных тканях.



Найлоны

Семейство **полиамидов**. Это прочные, износостойкие полимеры, которые растягиваются, но не впитывают воду и не гниют. Они применяются в тканях, часто в смеси с другими волокнами. См. **поликонденсация**, уравнение получения **найлона-66**.

Полиамиды

Сополимеры, получаемые **поликонденсацией мономера дикарбоновой кислоты*** и **мономера диамина***, например **найлоны**.

Полистирол

Гомополимер, получаемый **полиприсоединением** **стирола**.



Полистирол используется для изготовления одноразовой посуды. Листы вспененного полистирола применяются для упаковки и изоляции.

Полиэтилен

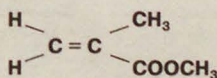
Гомополимер, получаемый **полиприсоединением** **этилена*** (см. **гомополимер**, с. 86). Полиэтилен производится в двух формах (в зависимости от применяемого метода) – мягкий материал низкой плотности и твердый, более жесткий материал высокой плотности. Полиэтилен имеет **относительную молекулярную массу*** от 10 000 до 40 000 и используется для производства многих вещей, например полиэтиленовых сумок (мягкий тип), раковин для мытья посуды (жесткий тип).

Акрил

Называется также **полиметилметакрилатом**.

Гомополимер, получаемый **полиприсоединением**. Он часто используется как заменитель стекла.

Метилметакрилат, мономер акрила



Акрил используется для изготовления указателей.



Поливинилхлорид (ПВХ), или полихлорвинил, поли(хлорэтилен)

Износостойкий **гомополимер**, применяемый для производства многих вещей, например, бутылок и перчаток. (См. также **полиприсоединение**, рисунок на с. 86.)

Покрывало из **ПВХ** делает эту подводную видеосъемку водонепроницаемой.



* Биodeградация, 96; Вулканизация, 117; Глюкоза, 90; Диамин, 81; Дикарбоновые кислоты, 81; Диолы, 83 (Многоатомные спирты); Карбоксильная группа, 81 (Карбоновые кислоты); Латекс, 117; Нефть, 84; Относительная молекулярная масса, 24; Сложные эфиры, 81; Функциональная группа, 76; Этилен, 79.

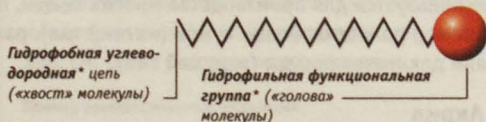
ДЕТЕРГЕНТЫ

Детергенты — это вещества, которые при добавлении к воде придают ей способность удалять грязь. Это достигается тремя путями: понижением **поверхностного натяжения*** воды, так что она равномерно растекается, а не образует капли, созданием условий для растворения жира в воде, а также удержанием удаленной грязи во взвешенном состоянии. **Мыло** является одним из видов детергентов, но существует также много **безмыльных детергентов**.

Молекула детергента

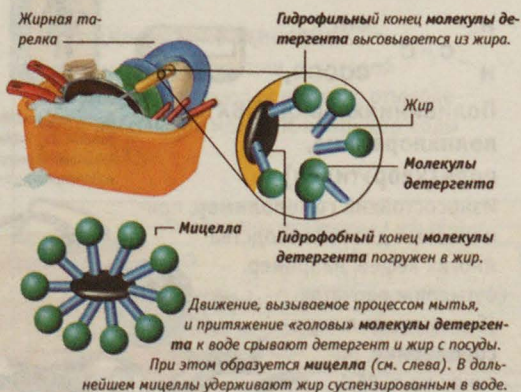
Большая молекула, состоящая из длинной **углеводородной*** цепи с **функциональной группой*** на одном конце (делающей этот конец молекулы **полярным***). **Неполярная** цепь является **гидрофобной** (отталкивается водой), а полярный конец является **гидрофильным** (притягивается к воде). В воде эти молекулы собираются в группы, образуя **мицеллы**.

Простое изображение молекулы детергента



Мицелла

Сферическая группировка **молекул детергента** в воде. Масла и жиры растворяются в **гидрофобном** центре мицеллы. На рисунке ниже изображено, как мицеллы жидкости для мытья посуды удаляют жир.



Мыло

Тип детергента. Это натриевая или калиевая **соль*** длинноцепочечной **карбоновой кислоты***, такой как октадекановая кислота (см. уравнение внизу страницы). Его производят с помощью реакции животных жиров или растительных масел (**сложных эфиров***) с раствором гидроксида натрия или калия (мыло, сделанное с гидроксидом калия, мягче). Этот процесс называется **омылением**. В воде молекулы мыла образуют **мицеллы**. В **жесткой воде*** мыло образует пену, а **безмыльные детергенты** — нет.

Омыление (производство мыла)

Отмеренные количества **жиров*** и растворов гидроксидов натрия или калия непрерывно подаются в большую, полую, похожую на колонну конструкцию. Колонна находится при высокой температуре и давлении.

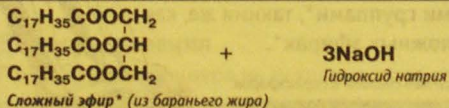


Образуются **мыло** и глицерин, и затем смесь растворяется в соленой воде.

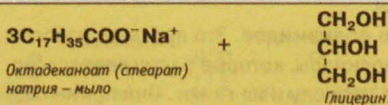


Заключительной частью процесса является **шлифовка**, или **доводка** мыла. Все непроореагировавшие длинноцепочечные **карбоновые кислоты*** **нейтрализуются*** щелочью, и концентрация соли регулируется. Затем смесь центрифугируют для отделения мыла.

Уравнение омыления



Омыление

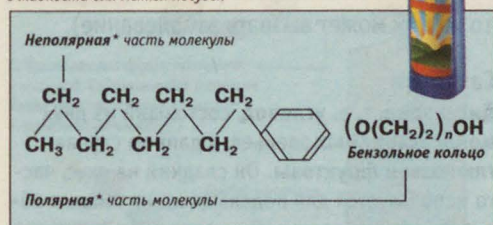


Все молекулы **мыла** являются натриевыми или калиевыми **солями*** длинноцепочечных **карбоновых кислот***. В данном примере мыло является солью **октадекановой (стеариновой) кислоты**.

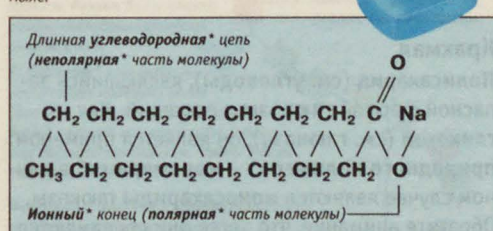
Безмыльные детергенты, или синтетические детергенты

Разновидности детергентов, производимых из побочных продуктов **переработки нефти***. Они используются для производства многих продуктов, включая **стиральные порошки**, шампуни и кондиционеры для волос, и обычно называются просто детергентами. Безмыльные детергенты не образуют пены в **жесткой воде*** и мылятся лучше, чем **мыла**. Если они не подвергаются **биodeградации***, то загрязняют реки.

Пример молекулы **безмыльного детергента**, не содержащей **ионной*** части, — применяется в жидкости для мытья посуды.



Пример молекулы **ионного*** безмыльного детергента — используется в хозяйственном мыле.



Стиральные порошки

Мыльные или **безмыльные детергенты**, применяемые для стирки. Они лучше для тканей, чем просто вода, так как облегчают удаление грязи. Существует два основных типа стиральных порошков — используемые при ручной стирке (обычно мыльные порошки) и используемые в стиральных машинах. Последние обычно являются безмыльными детергентами с добавками других веществ для снижения пенообразования и улучшения внешнего вида ткани. Когда они содержат еще и **ферменты***, они называются **биологическими стиральными порошками** или **ферментативными детергентами**. Ферменты помогают расщеплять **белки*** и разрыхляют грязь.

Биоразрушимые детергенты

Безмыльные детергенты, которые разрушаются бактериями (см. **биodeградация**, с. 96). Пена от **небиоразрушимых детергентов** не может быть разрушена и покрывает воду, лишая жизнь кислорода.

Небиоразрушимые детергенты убивают существа, живущие в воде, так как останавливают растворение в воде кислорода.

Поверхностно-активные вещества, или сурфактанты

Вещества, понижающие **поверхностное натяжение** воды. Вследствие этого свойства детергенты, наряду с удалением грязи, используют и в других целях (см. примеры ниже).

В консистентных смазках **сурфактанты** применяются для улучшения застывания.

Краски содержат **сурфактанты** для гарантии того, что пигмент в ней перемешан равномерно и что краска дает гладкую поверхность и не собирается в капли.

Сурфактанты добавляют в косметические препараты, чтобы сделать покрытие лица пудрой хорошим и равномерным. Они также гарантируют, что косметические кремы хорошо смешиваются с водой и загустевают должным образом.

* Белки, 91; Бензольное кольцо, 76 (Ароматические соединения); Жесткая вода, 93; Ионное соединение, 17; Неполярная молекула, 19 (Полярная молекула); Переработка нефти, 84; Поверхностное натяжение, 117; Углеводороды, 76; Фермент, 47.

ПИЩА

Для того чтобы жить и расти, живые организмы нуждаются в некотором количестве различных веществ. В их число входят **питательные вещества** – **углеводы**, **белки** и **жиры** (см. **липиды**), – которые все являются **органическими соединениями***, производимыми путем **фотосинтеза*** растений и потребляемыми животными. Важными являются также **дополнительные пищевые продукты** – вода и **минеральные вещества**, нужные как растениям, так и животным, и **витамины**, необходимые только животным. Многим животным необходим также **грубый корм**, или **волокна**, помогающие движению пищи через кишечник. Разным животным для здорового питания необходимы разные количества этих веществ (неправильное количество какого-то из них может вызвать заболевание).

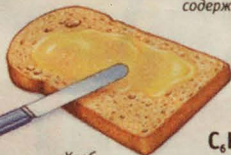
Углеводы

Органические соединения* разной сложности – самыми сложными, состоящими из множества индивидуальных звеньев, являются **полисахариды** (например, **крахмал**), а простейшими, состоящими всего из одного звена, являются **моносахариды**. Все они имеют **общую формулу*** $C_n(H_2O)_n$. Почти все живые организмы используют моносахарид **глюкозу** как источник энергии.



Сахар

Эти продукты содержат углеводы.



Хлеб



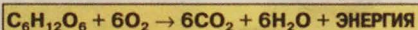
Макароны



Чипсы

Глюкоза
Моносахарид (см. **углеводы**) с **молекулярной формулой*** $C_6H_{12}O_6$, расщепление которого поставляет энергию растениям и животным. Растения путем **фотосинтеза*** производят собственную глюкозу, сохраняя ее в виде **крахмала**, пока она не потребуется. Животные потребляют многие формы углеводов, расщепляя сложные углеводы до глюкозы и запасая ее в виде **полисахарида** (см. **углеводы**) **гликогена**.

Упрощенное уравнение, показывающее энергию, высвобождающуюся при расщеплении глюкозы в организме



Глюкоза	Кислород,	Диоксид	Вода	(измеренная
	потребляемый	углерода		в кДж)
	при дыхании			

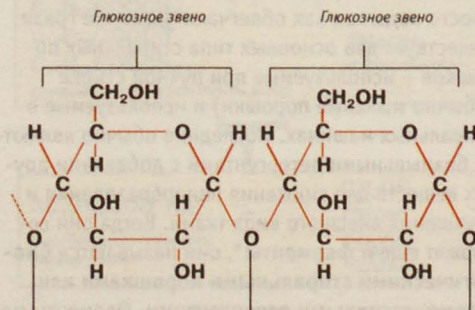
Сахароза

Дисахарид т. е. **углевод**, состоящий из двух **моносахаридных** звеньев, в данном случае **глюкозы** и **фруктозы**. Он сладкий на вкус, часто используется для подслащивания пищи и общеизвестен как сахар. Он имеет **молекулярную формулу*** $C_{12}H_{22}O_{11}$ и производится из сахарного тростника и сахарной свеклы.

Крахмал

Полисахарид (см. **углеводы**), являющийся запасной формой **глюкозы** у растений. Как и **гликоген** (см. **глюкоза**), он является примером **природного полимера*** – **мономерами*** в данном случае являются **моносахариды** глюкозы. Обратите внимание, что когда они соединяются, то на каждую связь образуется молекула воды (см. **поликонденсация**, с. 86).

Часть молекулы крахмала



Перед связыванием на этом месте в каждой молекуле была OH-группа. H₂O образовалась и была «потеряна» в растительную ткань.

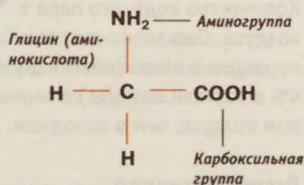
* Молекулярная формула, 26; Мономеры, 86; Общая формула, 77 (Гомологический ряд); Органические соединения, 76; Полимер, 86; Природные полимеры, 87; Фотосинтез, 95.

Аминокислоты

Соединения, молекулы которых содержат атом углерода, связанный с карбоксильной группой* ($-\text{COOH}$) и с аминогруппой* ($-\text{NH}_2$).

Белки состоят из аминокислот.

Существует около 20 разных природных аминокислот, входящих в состав белков. Все они содержат аминогруппу* и карбоксильную группу*.



Как белки расщепляются в организме

Арахис содержит много белка, поэтому он очень питателен.

1. Прожеванный арахис попадает в пищевод. Содержащийся в арахисе белок переваривается в желудке и тонком кишечнике.

2. Эта цепочка изображает частичную последовательность аминокислотных звеньев (мономеров*) в белке арахиса. Разные белки имеют разную последовательность аминокислот.

3. Фермент* в желудке расщепляет молекулы белка (длинные цепи, называемые полипептидами) на более короткие цепи (однако еще достаточно длинные, чтобы также называться полипептидами).

Ферменты* являются катализаторами*, ускоряющими реакции в организме.

4. Фермент в тонком кишечнике расщепляет полипептидные молекулы на молекулы, состоящие из двух аминокислот (дипептиды), или отдельные аминокислоты.

5. Теперь молекулы аминокислот могут быть усвоены организмом.

6. Определенные ферменты в организме производят новые белки, соединяя аминокислоты друг с другом.

7. Порядок аминокислотных мономеров новой белковой цепи определяет тип белка. В мышцах этого танцора содержится значительное количество белков актина и миозина.

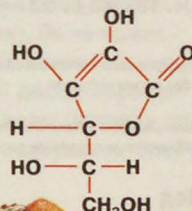
Белки

Природные полимеры*, состоящие из большого числа аминокислотных мономеров*, связанных между собой. **Относительные молекулярные массы*** белков варьируют от 20 000 до нескольких миллионов. Белки содержатся в основном в мясе, молочных продуктах, орехах, крупах, яйцах и бобах. Белки необходимы животным для роста и обновления тканей.

Витамины

Органические соединения, содержащиеся в пище в небольших количествах. Они являются необходимой частью в питании всех животных. Они необходимы для того, чтобы ферменты* катализировали* химические реакции в организме.

Пример витамина – витамин С, называемый также аскорбиновой кислотой

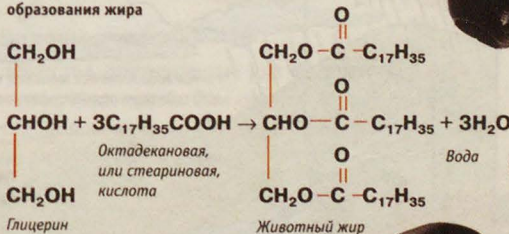


Люди, потребляющие с пищей недостаточно витамина С, заболевают цингой. Основными его источниками являются цитрусовые и овощи.

Липиды

Группа сложных эфиров*, включающая жиры и воски, содержащиеся в живых тканях (жиры – резервный источник энергии в организме). Нерастворимые в воде, но растворимые в органических растворителях*, они в большинстве являются твердыми или полутвердыми веществами и состоят из насыщенных* карбоновых кислот*, хотя меньшая группа, масла, – жидкости и состоят в основном из ненасыщенных* карбоновых кислот.

Пример реакции образования жира



Маслины содержат масло, имеющее высокую долю ненасыщенных* жирных кислот, таких как олеиновая и линолевая кислоты. Применяется в кулинарии.

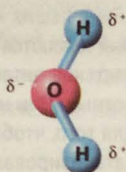
* Аминогруппа, 81 (Первичные амины); Карбоксильная группа, 81 (Карбоновые кислоты); Катализ, 47 (Катализатор); Мономеры, 86; Насыщенные соединения, 77; Ненасыщенные соединения, 77; Органический растворитель, 117; Относительная молекулярная масса, 24; Природные полимеры, 87; Сложные эфиры, 81; Фермент, 47.

ВОДА

Вода H_2O является самым важным соединением на Земле. Она находится на поверхности и в атмосфере, присутствует в растениях и животных. Огромные количества воды ежедневно используются в быту и в промышленности, например в производстве и как **охладитель** на химических заводах и электростанциях. Вода обычно содержит некоторое количество растворенных газов, **солей*** и **загрязнителей***. См. также с. 53.

Молекула воды содержит один атом кислорода и два атома водорода.

Молекула воды является **полярной***, что делает воду хорошим **полярным растворителем***.



Лед

Твердая форма воды. Он имеет **молекулярную решетку***, в которой молекулы более удалены друг от друга, чем в воде. Это обусловлено **водородными связями*** и приводит к тому, что лед имеет меньшую плотность, чем вода, и что вода при замерзании расширяется.



Кубик льда — твердой формы воды

Круговорот воды

Постоянная циркуляция воды в воздухе, реках и морях.

Дождевая вода является относительно чистой, но может содержать некоторое количество растворенных газов, например диоксида углерода и диоксида серы (что может вызывать **кислотные дожди***).



Атмосферная вода

Влажность

Количество водяного пара в воздухе. Оно зависит от температуры и выше (вплоть до 4% в составе воздуха) в теплом воздухе, чем в холодном.



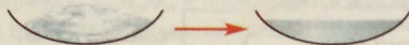
Более 70% поверхности Земли покрыто водой.

Гигроскопичное

Характеризует вещество, способное поглощать водяной пар в количестве до 70% собственной массы. Такие вещества становятся влажными, но не растворяются. Примером гигроскопичного вещества является хлорид натрия.

Расплывающееся

Характеризует вещество, которое поглощает водяной пар из воздуха и растворяется в нем, образуя **концентрированный*** раствор.



Хлорид кальция, оставленный открытым на воздухе, поглощает водяной пар и образует **концентрированный*** раствор.

Выветривающееся

Характеризует кристаллическое вещество, которое отдает часть своей **кристаллизационной воды*** в воздух. На его поверхности образуется порошкообразный налет.

На кристаллах карбоната натрия образовался белый порошок.



* Кристаллизационная вода, 21; Водородная связь, 20; Горение, 94; Загрязнители, 96; Испарение, 7; Кислотный дождь, 96; Конденсация, 7; Концентрированный (раствор), 30; Молекулярная решетка, 23; Охладитель, 116; Полярная молекула, 19; Полярный растворитель, 30; Соли, 39.

Водоснабжение

Дистиллированная вода

Вода, из которой путем **перегонки*** удалены **соли***. Она очень чистая, но может содержать некоторое количество растворенных газов.

Опреснение

Обработка морской воды для удаления растворенных **солей***. Осуществляется с помощью **перегонки*** или **ионного обмена**.

Очистка

Обработка воды для удаления бактерий и других вредных веществ и получения воды, пригодной для питья.



На установке для хлорирования в воде растворяют озон и соединения хлора, чтобы убить бактерии, а затем удаляют их.

Питьевая вода

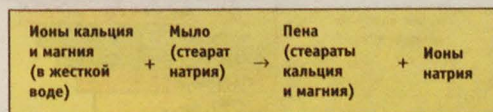
Жесткая вода

Вода, содержащая **соли*** кальция и магния, растворившиеся в ней из горных пород, через которые она протекала (см. **кальций**, с. 57). Вода, не содержащая этих солей, называется **мягкой водой**. Существует два типа жесткости воды – **временная жесткость**, которую устранить сравнительно легко, и **постоянная жесткость**, которую устранить труднее. С мылом жесткая вода не мылится и образует **пену**. Мягкая вода мылится легче, поскольку она не реагирует с мылом, и не образует пену.



Типы минеральных веществ в воде зависят от того, через какие породы она протекала.

Уравнение образования пены



Временная жесткость

Тип жесткости воды, вызванный растворенной в воде **солью*** – гидрокарбонатом кальция. Он может быть удален кипячением с образованием нерастворимого белого твердого вещества (карбонат кальция, или **накипь**).



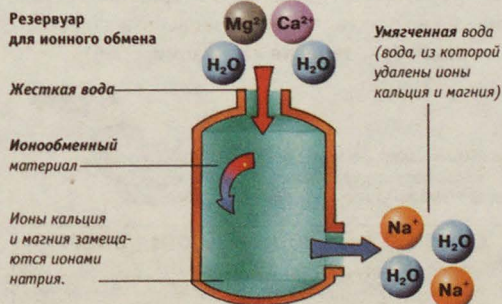
В чайниках, в которых кипятят жесткую воду, образуется накипь.

Постоянная жесткость

Более тяжелый тип жесткости воды, вызванный растворенными в воде **солями** кальция и магния (сульфатами и хлоридами). Он не может быть устранен кипячением, но может быть устранен **перегонкой*** (дающей **дистиллированную воду**) или **умягчением воды** (ионным обменом или использованием **водоумягчителей**).

Ионный обмен

Метод **умягчения воды** (см. **постоянная жесткость**). Вода пропускается через материал, такой как **цеолит** (алюмосиликат натрия), который удаляет ионы кальция и магния и замещает их ионами натрия. Некоторые органические **полимеры*** также используются как ионообменные материалы.



Водоумягчители

Вещества, применяемые для устранения **постоянной жесткости**. Они реагируют с солями кальция и магния, образуя соединения, которые не реагируют с мылом.

Стиральная сода

Обиходное название **гидрата*** карбоната натрия (см. также с. 55). Он применяется как бытовой **водоумягчитель**.



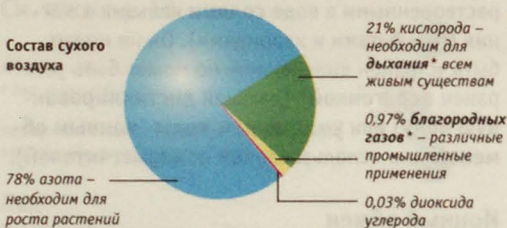
Кристаллы* стиральной соды.

* Гидрат, 40; Кристаллы, 21; Перегонка, 106; Полимеры, 86; Соли, 39.

ВОЗДУХ И ГОРЕНИЕ

Воздух представляет собой смесь газов, включающую кислород, диоксид углерода и азот, которая окружает Землю и является необходимой для всех форм жизни. Эти газы могут быть разделены путем **фракционной перегонки жидкого воздуха*** и используются как сырье в промышленности. Воздух также содержит небольшие количества **благородных газов** и водяного пара, а в некоторых районах может содержать **загрязнители***.

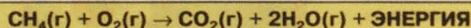
Состав сухого воздуха



Сгорание, или горение

Экзотермическая реакция* между веществом и газом. Горение обычно происходит в воздухе, когда вещество, которое горит, соединяется с кислородом: Однако вещества могут гореть также и в других газах, например в хлоре. Обычно горение не возникает самопроизвольно, а запускается нагревом (см. **энергия активации**, с. 46).

В газовых плитах, давая тепло для приготовления пищи, горит **природный газ*** (в основном метан).



Метан Кислород Диоксид Водяной для приго-
воздуха углерода пар товления пищи

Быстрое сгорание

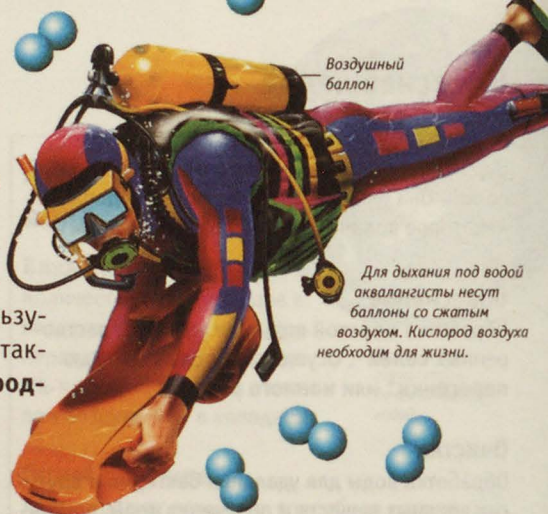
Сгорание, при котором выделяется большое количество тепловой и световой энергии.

Быстрое сгорание может приводить к образованию, наряду с теплом, большого объема газа, что вызывает взрыв.



Медленное сгорание

Форма **сгорания**, имеющая место при низкой температуре и без возникновения пламени. **Внутреннее дыхание** (см. с. 95) является формой медленного сгорания.



Пламя

Возникающая при быстром сгорании смесь раскаленных газов.

Несветящееся пламя образуется, если кислорода достаточно для того, чтобы все вещество сгорело.

Отверстие для воздуха открыто



Несгоревший газ

Если кислорода недостаточно для полного сгорания, образуется **светящееся пламя**.

Отверстие для воздуха закрыто

Раскаленные частицы несгоревшего углерода



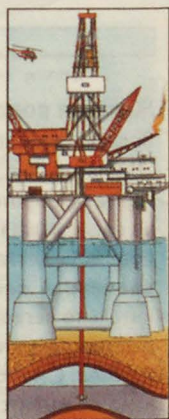
Топливо

Вещество, сжигаемое для получения тепловой энергии. Большинство применяемых сегодня топлив — это **ископаемые топлива**, которые образовались из остатков доисторической животной и растительной жизни.

Дрова являются древнейшим известным топливом.



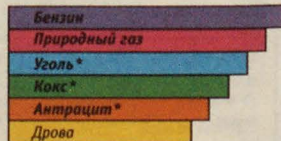
Ископаемые топлива, такие как **природный газ*** и **нефть***, извлекаются глубоко из-под земли.



Теплотворная способность

Количество тепловой энергии, производимой определенным количеством **топлива**. На диаграмме ниже показаны сравнительные значения для некоторых обычных топлив.

Тепловая энергия в килоджоулях на грамм



* Антрацит, 65 (Уголь); Бензин, 85; Благородные газы, 75; Загрязнители, 96; Килоджоуль, 32; Кокс, 65 (Уголь); Нефть, 84; Природный газ, 78 (Метан); Уголь, 65; Фракционная перегонка жидкого воздуха, 69; Экзотермическая реакция, 32.

Коррозия

Реакция между металлом и газами в воздухе. Металл **окисляется***, образуя на поверхности слой оксида, обычно ослабляющий металл, но в некоторых случаях формирующий защитную оболочку против дальнейшей коррозии. Коррозию можно предотвратить, не давая кислороду достигать металла или предотвращая потерю металлом электронов (см. **протекторная защита**, с. 45). Коррозия железа называется **ржавлением** (см. **ржавчина**, с. 60).

Внутреннее дыхание

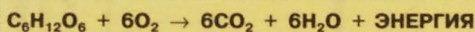
Форма **медленного сгорания** у растений и животных. Оно производит энергию за счет реакции **глюкозы** с кислородом. Химически оно противоположно **фотосинтезу**.

Диоксид углерода выделяется в воздух

Кислород из воздуха

Пища

Глюкоза* из пищи реагирует с кислородом.



Энергия образуется в результате реакции глюкозы с кислородом

Фотосинтез

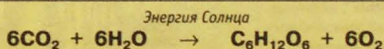
Фотохимическая реакция* у зеленых растений. Она включает производство **глюкозы*** из диоксида углерода и воды с использованием энергии солнечного света. Фотосинтез химически противоположен **внутреннему дыханию** и необходим для существования жизни на Земле.

Диоксид углерода

Кислород

Энергия Солнца

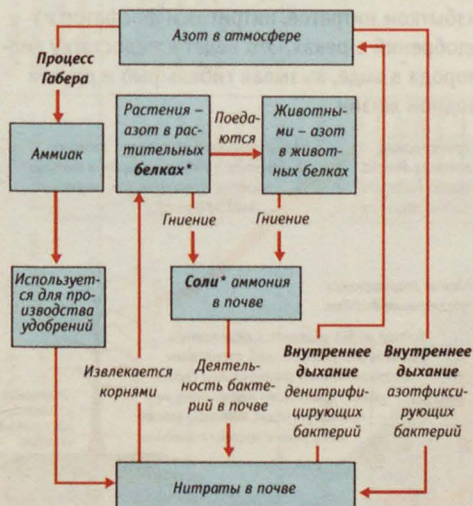
Вода



Диоксид углерода реагирует с водой, образуя глюкозу.

Круговорот азота

Постоянная циркуляция азота между воздухом, животными, растениями и почвой.



Круговорот углерода

Постоянная циркуляция углерода между воздухом, животными, растениями и почвой.



* Белки, 91; Нефть, 84; Окисление, 34; Процесс Габера, 66; Соли, 39; Углеводы, 90; Уголь, 65; Фотохимическая реакция, 46.

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ



Загрязнение окружающей среды – это попадание в землю, в атмосферу, реки и океаны нежелательных веществ, нарушающих природные процессы на Земле. Эти вещества известны как **загрязнители**. Основные источники и типы загрязнения показаны ниже.

Биодеградация

Превращение вещества бактериями в более простые соединения. Многие пластмассы не подвергаются биодеградации (см. также **биоразрушимые детергенты**, с. 89).

Смог

Туман, смешанный с пылью и копотью. Он является кислотным из-за диоксида серы, образующегося при сжигании **топлив*** в промышленных городах.



Кислотный дождь

Более кислая, чем обычно, дождевая вода. В норме дождевая вода имеет **pH*** между 5 и 6 из-за растворенного диоксида углерода, образующего разбавленную угольную кислоту. Диоксид серы и оксиды азота, продукты сгорания **топлив***, реагируют с водой в атмосфере, образуя сернистую и азотистую кислоты с **pH** около 3.

Парниковый эффект

Улавливание солнечной энергии в атмосфере диоксидом углерода, вызывающее рост температуры. Сжигание углеродсодержащих **топлив*** создает добавочный диоксид углерода, ухудшая ситуацию.

Разрушение озона

Утончение слоя газообразного **озона*** в верхней атмосфере, защищающего Землю от вредного ультрафиолетового излучения Солнца. Считается, что это явление ускоряется хлором, действующим как **катализатор*** для расщепления озона до кислорода. Хлор поступает от разложения **хлорофтороуглеродов***, химических соединений, применяемых как пропелленты в аэрозолях, в качестве **хладагентов*** в холодильниках и в производстве **полистирола***. Для снижения производства и применения хлорофтороуглеродов были предприняты международные действия, но многие ученые считают, что можно сделать больше.

Тепловое загрязнение

Следствие попадания теплой воды с предприятий и электростанций в реки и озера. Это вызывает снижение уровня растворенного в воде кислорода и влияет на водную жизнь.

Эвтрофикация

Чрезмерный рост водных растений, вызванный избытком нитратов, нитритов и фосфатов из удобрений в реках. Это ведет к недостатку кислорода в воде, вызывая гибель рыб и другой водной жизни.



РЯД АКТИВНОСТИ

(представлены десять металлов — см. также с. 44)

Металл	Символ	Реакция с воздухом	Реакция с водой	Реакция с разбавленными сильными кислотами	Реакции вытеснения	Реакция углерода с оксидом	Реакция водорода с оксидом	Действие нагревания на оксид	Действие нагревания на карбонат	Действие нагревания на нитрат	Символ
Калий	K	Бурно горят, образуя оксиды	Реагируют с холодной водой с образованием газообразного водорода и гидроксидов. Гидроксиды растворяются в воде, образуя раствор щелочи. При движении вниз по ряду реагируют с убывающей энергией.	Взрывная реакция, дающая газобразный водород и раствор соли*	Все металлы вытесняют из растворов ионы металлов, расположенных ниже в ряду	Оксид восстанавливается до металла с возрастающей легкостью при движении вниз по ряду. Образуется диоксид углерода.	Оксид восстанавливается до металла с возрастающей легкостью при движении вниз по ряду. Образуется диоксид углерода.	Не реагируют	Не реагируют	Разлагаются, образуя нитрит и кислород	K
Натрий	Na										Na
Кальций	Ca				Все металлы вытесняют из растворов ионы металлов, расположенных ниже в ряду	Не реагируют	Не реагируют	Не реагируют	Не реагируют	Не реагируют	Ca
Магний	Mg										Mg
Алюминий	Al	Горят при нагревании, образуя оксиды. При движении по ряду вниз горят все менее энергично	Не реагируют с холодной водой. Реагируют с паром, образуя газообразный водород и оксид. При движении вниз по ряду реагируют с убывающей энергией.	Реагируют, давая газобразный водород и раствор соли*, с убывающей энергией при движении вниз по ряду	Все металлы вытесняют из растворов ионы металлов, расположенных ниже в ряду	Оксид восстанавливается до металла с возрастающей легкостью при движении вниз по ряду. Образуется диоксид углерода.	Оксид восстанавливается до металла с возрастающей легкостью при движении вниз по ряду. Образуется диоксид углерода.	Не реагируют	Не реагируют	Разлагаются, образуя оксид и диоксид углерода и диоксид азота	Al
Цинк	Zn										Zn
Железо	Fe				Все металлы вытесняют из растворов ионы металлов, расположенных ниже в ряду	Оксид восстанавливается до металла с возрастающей легкостью при движении вниз по ряду. Образуется диоксид углерода.	Оксид восстанавливается до металла с возрастающей легкостью при движении вниз по ряду. Образуется диоксид углерода.	Не реагируют	Не реагируют	Разлагаются, образуя оксид и диоксид азота	Fe
Свинец	Pb	Не горят при нагревании, но образуют на поверхности оксидный слой	Не реагируют	Не реагируют							Pb
Медь	Cu				Все металлы вытесняют из растворов ионы металлов, расположенных ниже в ряду	Оксид восстанавливается до металла с возрастающей легкостью при движении вниз по ряду. Образуется диоксид углерода.	Оксид восстанавливается до металла с возрастающей легкостью при движении вниз по ряду. Образуется диоксид углерода.	Не реагируют	Не реагируют	Разлагаются, образуя оксид и диоксид азота	Cu
Серебро	Ag	Не реагирует									Ag

* Восстановление, 34; Вытеснение, 44; Сильная кислота, 38; Соли, 39.

СВОЙСТВА ЭЛЕМЕНТОВ

Ниже расположена таблица, дающая информацию о физических свойствах элементов **периодической таблицы** (см. с. 50–51). Последние восемь элементов (атомные номера* 96–103 – см. символы и названия на с. 51 и 112–113) не включены, так как о них очень мало известно – все они получены в специальных лабораторных условиях и существуют только доли секунды. Все значения плотности даются при комнатной температуре, за исключением газов (отмечены †), для которых плотность измерялась в точке кипения. Прочерк (–) в любом месте таблицы означает, что данные отсутствуют.

Элемент	Символ	Атомный номер	Приближенная относительная атомная масса	Плотность (г·см ⁻³)	Точка плавления (°C) (скобки означают приближенное значение)	Точка кипения (°C)
Азот	N	7	14	0,808†	-210	-196
Актиний	Ac	89	227	10,1	1050	3200
Алюминий	Al	13	27	2,7	660	2470
Америций	Am	95	243	11,7	(1200)	(2600)
Аргон	Ar	18	40	1,4†	-189	-186
Астат	At	85	210	–	(302)	–
Барий	Ba	56	137	3,51	714	1640
Бериллий	Be	4	9	1,85	1280	2477
Бор	B	5	11	2,34	2300	3930
Бром	Br	35	80	3,12	-7,2	58,8
Ванадий	V	23	51	5,96	1900	3000
Висмут	Bi	83	209	9,78	271	1560
Водород	H	1	1	0,07†	-259	-252
Вольфрам	W	74	184	19,3	3410	5930
Гадолиний	Gd	64	157	7,95	1310	3000
Галлий	Ga	31	70	5,93	29,8	2400
Гафний	Hf	72	178,5	13,3	2220	5400
Гелий	He	2	4	0,147†	-270	-269
Германий	Ge	32	73	5,4	937	2830
Гольмий	Ho	67	165	8,8	1460	2600
Диспрозий	Dy	66	162	8,56	1410	2600
Европий	Eu	63	152	5,24	826	1440
Железо	Fe	26	56	7,85	1535	3000
Золото	Au	79	197	19,3	1063	2970
Индий	In	49	115	7,3	157	2000
Иридий	Ir	77	192	22,4	2440	5300
Иттербий	Yb	70	173	6,98	824	1430
Иттрий	Y	39	89	4,34	1500	2930
Йод	I	53	127	4,93	114	184
Кадмий	Cd	48	112	8,65	321	765
Калий	K	19	39	0,86	63,7	774
Кальций	Ca	20	40	1,54	850	1487
Кислород	O	8	16	1,15†	-218	-183
Кобальт	Co	27	59	8,7	1492	2900
Кремний	Si	14	28	2,35	1410	2360
Криптон	Kr	36	84	2,16†	-157	-152
Ксенон	Xe	54	131	3,52†	-112	-108
Лантан	La	57	139	6,19	920	3470
Литий	Li	3	7	0,53	180	1330
Лютеций	Lu	71	175	9,84	1650	3330
Магний	Mg	12	24	1,74	650	1100
Марганец	Mn	25	55	7,2	1240	2100
Медь	Cu	29	64	8,89	1083	2595
Молибден	Mo	42	96	10,1	2610	5560
Мышьяк	As	33	75	5,73	–	613 (возгоняется*)

Элемент	Символ	Атомный номер	Приближенная относительная атомная масса	Плотность (г·см ⁻³)	Точка плавления (°C) (скобки означают приближенное значение)	Точка кипения (°C)
Натрий	Na	11	23	0,97	97,8	890
Неодим	Nd	60	144	7,0	1020	3030
Неон	Ne	10	20	1,2†	-249	-246
Нептуний	Np	93	237	20,4	640	—
Никель	Ni	28	59	8,8	1453	2730
Ниобий	Nb	41	93	8,57	2470	3300
Олово	Sn	50	119	7,3	232	2270
Осмий	Os	76	190	22,5	3000	5000
Палладий	Pd	46	106	12,2	1550	3980
Платина	Pt	78	195	21,5	1769	4530
Плутоний	Pu	94	242	19,8	640	3240
Полоний	Po	84	210	9,4	254	960
Празеодим	Pr	59	141	6,78	935	3130
Прометий	Pm	61	147	—	1030	2730
Протактиний	Pa	91	231	15,4	1230	—
Радий	Ra	88	226	5	700	1140
Радон	Rn	86	222	4,4†	-71	-61,8
Рений	Re	75	186	20,5	3180	5630
Родий	Rh	45	103	12,4	1970	4500
Ртуть	Hg	80	201	13,6	-38,9	357
Рубидий	Rb	37	85	1,53	38,9	688
Рутений	Ru	44	101	12,3	2500	4900
Самарий	Sm	62	150	7,54	1070	1900
Свинец	Pb	82	207	11,3	327	1744
Селен	Se	34	79	4,79	217	685
Сера	S	16	32	2,07	113	444
				(ромбическая*)	(ромбическая)	
				1,96	119	444
				(моноклинная*)	(моноклинная*)	
				10,5	961	2210
Серебро	Ag	47	108	10,5	961	2210
Скандий	Sc	21	45	2,99	1540	2730
Стронций	Sr	38	88	2,62	768	1380
Сурьма	Sb	51	122	6,62	630	1380
Таллий	Tl	81	204	11,8	304	1460
Тантал	Ta	73	181	16,6	3000	5420
Теллур	Te	52	128	6,2	450	990
Тербий	Tb	65	159	8,27	1360	2800
Технеций	Tc	43	99	11,5	2200	3500
Титан	Ti	22	48	4,54	1675	3260
Торий	Th	90	232	11,7	1750	3850
Тулий	Tm	69	169	9,33	1540	1730
Углерод	C	6	12	2,25	3730	4830
				(графит*)	(возгоняется*)	
				3,51	при 1800 °C	—
				(алмаз*)	переходит в графит	
Уран	U	92	238	19,1	1130	3820
Фосфор	P	15	31	1,82	44,2	280
				(белый*)	(белый*)	
				2,34	590	(белый*)
				(красный*)	(красный*)	
				—	(27)	—
Франций	Fr	87	223	—	(27)	—
Фтор	F	9	19	1,11†	-220	-188
Хлор	Cl	17	35,5	1,56†	-101	-34,7
Хром	Cr	24	52	7,19	1890	2482
Цезий	Cs	55	133	1,9	28,7	690
Церий	Ce	58	140	6,78	795	3470
Цинк	Zn	30	65	7,1	420	907
Цирконий	Zr	40	91	6,49	1850	3580
Эрбий	Er	68	167	9,16	1500	2900

* Атомный номер, 13; Белый фосфор, 68 (Фосфор); Красный фосфор, 68 (Фосфор); Моноклинная сера, 70; Относительная атомная масса, 24; Ромбическая сера, 70.

Наименование простых органических соединений

Простые органические соединения* (имеющие одну функциональную группу* или вовсе не имеющие таковой) могут быть наименованы, следуя стадиям 1 и 2.

Таблица, представляющая приставки, используемые для обозначения числа атомов углерода в цепи

Число атомов углерода в цепи	Используемая приставка
Один	мет-
Два	эт-
Три	проп-
Четыре	бут-
Пять	пент-
Шесть	гекс-
Семь	гепт-
Восемь	окт-

Стадия 1

Выберите предложение от а) до и), которое описывает неидентифицированную молекулу, затем переходите к указанному номеру на стадии 2.

а) Молекула содержит только атомы углерода и водорода и только **одинарные связи**.*

Переходите к п. 1

б) Молекула содержит только атомы углерода и водорода и **двойную связь**.*

Переходите к п. 2

в) Молекула содержит только атомы углерода и водорода и **тройную связь**.*

Переходите к п. 3

г) Молекула содержит углерод, водород и **гидроксильную группу** (–ОН).

Переходите к п. 4

д) Молекула содержит углерод, водород и **–СНО-группу** на одном конце.

Переходите к п. 5

е) Молекула содержит углерод, водород и **карбонильную группу** (–СО–) между двумя углеродами в цепи.

Переходите к п. 6

ж) Молекула содержит углерод, водород и **карбоксильную группу** (–СООН).

Переходите к п. 7

з) Молекула содержит только углерод и водород, но имеет **боковую цепь***.

Переходите к п. 8

и) Молекула содержит углерод, водород и один или более атомов **галогенов***.

Переходите к п. 9

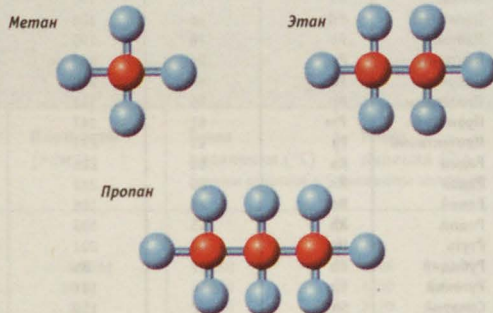
Обозначения атомов



Стадия 2

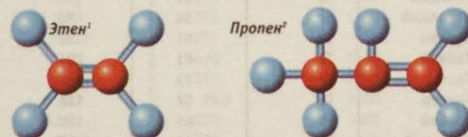
1. Название молекулы, содержащей только атомы углерода и водорода, соединенные **одинарными связями***, начинается с приставки, обозначающей число атомов углерода (см. таблицу слева), и оканчивается на **-ан**.

Например:



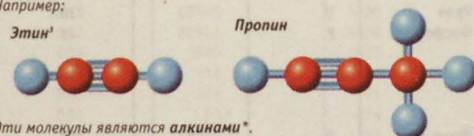
Все эти молекулы являются **алканами***.

2. Название молекулы, содержащей только атомы углерода и имеющей одну **двойную связь***, начинается с приставки, обозначающей число атомов углерода (см. таблицу слева), и оканчивается на **-ен**. Например:



Эти молекулы являются **алкенами***.

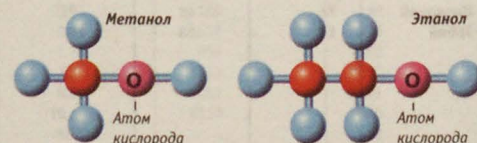
3. Название молекулы, содержащей только атомы углерода и водорода и имеющей одну **тройную связь***, начинается с приставки, обозначающей число атомов углерода (см. таблицу слева), и оканчивается на **-ин**. Например:



Эти молекулы являются **алкинами***.

4а. Название молекулы, содержащей только атомы углерода и водорода и одну **гидроксильную группу** (–ОН), начинается с приставки, обозначающей число атомов углерода (см. таблицу слева), и оканчивается на **-анол**.

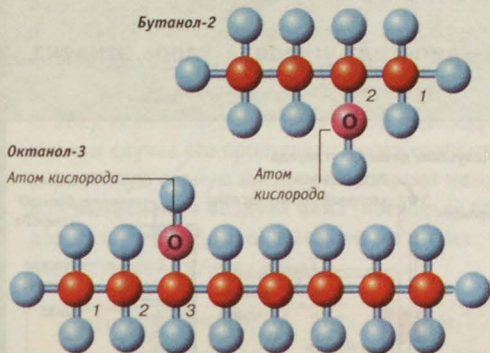
Например:



* Алканы, 78; Алкены, 79; Алкины, 80; Боковая цепь, 76; Галогены, 72; Двойная связь, 18; Одинарная связь, 18; Органические соединения, 76; Тройная связь, 18; Функциональная группа, 76.

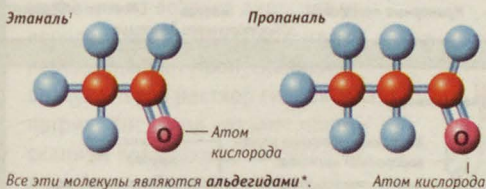
¹ Согласно рекомендациям ИЮПАК, предпочтительнее использование традиционного названия – 1 – **этилен**, 2 – **пропилен**, 3 – **ацетилен**. – Прим. перев.

46. Если $-OH$ -группа находится не на конце молекулы, то после названия указывается номер атома углерода, с которым она связана. Атомы углерода нумеруются, начиная с ближайшего к $-OH$ -группе конца молекулы. Например:



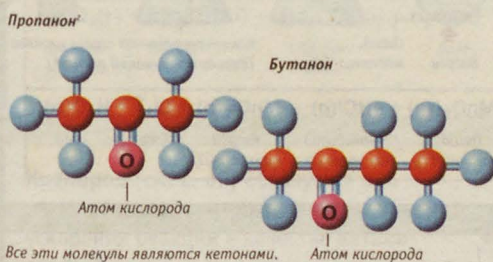
Все молекулы в п. 4а и 4б являются **спиртами***.

5. Название молекулы, содержащей только атомы углерода и водорода и имеющей $-CHO$ -группу, заканчивающую цепь, начинается с приставки, обозначающей число атомов углерода (см. таблицу на с. 100), и оканчивается на **-аналь**. Например:



Все эти молекулы являются **альдегидами***.

6. Название молекулы, содержащей только атомы углерода и водорода и имеющей **карбонильную группу** ($-CO-$) между концами углеродной цепи, начинается с приставки, обозначающей число атомов углерода (см. таблицу на с. 100), и оканчивается на **-анон**. Например:



Все эти молекулы являются **кетонами**.

7. Название молекулы, которая содержит только атомы углерода и водорода и одну **карбоксильную группу** ($-COOH$), начинается с приставки, обозначающей число атомов углерода (см. таблицу на стр. 100), и оканчивается на **-ановая кислота**. Например:



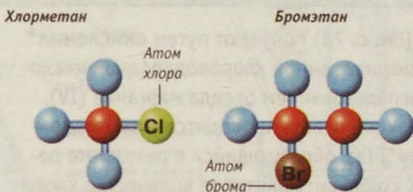
Все молекулы в п. 7 являются **карбоновыми кислотами***.

8. Название разветвленной молекулы начинается с названия отвления (**боковой цепи***). Если боковая цепь содержит только атомы углерода и водорода, ее название начинается с приставки, обозначающей число атомов углерода в ней (см. таблицу на с. 100), и заканчивается на **-ил**. После этого обычным способом называется главная цепь (см. п. 1). Например:

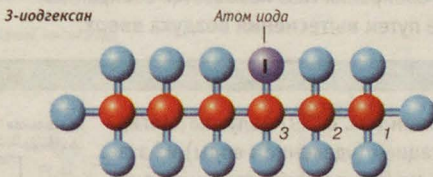


Цифра в начале названия обозначает номер атома в главной цепи, к которому присоединена боковая цепь. Атомы углерода всегда нумеруются с конца цепи, ближайшего к месту присоединения боковой цепи.

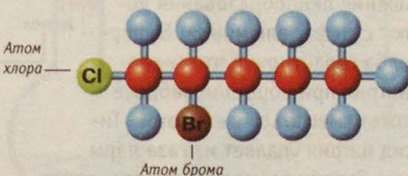
9. Название молекулы, содержащей атомы углерода, водорода и одного или нескольких **галогенов***, начинается с приставки, обозначающей галоген. Если молекула содержит несколько галогенов, они перечисляются в алфавитном порядке. Приставки для обозначения брома, иода, фтора и хлора будут соответственно **бром-, иод-, фтор- и хлор-**.



Окончание названия совпадает с тем, какое молекула имела бы, если все атомы галогенов заменить на атомы водорода (см. п. 1). В случае если молекула состоит более чем из трех и более атомов углерода или же содержит несколько атомов галогенов, название включает номера атомов углерода, с которыми связаны атомы галогенов. Атомы углерода нумеруются всегда с конца цепи, ближайшего к галогену (галогенам). Например:



2-бром-1-хлорпентан



Все молекулы в п. 9 являются **галогеналканами***.

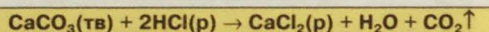
* Альдегиды, 80; Боковая цепь, 76; Галогеналканы, 81; Галогены, 72; Карбоновые кислоты, 81; Кетоны, 80; Общая формула, 77 (Гомологический ряд); Спирты, 82.

† Согласно рекомендации ИЮПАК, предпочтительнее использование традиционного названия – 1 – уксусный альдегид или ацетальдегид. 2 – ацетон, 3 – муравьиная кислота, 4 – уксусная кислота. – Прим. перев.

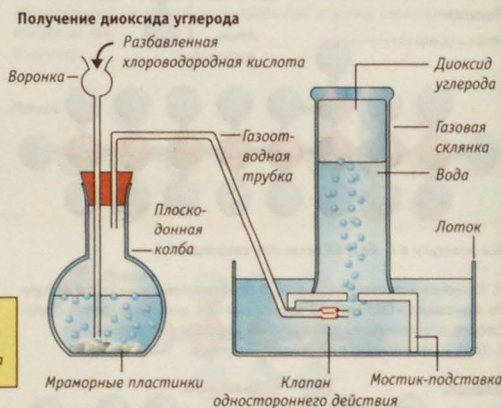
ЛАБОРАТОРНОЕ ПОЛУЧЕНИЕ ШЕСТИ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ГАЗОВ

Ниже описаны методы получения шести газов – диоксида углерода, хлора, этилена, водорода, азота и кислорода.

Диоксид углерода (см. с. 65) получают реакцией хлороводородной кислоты с карбонатом кальция (мраморными пластинками). Газовая склянка, наполненная водой, помещается на мостик-подставке над отверстием газоотводной трубки. Газ, образующийся в ходе реакции, выходит из газоотводной трубки и вытесняет воду из газовой склянки. Этот метод собирания газа называется собиранием газа **над водой**.

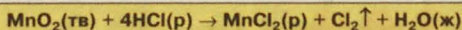
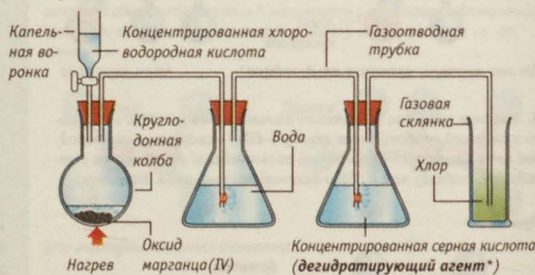


Карбонат кальция	Хлороводородная кислота	Хлорид кальция	Вода	Диоксид углерода
---------------------	----------------------------	-------------------	------	---------------------



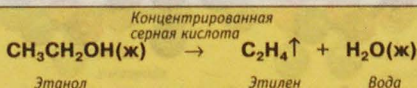
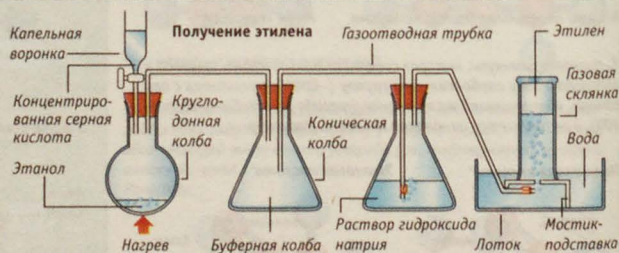
Хлор (см. с. 73) получают путем **окисления*** концентрированной хлороводородной кислоты с использованием оксида марганца (IV). Эта реакция всегда проводится в **вытяжном шкафу***. Газ, образующийся в результате реакции, содержит некоторое количество хлороводорода и воды. Хлороводород удаляется пропусканием потока газа сквозь воду, а воду удаляют пропусканием газа через концентрированную серную кислоту. Наконец, хлор собирают в газовую склянку. Он вытесняет из склянки воздух, так как тяжелее его. Этот метод собирания газа называется собиранием газа путем **вытеснения воздуха вверх**.

Получение хлора

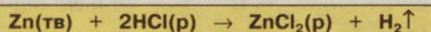


Оксид марганца(IV)	Хлороводородная кислота	Хлорид марганца(II)	Хлор	Вода
-----------------------	----------------------------	------------------------	------	------

Этилен (см. с. 79) получают дегидратацией (удалением воды) из этанола путем реакции его с концентрированной серной кислотой. Для уменьшения пенообразования добавляют сульфат алюминия. Буферная колба гарантирует, что гидроксид натрия при обратном забросе не сможет смешаться с кислотой. Гидроксид натрия удаляет из газа пары кислоты. Этилен собирают **над водой** (см. выше диоксид углерода).

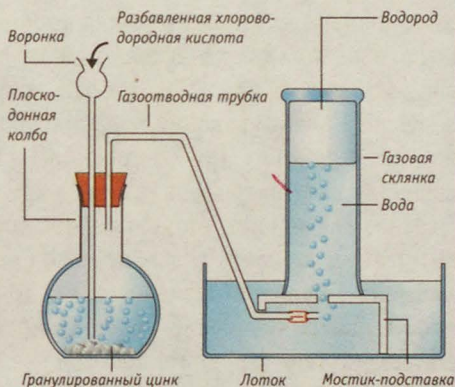


Водород (см. с. 53) получают реакцией хлороводородной кислоты с гранулированным цинком. Для ускорения реакции обычно добавляют немного сульфата меди(II). Водород собирают **над водой** (см. **диоксид углерода**, с. 102), если только не нужен сухой водород, в таком случае его пропускают через концентрированную серную кислоту и собирают методом **вытеснения воздуха вниз** (поскольку водород легче воздуха, он вытесливает его из перевернутой склянки вниз).



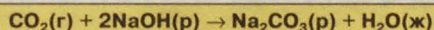
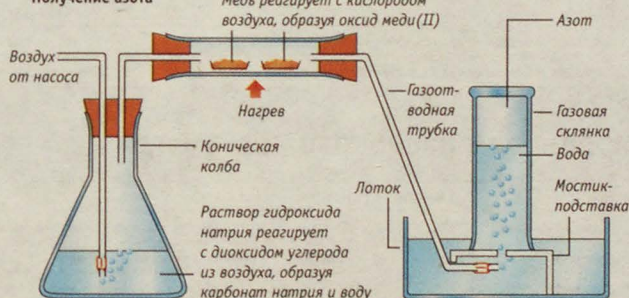
Цинк	Хлороводородная кислота	Хлорид цинка	Водород
------	-------------------------	--------------	---------

Получение водорода

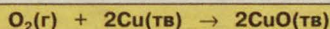


Азот (см. с. 66) получают путем удаления из воздуха диоксида углерода и кислорода. Диоксид углерода удаляют пропусканием воздуха через раствор гидроксид натрия. Кислород удаляют пропусканием воздуха над нагретой медью. Азот собирают **над водой** (см. **диоксид углерода**, с. 102). В азоте сохраняется остаток **благородных газов***.

Получение азота



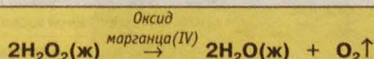
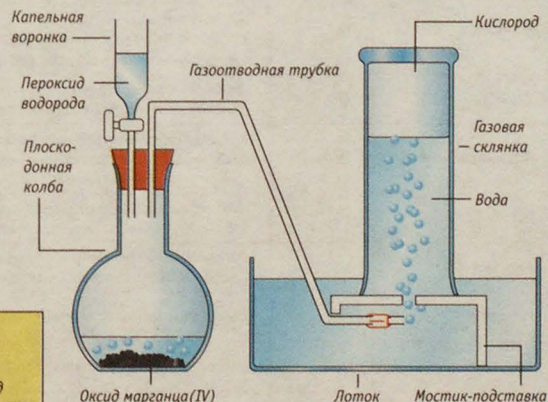
Диоксид углерода	Гидроксид натрия	Карбонат натрия	Вода
------------------	------------------	-----------------	------



Кислород	Медь	Оксид меди(II)
----------	------	----------------

Кислород (см. с. 69) образуется при разложении пероксида водорода. Для ускорения реакции в качестве **катализатора*** используется оксид марганца(IV). Газ собирается **над водой** (см. **диоксид углерода**, с. 102), если только он не должен быть сухим, в этом случае его пропускают через концентрированную серную кислоту и собирают **вытеснением воздуха вверх** (см. **хлор**, с. 102).

Получение кислорода



Пероксид водорода	Вода	Кислород
-------------------	------	----------

* Благородные газы, 75; Катализатор, 47.

ЛАБОРАТОРНЫЕ АНАЛИЗЫ

Для идентификации веществ используются разные анализы. Для некоторых нужна сложная аппаратура, другие являются простыми лабораторными пробами, и все они в совокупности известны как **качественный анализ**. Некоторые из более сложных методов анализа представлены на с. 108; эти две страницы охватывают простые лабораторные пробы, ведущие к идентификации воды, распространенных газов, некоторых **анионов*** и **катионов*** (т. е. компонентов соединений) и некоторых металлов. Часто ключ к идентификации вещества дают внешний вид или запах, но это должно быть подтверждено анализами. Если таких ключей нет, тогда это основание для проведения проб, постепенно исключающих возможные варианты (часто хорошей идеей является начать с **пробы на окрашивание пламени**). Для идентификации иона (аниона или катиона) часто нужно больше одной пробы, так как только одна специфическая комбинация результатов может подтвердить его присутствие (сравните пробы и результаты для **свинца, цинка и магния**).

Пробы на воду (H₂O)

Проба	Результаты
Добавьте к безводному* сульфату меди(II)	Белый порошок сульфата меди(II) становится синим
Добавьте к безводному* хлориду кобальта(II)	Синий хлорид кобальта(II) становится розовым

Пробы для распознавания газов

Газ	Символ	Проба	Результаты
Диоксид углерода	CO ₂	Пропустите через известковую воду (раствор гидроксида кальция)	Вызывает помутнение известковой воды
Водород	H ₂	Поместите в образец газа горящую лучину	Сгорает с хлопком
Кислород	O ₂	Поместите в образец газа тлеющую лучину	Лучина вспыхивает

Пробы на анионы*

Эти пробы используются для идентификации некоторых **анионов***, обнаруживаемых в соединениях.

Анион	Символ	Проба	Результаты
Бромид	Br ⁻	Добавьте к раствору вещества в разбавленной азотной кислоте раствор нитрата серебра.	Бледно-желтый осадок, немного растворяющийся в растворе аммиака.
Карбонат	CO ₃ ²⁻	а) Добавьте к веществу разбавленную хлороводородную кислоту. б) Попробуйте растворить вещество в воде, содержащей раствор универсального индикатора* .	а) Выделение газообразного CO ₂ . б) Если растворяется, то окрашивает индикатор в фиолетовый цвет (сравните с пробой на гидрокарбонат).
Хлорид	Cl ⁻	Добавьте к раствору вещества в разбавленной азотной кислоте раствор нитрата серебра.	Плотный белый осадок, растворимый в растворе аммиака.
Гидрокарбонат	HCO ₃ ⁻	а) Добавьте к веществу разбавленную хлороводородную кислоту. б) Попробуйте растворить вещество в воде, содержащей универсальный индикатор* .	а) Выделение газообразного CO ₂ . б) Растворяется и меняет окраску индикатора на фиолетовую при кипячении.
Иодид	I ⁻	Добавьте к раствору вещества в разбавленной азотной кислоте раствор нитрата серебра.	Желтый осадок, который не растворяется в растворе аммиака.
Нитрат	NO ₃ ⁻	Добавьте к раствору раствор сульфата железа(II), а затем концентрированную серную кислоту.	При слиянии двух жидкостей образуется бурое кольцо.
Сульфат	SO ₄ ²⁻	Добавьте к раствору раствор хлорида бария.	Белый осадок, нерастворимый в разбавленной хлороводородной кислоте.
Сульфит	SO ₃ ²⁻	Добавьте к раствору раствор хлорида бария.	Белый осадок, который растворяется в разбавленной хлороводородной кислоте.
Сульфид	S ²⁻	Добавьте к раствору раствор уксуса свинца(II).	Черный осадок.

* Анион, 16; Безводное (вещество), 40; Катион, 16; Универсальный индикатор, 38.

Пробы на катионы

Большинство **катионов*** в соединениях могут быть идентифицированы с помощью тех же **проб на окрашивание пламени**, что применяются для идентификации чистых металлов (как проводятся эти пробы, см. на с. 108). Таблица справа дает результаты некоторых таких проб. Катионы также можно идентифицировать по результатам определенных реакций. Несколько таких реакций перечислены в таблице ниже. Эти реакции не могут быть использованы для определения чистых металлов, поскольку большинство металлов нерастворимы в воде и, следовательно, не образуют растворов.

Пробы на окрашивание пламени

Металл	Символ	Окраска пламени
Барий	Ba	Желто-зеленая
Калий	K	Фиолетовая
Кальций	Ca	Кирпично-красная
Литий	Li	Малиновая
Медь	Cu	Сине-зеленая
Натрий	Na	Оранжево-желтая
Свинец	Pb	Синяя

Катион	Символ	Проба	Результаты
Алюминий	Al ³⁺	а) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор гидроксида натрия. б) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор аммиака. в) Сравните со свинцом (см. ниже)	а) Белый осадок, растворяющийся, если добавить еще раствора гидроксида натрия. б) Белый осадок, не растворяющийся, если добавить еще раствора аммиака. в) —
Аммоний	NH ₄ ⁺	Добавьте к раствору вещества раствор гидроксида натрия и осторожно нагрейте	Выделяется газообразный аммиак. Он имеет характерный резкий запах.
Железо(II)	Fe ²⁺	а) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор гидроксида натрия. б) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор аммиака.	а) Образуется бледно-зеленый осадок. б) Образуется бледно-зеленый осадок.
Железо(III)	Fe ³⁺	а) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор гидроксида натрия. б) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор аммиака.	а) Образуется красно-коричневый осадок. б) Образуется красно-коричневый осадок.
Кальций	Ca ²⁺	а) См. пробу на окрашивание пламени . б) Добавьте к раствору вещества разбавленную серную кислоту.	а) — б) Образуется белый осадок.
Магний	Mg ²⁺	а) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор гидроксида натрия. б) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор аммиака.	а) Белый осадок, не растворяющийся, если добавить еще раствора гидроксида натрия. б) Белый осадок, не растворяющийся, если добавить еще раствора аммиака.
Медь(II)	Cu ²⁺	а) См. пробу на окрашивание пламени . б) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор гидроксида натрия. в) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор аммиака.	а) — б) Светло-синий осадок, растворяющийся, если добавить еще раствора гидроксида натрия. в) Светло-синий осадок, переходящий, если добавить еще раствора аммиака, в темно-синий раствор.
Свинец(II)	Pb ²⁺	а) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор гидроксида натрия. б) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор аммиака. в) См. также пробу на окрашивание пламени , чтобы отличить свинец от алюминия.	а) Белый осадок, растворяющийся, если добавить еще раствора гидроксида натрия. б) Белый осадок, не растворяющийся, если добавить еще раствора аммиака. в) —
Цинк	Zn ²⁺	а) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор гидроксида натрия. б) Добавьте к раствору вещества разбавленный раствор аммиака.	а) Белый осадок, растворяющийся, если добавить еще раствора гидроксида натрия. б) Белый осадок, растворяющийся, если добавить еще раствора аммиака.

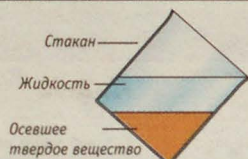
* Катион, 16.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЩЕСТВ

Исследование химических веществ включает в себя множество разных методов. Часто первой ступенью является получение чистого образца вещества (примеси влияют на результаты экспериментов). Некоторые из применяемых для достижения этого методы разделения и очистки объясняются на этих двух страницах. Множество разных методов используется затем для определения химического состава вещества и его химических и физических свойств (**качественный анализ**) и его количества, представленного в образце (**количественный анализ**). Дополнительную информацию см. также на с. 104–105 и 108.

Декантирование

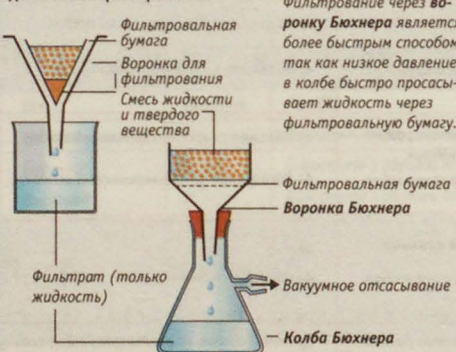
Метод отделения жидкости от осевшего твердого вещества осторожным сливанием жидкости из сосуда.



Фильтрация

Метод разделения жидкости и твердого вещества пропусканием смеси через фильтр. Фильтр (обычно фильтровальная бумага) пропускает только жидкость.

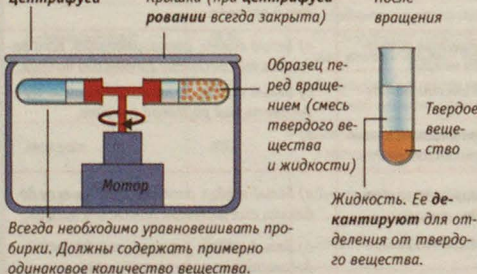
Два способа фильтрации



Центрифугирование

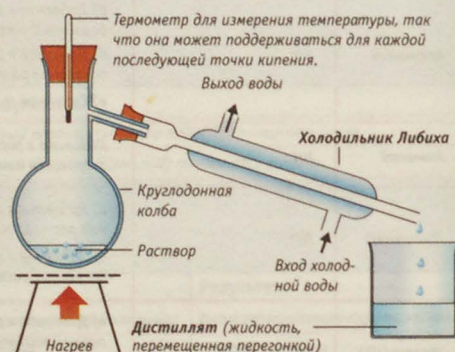
Метод разделения различных веществ, смешанных в жидкости, путем вращения пробирок, содержащих жидкость, с высокой скоростью на **центрифуге** (см. рисунок ниже). Частицы с разной плотностью собираются в разных местах пробирки, самые тяжелые вещества собираются на дне.

Центрифуга



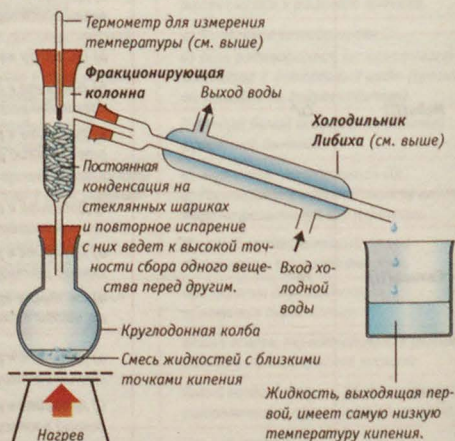
Перегонка (дистилляция)

Метод разделения смеси жидкостей или жидкости от загрязнений путем нагревания. Пары жидкости с самой низкой точкой кипения выходят первыми и вновь конденсируются в жидкость в **холодильнике Либиха** (см. рисунок ниже).



Фракционная перегонка (фракционная дистилляция)

Процесс **перегонки**, при котором разделяют две или более жидкостей с близкими точками кипения, используя **фракционирующую колонну**. Пары жидкости с самой низкой точкой кипения достигают верха колонны первыми. Маленькие колонны используются в лабораториях (см. рисунок ниже). Другие колонны намного больше и имеют много точек, в которых конденсируются и собираются разные пары (см. также с. 69 и 84).



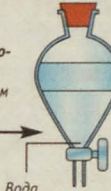
Экстракция растворителем

Метод получения **растворенного вещества*** путем переноса его из первоначального **растворителя*** в другой, в котором оно более растворимо и из которого его можно легко извлечь. Это метод разделения, часто применяющийся, если растворенное вещество нельзя нагревать, и использующий особенности свойств растворителей, например, то, являются ли они **полярными** или **неполярными растворителями***. Примером является **экстракция эфиром**.



Вода (**полярный растворитель***), содержащая **растворенное вещество*** с **неполярными молекулами***.

Добавляется эфир (**неполярный растворитель***), смесь встряхивается. Слойм дадут разделиться.



Вода

Теперь эфир содержит растворенное вещество (**полярные молекулы** воды притягиваются друг к другу, неполярные молекулы остаются вместе).

Воду сливают



Эфир (очень **летучий***) испаряется при комнатной температуре, оставляя чистый образец растворенного вещества.

Хроматография

Метод разделения небольших количеств веществ из смеси по скорости, с которыми они движутся по среде (**стационарной фазе**, например, фильтровальной бумаге). Большинство методов хроматографии включают растворение смеси в **растворителе*** (**элюенте**), однако в **газовой хроматографии** она испаряется. Поскольку вещества различаются по **растворимости*** и степени притяжения к среде, они движутся с разной скоростью.

Бумажная хроматография

Пятно смеси, например экстракта листьев.

После удаления из резервуара

Расстояние, пройденное **растворителем***



Стандартные таблицы идентифицируют вещества по **значению Rf** – расстоянию, пройденному веществом, по сравнению с расстоянием, пройденным растворителем.

Существует много методов хроматографии, включая **колоночную хроматографию** (компоненты смеси разделяются в колонке, содержащей растворитель и материал, притягивающий молекулы) и **газовую хроматографию** (испаренная смесь разделяется по мере прохождения в потоке газа через подогреваемую колонку).

Кристаллизация

Процесс образования кристаллов из раствора, который может быть использован для получения чистого образца вещества, поскольку примеси не образуют кристаллов. Для получения чистых кристаллов горячий **насыщенный*** раствор вещества охлаждают и образовавшиеся при охлаждении кристаллы отделяют фильтрованием. См. также с. 21.

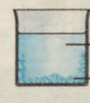
1.



Нагрев

Раствор вещества осторожно нагревают, добавляя вещество, пока оно не перестает растворяться (это будет **насыщенный*** раствор).

2.



Насыщенный раствор остывает. При охлаждении раствора образуются кристаллы.

3.



Содержимое стакана **фильтруют**, отделяя кристаллы от раствора.

Обезвоживание

Процесс удаления воды, смешанной с веществом, или **кристаллизационной воды*** из вещества. Твердые вещества часто сушат в больших стеклянных **эксикаторах**, содержащих **осушитель***, такой как силикагель. Из большинства газов и жидкостей вода удаляется приведением их в прямой контакт с осушителем, например **безводным*** хлоридом кальция (который поглощает воду, а затем, в случае жидкостей, удаляется **фильтрованием**).

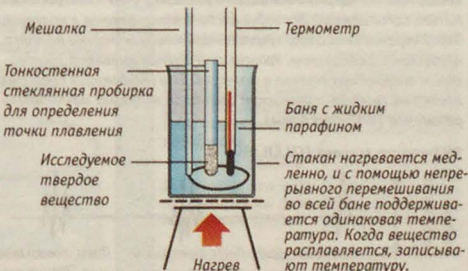
Эксикатор

Осушитель* не контактирует с твердым веществом, а поглощает влагу из воздуха, вызывая испарение воды из вещества.

Осушитель*, например **безводный*** хлорид кальция.

Определение точек плавления и кипения

Применяется для проверки чистоты образца. Чистый образец вещества имеет специфические известные точки плавления и кипения, а любые примеси в образце изменяют их значения.

Измерение точки плавления

* Безводное (вещество), 40; Кристаллизационная вода, 21; Летучее (вещество), 117; Насыщенный (раствор), 30; Неполярная молекула, 19 (Полярная молекула); Неполярный растворитель, 30; Осушитель, 116; Полярный растворитель, 30; Растворенное вещество, 30; Растворимость, 31; Растворитель, 30.

КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

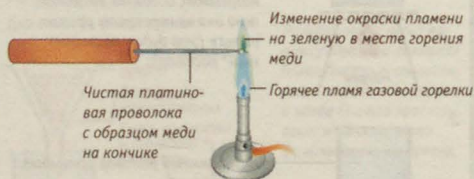
Существует два типа анализа с целью исследования веществ: **качественный анализ** – любые методы, применяемые для изучения химического состава, и **количественный анализ** – любые методы, применяемые для определения количества вещества, присутствующего в образце. Ниже приведены некоторые примеры обоих типов анализа.

Качественный анализ

Ниже приведены несколько примеров качественного анализа. **Окрашивание пламени** и пробы на с. 104–105 – это примеры качественного анализа, применяемые в школе. Другие описанные методы являются более совершенными.

Окрашивание пламени

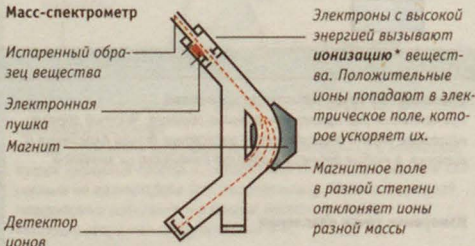
Используют для определения металлов. Образец помещают на кончик платиновой проволоки и вносят в пламя. Цвет пламени изменяется (см. также с. 105). Затем проволоку очищают концентрированной хлороводородной кислотой и прокалывают.



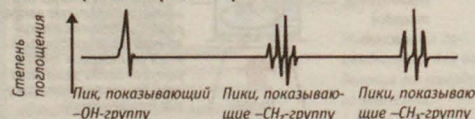
Масс-спектрометрия

Метод изучения состава вещества, в частности содержащихся в нем **изотопов***. Он также применяется как метод количественного анализа, так как включает измерение относительных долей изотопов или молекул в веществе. Используемый для этого прибор называется **масс-спектрометром**.

Масс-спектрометр



Спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР-спектроскопия)
Метод, используемый для изучения положения атомов в молекуле. Через образец вещества, заперченный между полюсами магнита, пропускают радиоволны. Уровень поглощения выявляет расположение конкретных атомов в молекуле. Эта информация представляется на графике, называемом **спектром ядерного магнитного резонанса (ЯМР-спектр)**.

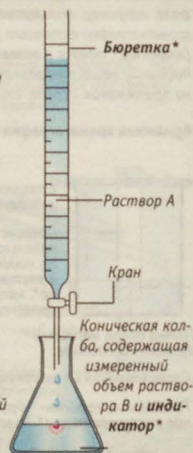
ЯМР-спектр этанола ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$)

Количественный анализ

Ниже приведены несколько примеров количественного анализа. См. также **масс-спектроскопия**.

Объемный анализ

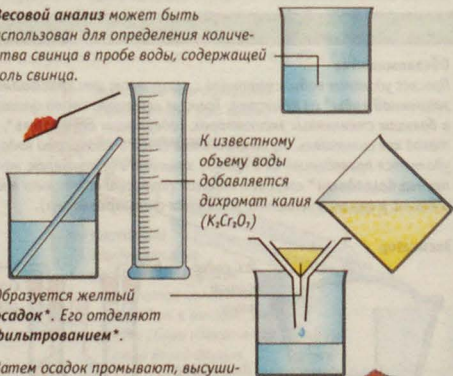
Метод определения концентрации раствора с применением **титрования**. Это добавление одного раствора к другому, используя **бюретку**. Концентрация одного раствора известна. Его добавляют из бюретки к другому до достижения **конечной точки**, когда прореагирует весь второй раствор. (Конечная точка определяется с помощью **индикатора**.*.) Объем раствора из бюретки, необходимый для достижения конечной точки, называемый **титром**. Объем раствора в колбе и известная концентрация одного раствора используются для расчета концентрации другого раствора.



Весовой анализ

Метод определения количества присутствующего вещества путем превращения его в другое вещество, которое можно легко очистить и взвесить.

Весовой анализ может быть использован для определения количества свинца в пробе воды, содержащей соль свинца.



Затем осадок промывают, высушивают и аккуратно взвешивают. —

Концентрацию свинца в пробе воды рассчитывают, исходя из объема воды, массы хромата свинца и **относительной атомной массы*** свинца.

ПРИБОРЫ

Ниже на этой странице и на с. 110–111 описаны и изображены наиболее обычные химические **приборы** (оборудование). Показаны также их схематические изображения и примерный диапазон размеров.

Стакан

Используется как емкость для жидкостей. Показывает приблизительный объем.

Возможная вместимость:
5–5000 мл



Мостик-подставка

Применяется как подставка под газовую склянку* при собирании газа над водой. Примеры применения см. с. 102–103.



Диаметр 7,5 см



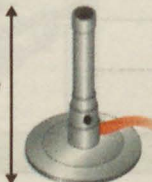
Бунзеновская горелка

Применяется как нагреватель при химических реакциях. Ее регулируемое воздушное отверстие допускает некоторый контроль температуры пламени. Если отверстие закрыто, то пламя желтое и более холодное, чем голубое пламя при открытом отверстии.



Нагрев

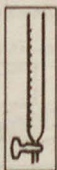
12,5 см



Бюретка

Применяется для добавления точных объемов жидкости при титровании (см. объемный анализ, с. 108).

Возможные объемы:
10–100 мл



Холодильники

Холодильник Либиха

Применяется для конденсации паров. Пары проходят через центральный канал и охлаждаются водой, текущей по внешней трубе. См. перегонка, с. 106.



Возможная длина:
25–50 см

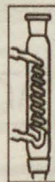
Обратный холодильник

Холодильник Либиха

Вода циркулирует во внешней трубе.

Пары конденсируются во внутренней трубе.

Длина 15,0 см



Обратный холодильник

Применяется для возвращения паров в жидкость для предотвращения потерь из-за испарения.

Тигли

Используются как емкости для небольших количеств твердых веществ, подвергаемых сильному нагреванию, как в печи, так и на бунзеновской горелке. Их изготавливают из фарфора, кварца, огнеупорной глины, никеля или стали.

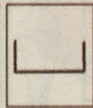


Возможные диаметры:
2,5–5,5 см

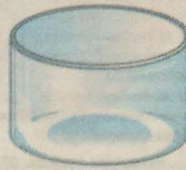


Кристаллизатор

Применяется как емкость для растворов, выпариваемых с целью получения кристаллов. Плоское дно способствует образованию равномерного слоя кристаллов.



Возможные емкости:
100–2000 мл



Газоотводная трубка

Применяется для переноса газов.



Возможная длина:
5–17 см



Эксикатор

Стеклянный контейнер, используемый для высушивания твердых веществ. Содержит осушитель*. См. обезвоживание, с. 107.

Диаметр
22,0 см



Чашка для выпаривания

Применяется как емкость для раствора, растворитель* которого отделяют от растворенного вещества* выпариванием (часто при нагревании).



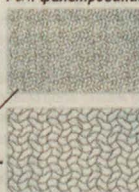
Возможные емкости:
50–500 мл



Фильтровальная бумага

Бумага, которая действует как сито, пропуская только жидкость, но не твердое вещество. Фильтровальная бумага классифицируется в соответствии с тем, насколько она мелкопористая, т. е. частицы какого размера она пропускает. Чтобы дать ей опору, в то время как жидкость проходит, а твердые вещества оседают на бумаге, ее помещают в фильтровальную воронку* или воронку Бюхнера*. См. фильтрование, с. 106.

Увеличенная во много раз сетка мелкопористой фильтровальной бумаги.



Увеличенная во много раз сетка грубой фильтровальной бумаги.

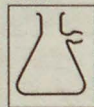
Отверстия между волокнами позволяют проходить мелким частицам.

* Воронка Бюхнера, 110; Газовая склянка, 110; Осушитель, 116; Растворенное вещество, Растворитель, Фильтровальная воронка, 30.

Колбы

Колба Бюхнера

Применяется при фильтровании жидкостей с отсасыванием. См. **фильтрование**, с. 106.

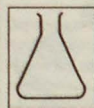


Возможная емкость: 250–1000 мл

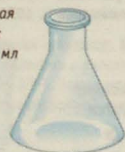


Коническая колба

Используется как емкость для жидкостей при проведении реакций и приготовлении растворов известной концентрации. Предпочтительнее использовать конические колбы, чем стаканы, если необходим сосуд, который можно закрыть пробкой. Они могут иметь отметки объема, но эти отметки не так точны, как на **пипетках** или **бюретках**.*

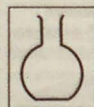


Возможная емкость: 25–2000 мл



Плоскодонная колба

Применяется как емкость для жидкостей при проведении реакций, не требующих нагрева (колба стоит на столе).



Возможная емкость: 100–2000 мл



Круглодонная колба

Используется как емкость для жидкостей, особенно если нужен равномерный нагрев. Отметки объема приблизительные. В положении над пламенем удерживается зажимом.



Возможная емкость: 100–2000 мл



Мерная колба

Применяется для приготовления растворов точно известной концентрации. Каждая колба имеет очень точную отметку объема и пробку, так что ее можно встряхивать для перемешивания раствора.



Возможная емкость: 10–2000 мл



Фракционирующая колонка

Используется для разделения компонентов смеси по точкам кипения. Содержит стеклянные шарики или кольца, что дает большую площадь поверхности и тем самым способствует конденсации и повторному испарению. См. **фракционная перегонка**, с. 106.



Возможные длины: 15–36 см

Вытяжной шкаф

Шкаф со стеклянными стенками, содержащий вытяжной вентилятор и отгораживающий часть рабочей поверхности. Опасные эксперименты проводятся в вытяжном шкафу.

Воронки

Воронка Бюхнера

Используется при фильтровании жидкостей с отсасыванием. Она имеет плоскую перфорированную пластину, на которую помещают **фильтровальную бумагу***.



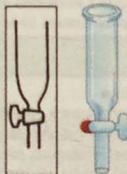
См. **фильтрование**, с. 106.

Возможная вместимость: 50–500 мл



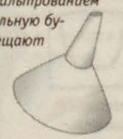
Капельная воронка

Для добавления жидкостей по каплям в реакционную смесь. См. с. 102–103.



Фильтровальная воронка

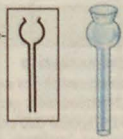
Применяется для отделения твердых веществ от жидкостей фильтрованием (см. с. 106). Фильтровальную бумагу* помещают внутрь воронки.



Воронка

Используется для добавления жидкостей в реакционную смесь.

Длина: 30 см



Делительная воронка

Применяется для разделения **несмешивающихся*** жидкостей. Сначала вытекает более плотная жидкость, а затем менее плотная. См. **экстракция растворителем**, с. 107.

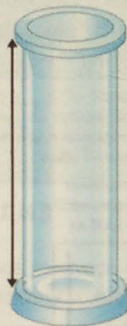
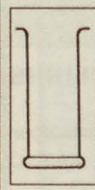


Возможная емкость: 50–500 мл

Газовая склянка

Применяется для собирания и хранения газов. Склянка может быть герметически закрыта с помощью стеклянной крышки, края которой покрыты тонким слоем смазки. См. с. 102–103.

Возможная высота: 15–30 см

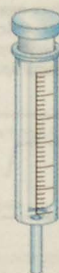


Газовый шприц

Используется для измерения объема газа. Применяется как для отбора газа, так и введения его в реакционный сосуд.

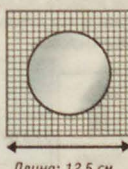


Емкость: 100 мл



Сетка

Используется для равномерного распределения нагрева от пламени по основанию нагреваемого объекта. Изготавливается из железа, стали, меди или керамики.

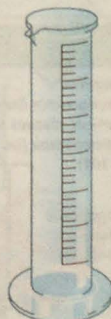
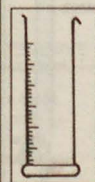


Длина: 12,5 см

Мерный цилиндр

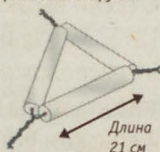
Используется для измерения примерного объема жидкостей.

Возможный объем: 5–2000 мл



Керамический треугольник

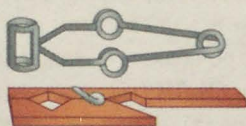
Используется для поддержки **тиглей*** на **треногах** при нагревании. Изготавливается из железной или никромовой проволоки, заключенной в керамические трубки.



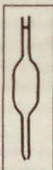
Длина
21 см

Держатель для пробирок

Используется для удержания пробирок, например, при нагревании в пламени, проведении в них химических реакций или переносе с места на место.

**Пипетки****Пипетка**

Используется для отмеривания точных объемов жидкости. Они бывают разных размеров для разных объемов. Жидкость вытекает из пипетки, пока ее уровень не упадет от одной метки до другой.



Возможные объемы: 1–100 мл

Медицинская пипетка

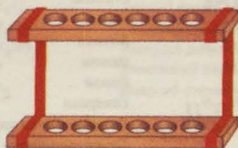
Используется для переливания небольших объемов или капель жидкости. Она не обеспечивает точного измерения.



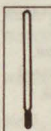
Возможный
объем:
1–2 мл

Штатив для пробирок

Используется для удержания в вертикальном положении нескольких пробирок.

**Термометр**

Используется для измерения температуры. Могут быть заполнены спиртом или ртутью, в зависимости от диапазона температур, на которые они рассчитаны.

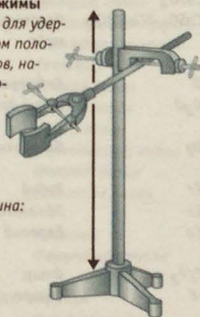


Малый температурный
диапазон: от -10 до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Большой температурный
диапазон: от -10 до $400\text{ }^{\circ}\text{C}$

**Штативы и зажимы**

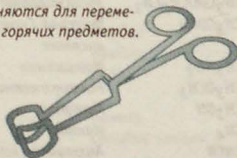
Используются для удержания в нужном положении приборов, например **круглодонных колб**.



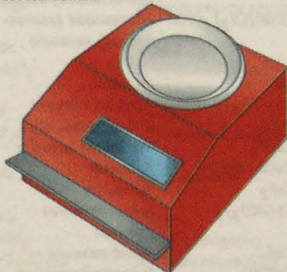
Возможная длина:
50–100 см

Щипцы

Применяются для перемещения горячих предметов.

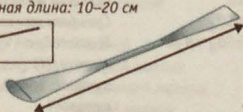
**Весы с верхней чашкой**

Используются для быстрого и точного взвешивания.

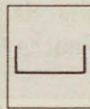
**Шпатель**

Используется для насыпания небольших количеств твердых веществ.

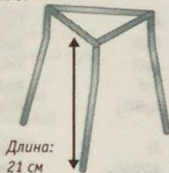
Возможная длина: 10–20 см

**Лоток**

Используется при собирании газа **над водой** (см. **диоксид углерода**, с. 102). Вода, содержащаяся в перевернутой газовой склянке, вытесняется в лоток. Лотки также используют при реакциях таких веществ, как натрий (см. рисунок на с. 55). Возможный диаметр 20–30 см.

**Тренога**

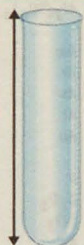
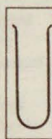
Применяется вместе с **керамическим треугольником** или **сеткой** при нагревании **тиглей***, **колб** и т. д.



Длина:
21 см

Пробирки**Пробирка для кипячения**

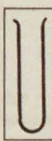
Толстенная пробирка, используемая для сильного нагрева веществ.



Возможная длина:
12,5 см

Химическая пробирка

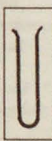
Пробирка, применяемая для проведения реакций, не включающих сильное нагревание.



Возможная длина:
7,5 см

Пробирка для прокаливания

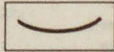
Одноразовая пробирка, предназначенная для плавления или кипячения небольших количеств веществ.



Возможная длина: 5,0 см

Часовое стекло

Применяется для выпаривания небольших количеств. Возможный диаметр: 5–15 см



Символ (формула)	Вещество	Символ (формула)	Вещество	Символ (формула)	Вещество
Fm	Фермий	Mg(OH) ₂	Гидроксид магния	PbO ₂	Оксид свинца(IV)
Fr	Франций	MgSO ₄	Сульфат магния	Pb(C ₂ H ₅) ₄	Тетраэтилсвинец
Ga	Галлий	Mn	Марганец	Pb(OH) ₂	Гидроксид свинца(II)
Gd	Гадолиний	MnCl ₂	Хлорид марганца(II)	PbS	Галенит
Ge	Германий	MnO ₂	Оксид марганца(IV)	Pd	Палладий
H/H ₂	Водород	Mo	Молибден	Pt	Прометий
H ₂ CO ₃	Угловая кислота	N/N ₂	Азот	Po	Полоний
H ₂ O	Вода	N ₂ O	Оксид диазота	Pr	Прозеодим
H ₂ O ₂	Пероксид водорода	N ₂ O ₄	Тетраоксид диазота	Pt	Платина
H ₂ S	Сероводород	-NH ₂	Аминогруппа	Pu	Плутоний
H ₂ S ₂ O ₇	Олеум	NH ₂ (CH ₂) ₆ NH ₂	1,6-диаминогексан	Ra	Радий
H ₂ SO ₃	Сернистая кислота	NH ₃	Аммиак	Rb	Рубидий
H ₂ SO ₄	Серная кислота	(NH ₄) ₂ SO ₄	Сульфат аммония	Re	Рений
H ₃ PO ₄	Фосфорная кислота	NH ₄ Cl	Хлорид аммония	Rh	Родий
HBr	Бромоводород	NH ₄ OH	Раствор аммиака	Rn	Радон
HCl	Хлороводород/хлорово- дородная кислота	NH ₄ NO ₃	Нитрат аммония	Ru	Рутений
НСНО	Формальдегид (муравьи- ный альдегид, мета- наль)	NO	Моноксид азота	S	Сера
НСООН	Муравьиная (метано- вая) кислота	NO ₂	Диоксид азота	SO ₂	Диоксид серы
HI	Иодоводород	Na	Натрий	SO ₃	Триоксид серы
HNO ₂	Азотистая кислота	Na ₂ CO ₃	Карбонат натрия	Sb	Сурьма
HNO ₃	Азотная кислота	Na ₂ CO ₃ ·10H ₂ O	Стиральная сода	Sc	Скандий
He	Гелий	Na ₂ SO ₃	Сульфит натрия	Se	Селен
Hf	Гафний	Na ₂ SO ₄	Сульфат натрия	Si	Кремний
Hg	Ртуть	Na ₃ AlF ₆	Криолит	SiO ₂	Диоксид кремния
HgS	Киноварь	Na[Al(OH) ₄]	Тетрагидроксоалюми- нат натрия	Sm	Самарий
Ho	Гольмий	NaBr	Бромид натрия	Sn	Олово
I/I ₂	Иод	NaCl	Хлорид натрия	Sr	Стронций
In	Индий	NaClO ₃	Хлорат натрия	T	Тритий
Ir	Иридий	NaHCO ₃	Гидрокарбонат натрия	Ta	Тантал
K	Калий	NaHSO ₄	Гидросульфат натрия	Tb	Тербий
K ₂ CO ₃	Карбонат калия	NaIO ₃	Иодат натрия	Tc	Технеций
K ₂ Cr ₂ O ₇	Дихромат калия	NaNO ₂	Нитрит натрия	Te	Теллур
K ₂ SO ₄	Сульфат калия	NaNO ₃	Нитрат натрия	Th	Торий
KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	Додекагидрат сульфа- та алюминия-калия (квасцы)	NaOCl	Гипохлорит натрия	Ti	Титан
KBr	Бромид калия	NaOH	Гидроксид натрия	Tl	Таллий
KCl	Хлорид калия	Nb	Ниобий	Tm	Тулий
KI	Иодид калия	Nd	Неодим	U	Уран
KMnO ₄	Перманганат калия	Ne	Неон	V	Ванадий
KNO ₃	Нитрат калия	Ni	Никель	V ₂ O ₅	Пентаоксид ванадия
KOH	Гидроксид калия	NiS	Сульфид никеля	W	Вольфрам
Kr	Криптон	No	Нобелий	Xe	Ксенон
KrF ₂	Фторид криптона	Np	Нептуний	XeF ₄	Тетрафторид ксенона
La	Лантан	O/O ₂	Кислород	Y	Иттрий
La ₂ O ₃	Оксид лантана	O ₃	Озон	Yb	Иттербий
Li	Литий	-OH	Гидроксильная группа	Zn	Цинк
Li ₃ N	Нитрид лития	Os	Осмий	ZnCl ₂	Хлорид цинка
LiCl	Хлорид лития	OsO ₄	Тетраоксид осмия	ZnCO ₃	Смитсонит
LiOH	Гидроксид лития	P	Фосфор	ZnO	Цинкит/оксид цинка
Md	Менделевий	P ₂ O ₅	Пентаоксид фосфора	Zn(OH) ₂	Гидроксид цинка
Mg	Магний	Pa	Протактиний	Zn(OH)Cl	Основной хлорид цинка
MgCl ₂	Хлорид магния	Pb	Свинец	ZnS	Сфалерит (цинковая обманка)
MgCO ₃	Карбонат магния	PbI ₂	Иодид свинца(II)	ZnSO ₄	Сульфат цинка
MgO	Оксид магния	Pb(NO ₃) ₂	Нитрат свинца(II)	Zr	Цирконий
		PbO	Оксид свинца(II)		

ВЕЛИЧИНЫ И ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Физические величины – это такие понятия, как, например, **масса*** и **электрический ток***, которые применяются во всех науках. Все они должны быть каким-то образом измерены и, следовательно, имеют собственные **единицы**. Они выбраны в результате международного соглашения и называются **единицами Международной Системы**, или **единицами СИ** – сокращение от французского *Système International d'Unités*. Различают **основные величины** и **производные величины**.

Основные величины

Набор величин (см. таблицу ниже), на основании которых могут быть определены все остальные величины (см. **производные величины**).

Основная величина	Символ	Основная единица СИ	Обозначение
Масса	<i>m</i>	килограмм	кг
Время	<i>t</i>	секунда	с
Длина	<i>l</i>	метр	м
Сила электрического тока	<i>I</i>	ампер	А
Температура	<i>T</i>	кельвин	К
Количество вещества	–	моль	моль
Сила света	–	кандела	кд

Приставки

Данная единица СИ может иногда быть слишком велика или мала для удобного употребления, например, метр слишком велик для измерения толщины листа бумаги. В таких случаях используются стандартные делители и множители, обозначаемые приставками перед соответствующими единицами СИ (см. таблицу ниже). Например, миллиметр (мм) равен одной тысячной метра.

Делители и множители

Делитель или множитель	Приставка	Сокращение
10^9	нано-	н
10^6	микро-	мк
10^3	милли-	м
10^2	санти-	с
10^1	деци-	д
10^0	дека-	да
10^{-1}	гекто-	г
10^{-2}	кило-	к
10^{-3}	мега-	М
10^{-6}	гига-	Г

Основные единицы СИ

Килограмм (кг)

Единица массы в системе СИ. Равен массе международного эталона – металлического цилиндра, хранящегося в Севре, вблизи Парижа.

Секунда (с)

Единица времени в системе СИ. Равна 9 192 631 770 **периодам*** определенного типа излучения, испускаемого атомом цезия-133.

Метр (м)

Единица длины в системе СИ. Равен расстоянию, проходимому светом в вакууме за $\frac{1}{299\,792\,458}$ секунды.

Ампер (А)

Единица силы электрического тока в системе СИ. Равен силе такого постоянного электрического тока, который при прохождении по двум параллельным бесконечно длинным прямым проводам ничтожно малой площади кругового сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, вызывает на участке провода длиной в 1 м силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н.

Кельвин (К)

Единица температуры в системе СИ. Равен $\frac{1}{273,15}$ температуры **тройной точки*** воды (точка, в которой могут одновременно существовать в равновесном состоянии вода, лед и пар) на **абсолютной шкале температур***.

Моль (моль)

Единица количества вещества в системе СИ (обратите внимание, что это не масса, поскольку это число частиц). Равен количеству вещества, содержащему столько же частиц (атомов, молекул, ионов и т. д.), сколько атомов содержится в 0,012 кг углерода-12.

Кандела (кд)

Единица силы света в системе СИ. Равна силе света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет $\frac{1}{683}$ Вт/ср.

* Абсолютная шкала температур, 29; Масса, 117; Период, 117; Ток, 45; Тройная точка, 117.

Производные величины

Величины, иные, чем **основные величины**, определяемые на их основе или на основе других производных величин. Для измерения производных величин существуют **производные единицы СИ**, определяемые на основе **основных единиц СИ** или других производных единиц. Они выводятся из определяющего уравнения для величины и иногда имеют собственные названия, но не всегда являются наиболее употребительными.

Производная величина	Символ	Определяющее уравнение	Производная единица СИ	Название единицы	Обозначение
Скорость	v	$v = \frac{\text{перемещение}}{\text{время}}$	$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	–	–
Ускорение	a	$a = \frac{\text{изменение скорости}}{\text{время}}$	$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	–	–
Сила	F	$F = \text{масса} \times \text{ускорение}$	$\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	ньютон	Н
Работа	A	$A = \text{сила} \times \text{расстояние}$	Н·м	джоуль	Дж
Энергия	E	Способность совершить работу	Дж	–	–
Мощность	N	$N = \frac{\text{работа}}{\text{время}}$	$\text{Дж} \cdot \text{с}^{-1}$	ватт	Вт
Площадь	S	Зависит от формы	м^2	–	–
Объем	V	Зависит от формы	м^3	–	–
Плотность	ρ	$\rho = \frac{\text{масса}}{\text{объем}}$	$\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	–	–
Давление	p	$p = \frac{\text{сила}}{\text{площадь}}$	$\text{н} \cdot \text{м}^{-2}$	паскаль	Па
Период	T	Время одного цикла	с	–	–
Частота	f или ν	Число циклов в секунду	с^{-1}	герц	Гц
Концентрация	M	$M = \frac{\text{количество вещества}}{\text{объем}}$	$\text{моль} \cdot \text{м}^{-3}$	–	–
Импульс	p	$p = \text{масса} \times \text{скорость}$	$\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$	–	–
Электрический заряд	Q	$Q = \text{ток} \times \text{время}$	А·с	кулон	Кл
Разность электрических потенциалов (напряжение)	U	$U = \frac{\text{работа}}{\text{заряд}}$	$\text{Дж} \cdot \text{Кл}^{-1}$	вольт	В
Емкость	C	$C = \frac{\text{заряд}}{\text{напряжение}}$	$\text{Кл} \cdot \text{В}^{-1}$	фарад	Ф
Сопротивление	R	$R = \frac{\text{напряжение}}{\text{ток}}$	$\text{В} \cdot \text{А}^{-1}$	ом	Ом или Ω

СЛОВАРЬ

Абразив

Вещество, стирающее поверхность другого вещества.

Амальгама

Сплав ртути с другими металлами. Обычно бывает мягким, иногда даже жидким

Антацид

Вещество, которое противодействует излишней кислотности желудка путем **нейтрализации*** кислоты. Примерами являются гидроксиды алюминия и магния.

Бактерицид

Вещество, используемое для уничтожения бактерий, особенно болезнетворных.

Вулканизация

Нагревание сырого природного каучука (выделенного из **латекса**) совместно с серой. Вулканизированный каучук более твердый и упругий и менее чувствителен к температуре, чем сырой каучук. Это связано с тем, что атомы серы образуют поперечные связи между цепями молекул каучука (см. рисунок, с. 87).

Вязкое

Характеризует жидкость, которая движется **наподобие** потоки, например моторное масло. **Вязкость** обусловлена движением разных слоев жидкостью с разной скоростью из-за различных уровней трения.

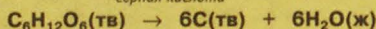
Градуировка

Равноудаленные метки, используемые для измерения, например, на **мерном цилиндре*** или **газовом шприце***.

Дегидратирующий агент

Вещество, используемое для поглощения влаги из других веществ, удаления молекул воды, если они присутствуют, а также, что важно, атомов водорода и кислорода из молекул вещества. В результате получается другое вещество плюс вода (см. также **осушитель**). Примером является концентрированная серная кислота.

Концентрированная
серная кислота



Глюкоза Углерод Вода

Концентрированная серная кислота может также использоваться как **осушитель**, если не реагирует с осушаемым веществом. Например, ее применяют для высушивания образцов газообразного хлора, т. е. для удаления присутствующих молекул водяного пара.

Изолятор

Плохой **проводник** тепла или электричества. Неметаллы и их соединения обычно являются изоляторами, как, например, сера и каучук.

Инертное

Описывает неактивное вещество, которое, например, с трудом вступает в химические реакции. Примерами являются **благородные** (или **инертные**) газы*.

Калориметрия

Измерение изменения теплоты в процессе химической реакции или явления, включающего передачу тепла. Например, повышение температуры известной массы воды можно использовать для расчета количества энергии, выделенной топливом при сжигании (см. схему **калориметрической бомбы**, с. 33)

Клейкое (Клеящее)

Вещество, прилипающее к одному или более другим веществам.

Ковкое

Характеризует вещество, которому можно придать различную форму. Обычно применяется к веществам, которые могут быть расплавлены в тонкие листы, особенно ко многим металлам и **сплавам** металлов. Разные вещества проявляют разную степень **ковкости** (см. с. 51).

Латекс

Млечный сок, образуемый растениями, особенно производимый каучуконосами, из которого выделяют сырой натуральный каучук (и который также составляет основу некоторых **клеящих веществ**). Также некоторые подобные синтетические полимеры.

Летучее

Характеризует легко **испаряющуюся*** жидкость, например бензин, или легко **возгоняющееся*** твердое вещество, например йод.

Масса

Мера количества вещества в теле. Измеряется в килограммах «взвешиванием», однако это не то же самое, что **вес**, который является действующей на предмет направленной вниз силой (масса $\times$ ускорение силы тяжести) и измеряется в ньютонах. Шкала взвешивания превращает эту направленную вниз силу в измерение массы.

Микроэлементы

Элементы, такие как медь и йод, которые в малых количествах жизненно необходимы для многих организмов. Они часто входят в состав **ферментов*** или **витаминов***.

Минерал

Природное неорганическое вещество, не происходящее из растений или животных, приблизительно однородное по химическому составу и физическим свойствам (в отличие от **горных пород**, неоднородных и являющихся сочетанием нескольких минералов), например **каменная соль***. Разные минералы имеют разные химические составы и свойства (см. также **руда**).

Объем

Измерение пространства, занимаемого телом. В случае предметов правильной формы он может быть вычислен на основании простых измерений. При неправильной форме он обычно определяется путем измерения объема вытесненной воды. Единица объема в системе СИ – кубический метр (м³).

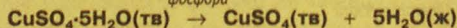
Органический растворитель

Органическая жидкость, в которой растворяют вещества.

Осушитель

Вещество, применяемое для поглощения влаги из другого вещества, но оно только удаляет молекулы воды в веществе и вокруг него, не отделяя атомы водорода и кислорода из его молекул. Само вещество не изменяется (см. также **обезвоживание**, с. 107, и **дегидратирующий агент**). Примером является **пентаоксид фосфора** P₂O₅.

Пентаоксид
фосфора



Гидратированный*
сульфат меди(II)

Безводный*
сульфат меди(II)

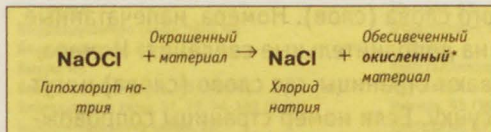
Вода

Отбеливатель

Вещество, применяемое для обесцвечивания материала или раствора. Хорошими отбеливателями являются в основном сильные **окислители*** и **восстановители***. Самым распространенным бытовым отбеливателем является раствор **диплохлорита натрия** (являющийся также высокоэффективным **бактерицидом**). Уравнение ниже по-

* Безводное (вещество), 40; Гидратированное (вещество), 40 (Гидрат); Ионное соединение, 17; Нейтрализация, 37; Нейтрон, 12; Окисление, Окислитель, 34; Восстановитель, 34.

казывает схему реакции между гипохлоритом натрия и окрашенным материалом.



Охладитель

Жидкость, используемая для охлаждения в промышленности или в быту (см. также **хладагент**). Обычно жидкость забирает тепло в одном месте и переносит его в другое. На атомных электростанциях, например, охлаждаитель переносит тепло от ядерного реактора к парогенераторам, где тепло используется для производства пара, который вращает турбины и вырабатывает электричество.

Перегретый пар

Пар с температурой выше 100 °C. Его получают нагревом воды под давлением.

Период

Время, занимаемое полным циклом движения, например циклом волны или полным оборотом колеса.

Пигменты

Вещества, придающие окраску растениям и животным. Они используются в виде нерастворимых порошков для придания цвета краскам.

Пластичное

Характеризует вещество, которое можно растягивать. Обычно применяется к металлам, которые можно вытянуть в тонкую проволоку, например медь. Разные вещества проявляют разную степень **пластичности** (см. с. 51). **Хрупкое** вещество не может быть вытянуто подобным образом.

Плотность

Измерение **массы** единицы **объема** вещества. Вычисляется делением массы вещества на его объем и измеряется в килограммах на кубический метр (кг·м⁻³).

Поверхностное натяжение

Стремление поверхности жидкости вести себя, как будто она покрыта пленкой, возникающее из-за притяжения между поверхностными молекулами. Благодаря поверхностному натяжению изолированная капля воды занимает наименьшее возможное пространство, обычно принимая форму шара.

Полупроводники

Проводники электричества, сопротивление которых уменьшается с ростом температуры (сопротивление обычных проводников с температурой растет). Обычно они являются неметаллами, такими как германий или кремний. Их свойства изменяют добавлением различных примесей.

Постоянная, или константа

Неизменная числовая величина. Например, в уравнении $pV=RT$ (см. также с. 28) величина R (**газовая постоянная**) является константой. p и V являются **переменными**, так как могут изменяться. Газовая постоянная равна 8,314 Дж·К⁻¹·моль⁻¹.

Проводник

Вещество, через которое может протекать электрический ток или проходить тепло (обладающее свойством **проводимости**). **Проводник электричества** пропускает электрический ток; **проводник тепла** пропускает тепло. Металлы, содержащие ионы растворы и расплавленные **ионные соединения** – все являются проводниками электричества, а металлы в особеннос-

ти хорошими проводниками тепла. См. также **изоляторы** и **полупроводники**.

Регулирующие стержни

Часть системы контроля ядерного реактора. Это стержни или трубы, которые передвигают вверх или вниз для изменения скорости реакции в реакторе. Они изготовляются из стали или алюминия, содержащих бор, кадмий или другие вещества, сильно поглощающие нейтроны.

Руда

Природный минерал, из которого добывается элемент (обычно металл), например боксит, из которого получают алюминий.

Система

Набор взаимосвязанных частей, действующих друг на друга и образующих единое целое, например вещества в реакции при **химическом равновесии**.*

Смолы

Вещества, используемые как **клеящие**, часто нерастворимые в воде. **Природные смолы** – это органические соединения, выделяемые некоторыми растениями и насекомыми. **Синтетические смолы** производят путем **полимеризации**.*

Сплав

Смесь двух или более металлов или металла и неметалла. Она имеет собственные свойства, отличные от свойств ее составляющих.

Сырье

Материал, получаемый из природных источников для применения в промышленности, например, железная руда, кокс и известняк являются сырьем, используемым для производства железа (см. рисунок, с. 60).

Тройная точка

Точка со специфическим сочетанием температуры и давления, в которой газообразное, жидкое и твердое **состояния*** вещества находятся в равновесии между собой.

Тускнеть

Терять или частично терять блеск из-за образования тусклого поверхностного слоя, например сульфида серебра на серебре или оксида лития на литии. **Потускнение** является разновидностью **коррозии**.*

Фотоэлемент,

или фотоэлектрический элемент

Устройство, применяемое для обнаружения и измерения света.

Фумигация, или окуривание

Уничтожение вредителей, таких как насекомые, с помощью ядовитых газов, например диоксида серы.

Фунгицид

Вещество, используемое для уничтожения вредных грибов, например плесневых, растущих на злаках.

Хладагент

Тип **охладителя**, используемый в холодильниках. Он должен быть жидкостью, которая испаряется* при низких температурах. Веществами, обычно используемыми в настоящее время, являются **хлорфторуглероды***, хотя в прошлом широко применялся также аммиак.

Шкала Цельсия

Стандартная температурная шкала. Один градус Цельсия равен по величине одному кельвину (см. **абсолютная температурная шкала**, с. 29), но за значение в нуль градусов (0 °C) принята точка заморозки воды, а за значение в сто градусов (100 °C) – точка ее кипения.

* Химическое равновесие, 49; Хлорфторуглероды, 81; Коррозия, 95; Фермент, 47; Испарение, 7; Газовый шприц, 110; Мерный цилиндр, 110; Благородные газы, 75; Полимеризация, 86; Каменная соль, 54 (Натрий); Единицы СИ, 114; Состояния, 6; Возгонка, 7; Синтетические полимеры, 87; Витамины, 91.

УКАЗАТЕЛЬ

Номера страниц, перечисленные в указателе, могут быть трех типов. Номера, выделенные жирным шрифтом (например, 92), в каждом случае обозначают страницу, на которой можно найти основное определение данного слова (слов). Номера, напечатанные обычным шрифтом (например, 92), указывают на дополнительные сведения. Номера, напечатанные курсивом (например, 92), указывают страницы, где слово (слова) могут быть найдены в виде небольшой подписи к рисунку. Если номер страницы сопровождается словом в скобках, то слово из указателя можно найти в тексте данного определения. Если он сопровождается (I), то слово из указателя можно найти во вводимом тексте на данной странице. В скобках после слова, если это нужно, даются множественные числа, символы и формулы. Синонимы обозначаются пометкой см.

Воронка, 110

1, 2-дибромэтан ($\text{CH}_2\text{BrCH}_2\text{Br}$), 74 (Бром), 79

1, 6-диаминогексан ($\text{NH}_2(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$), 86

2-бром-1-хлорэтан, 101 (9)

2-метилбутан, 101 (8)

2-метилпропанол-2, 83

3-иодгексан, 101 (9)

3-метилпентан, 76

α -сера, см. Альфа-сера

α -частицы, см. Альфа-частицы

β -сера, см. Бета-сера

β -частицы, см. Бета-частицы

γ -лучи, см. Гамма-лучи

d-элементы, 50–51

f-элементы, 50–51, 58 (I)

pH, 38, 96 (Кислотные дожди)

Rf, значение, 107 (Хроматография)

A

Абразив, 116

Абсолютная шкала температур, 29

Абсолютный нуль, 29 (Абсолютная шкала температур)

Авогадро гипотеза, 29

Авогадро закон, 29

Авогадро число, 25

Автокатализ, 47

Агент дегидратирующий, 116

Адипиновая кислота ($\text{COOH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$), 86

Азот (N/N_2), 18, 51, 66, 69, 94, 95 (Круговорот азота), 96 (Кислотные дожди), 99, 103

Азота диоксид, см. Диоксид азота

Азота закись, см. Оксид диазота

Азота круговорот, 95

Азота монооксид, см. Монооксид азота

Азота окись, см. Монооксид азота

Азотистая кислота (HNO_2), 67 (Диоксид азота), 96 (Кислотные дожди)

Азотная кислота (HNO_3), 64, 67 (Диоксид азота), 68, 104 (Анионы)

Азотфиксирующие бактерии, 95

Аккумулятор, свинцово-кислотный, 36, 45

Акрил, 80, 87

Активатор, см. Промотор

Активности ряд, 44, 97

Активность, 44–45

Активный электрод, 42

Актин, 91

Актиний (Ac), 50, 98

Алебастр ($2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), 57 (Сульфат кальция)

Алифатические соединения, 76

Алканы, 78, 100 (1)

Алкены, 79, 100 (2)

Алкилгалогениды, см. Галогеналканы

Алкильная группа, 101 (8)

Алкины, 80, 100 (3)

Аллотропия, 22

Аллотропные модификации, 22 (Аллотропия)

Алмаз (Алмазы), 23, 64, 98

Искусственные, 64 (Алмаз)

Альдегид (Альдегиды), 80, 101 (5)

Муравьиный, см. Формальдегид

Уксусный (CH_3CHO), 101 (5)

Альфа-сера (α -сера), см. Ромбическая сера

Альфа-частицы (α -частицы), 14

Алюминий (Al), 37, 51, 62, 97, 98, 105 (Катионы)

Алюминия гидроксид, см. Гидроксид алюминия

Алюминия сульфат, см. Сульфат алюминия

Алюминия-калия сульфата додекагидрат, см. Додекагидрат сульфата алюминия-калия

Амальгама, 116

Америций (Am), 50, 98

Аминогруппа ($-\text{NH}_2$), 81 (Первичные амины, Диамины), 91 (Аминокислоты)

Аминокислоты, 91

Амины, первичные, 81

Аммиак (NH_3), 18, 19, 29, 37 (Основание), 38, 39 (I), 48, 49, 66 (Процесс Габера), 67, 68, 95, 105 (Катионы)

Аммиака раствор (NH_4OH), 67 (Аммиак), 104 (Анионы), 105 (Катионы)

Аммония гидроксид, см. Аммиака раствор

Аммония нитрат, см. Нитрат аммония

Аммония сульфат, см. Сульфат аммония

Аммония хлорид, см. Хлорид аммония

Аморфное (вещество), 21 (I)

Ампер (A), 45 (Ток), 114

Амфотерное (вещество), 37

Анионы, 16, 104

Анод, 42 (Электрод)

Анодирование, 43

Антацид, 116

Антидетонатор, 85 (Октановое число)

Антрацит, 65 (Уголь), 94

Апатит ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$), 68 (Фосфор)

Аргон (Ar), 51, 69, 75, 98

Ароматические соединения, 76

Аскорбиновая кислота ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$), 36, 91

Астат (At), 51, 72, 98

Асфальт, см. Битум

Атмосферная вода, 92

Атом (Атомы), 10, 11–20, 23–25

Атомная кристаллическая решетка, 23

Атомная масса, относительная, 24, 50–51, 98–99

Атомная теория Дальтона, 10

Атомное ядро, см. Ядро

Атомность, 10

Атомные единицы массы, единые

(а.е.м.), 24 (Относительная атомная масса)

Атомный вес, см. Относительная атомная масса

Атомный номер (Z), 13, 50–51, 98–99

Ацетальдегид, см. Уксусный альдегид

Ацетат свинца(II), 104 (Сульфид-анион)

Ацетилен (C_2H_2), 80, 100 (3)

Ацетилены, см. Алкины

Ацетон ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$), 79 (Пропилен), 80, 82, 101

B

Бакминстерфуллерен, 65

Бактерицид, 116

Барий (Ba), 50, 56, 98, 105 (Окрашивание пламени)

Бария хлорид, см. Хлорид бария

Батарея, 45 (Элемент)

Безводная соль, 40

Безводное (вещество), 40

Безводный сульфат кальция, см. Сульфат кальция безводный

Безмыльные deterгенты, 89

Беккерель (Bк), 15

Белки, 90 (I), 91, 95

Белый фосфор, 68 (Фосфор), 99

Бензин, 85, 94

Бензольное кольцо, 76 (Ароматические соединения)

Бериллий (Be), 50, 56, 98

Берклий (Bк), 51

Бета-сера (β -сера), см. Моноклинная сера

Бета-частицы (β -частицы), 14

Бикарбонат натрия, см. Гидрокарбонат натрия

- Бикарбонат натрия, см. Гидрокарбонат натрия
- Бинарное (соединение), 8
- Биологические стиральные порошки, 89 (Стиральные порошки)
- Биополимеры, см. Природные полимеры
- Биоразрушимое (вещество), 96
- Биодеградация, 89
- Битум, 85
- Битуминозный уголь, 65 (Уголь)
- Благородные газы, 51, 75, 94, 103 (Азот)
- Бойля—Мариотта закон, 28
- Боковая цепь (атомов), 76, 100 (з), 101 (8)
- Боксит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 62 (Оксид алюминия), 117 (Руда)
- Бомба калориметрическая, 33
- Бор (В), 51, 62, 98
- Бора трихлорид, см. Трихлорид бора
- Бордоская смесь, 61 (Соединения меди (II))
- Бренстеда—Лоури теория, 37
- Брожение спиртовое, 83
- Бром (Br/Br_2), 51, 72, 74, 79, 98, 101 (9)
- Бромид (Бромиды), 72 (I), 74, 104 (Анионы)
- Калия (KBr), 72
- Натрия (NaBr), 74 (Бром)
- Серебра (AgBr), 74 (Бромиды)
- Бромная вода, 74 (Бром)
- Бромоводород (HBr), 74
- Бромогруппа ($-\text{Br}$), 101 (9)
- Бромэтан ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Br}$), 101 (9)
- Бромтимоловый синий, 38
- Бронза, 61
- Броуновское движение, 9
- Бумажная хроматография, 107
- Бунзеновская горелка, 109
- Бурый уголь, 65 (Уголь)
- Бутан (C_4H_{10}), 78, 85 (Газы нефтепереработки)
- Бутанол-1 ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$), 76, 82, 83
- Бутанол-2, 83, 101 (46)
- Бутанон ($\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_3$), 101 (6)
- Бутен-1 (C_4H_8), 79
- Бутин-1 (C_4H_6), 80
- Быстрое сгорание, 94
- Бюретка, 109
- Бюхнера воронка, 106, 110
- Бюхнера колба, 106, 110
- В**
- Валентность, см. Ковалентность, Электрова-
лентность
- Валентный электрон, 16
- Ванадий(V), 51, 58, 99
- Ванадия пентаоксид, см. Пентаоксид вана-
дия
- Ван-дер-ваальсовы силы, 20
- Ватт (Вт), 115
- Величины физические, 114
- Основные, 114
- Производные, 114 (I), 115
- Вес, 117 (Масса)
- Атомный, см. Относительная атомная
масса
- Молекулярный, см. Относительная моле-
кулярная масса
- Веселящий газ, см. Оксид азота
- Весовой анализ, 108
- Весы с верхней чашкой, 111
- Винилхлорид (CH_2CHCl), 86
- Висмут, 51, 66, 98
- Витамин С, 91
- Витамины, 90 (I), 91
- Влажность, 92
- Внешний уровень (электронный), 13
- Внутреннее дзие, 95
- Внутриатомные частицы, 12 (I)
- Вода (H_2O), 19, 20, 24, 30 (Сольватация), 36,
37, 40, 41, 53, 68, 71, 92–93, 95, 97,
102–103, 104
- Атмосферная, 92
- Бромная, 74 (Бром)
- Дистиллированная, 93
- Жесткая, 93
- Известковая, 57 (Гидроксид кальция), 104
(Газы)
- Кристаллизационная, 21
- Круговорот, 92
- Мягкая, 93 (Жесткая)
- Тритиевая, 53 (Тритий)
- Тяжелая, см. Оксид дейтерия
- Умягчение, 93 (Постоянная жесткость)
- Водный раствор, 30
- Водный растворитель, 30
- Водород (H/H_2), 18, 19, 20 (Водородная
связь), 36, 37, 38, 39, 40, 41, 50, 53, 56, 66
(Процесс Габера), 97, 98, 100–101, 103,
104 (Газы)
- Водородная связь, 20
- Водородный показатель, см. pH
- Водоснабжение, 93
- Водоумягчители, 93
- Водной газ, 65 (Моноксид углерода)
- Возгонка, 7
- Воздух, 69, 94 (I), 97
- Вытеснение вверх, 102 (Хлор), 103 (Кис-
лород)
- Вытеснение вниз, 103 (Водород)
- Фракционная перегонка (жидкого возду-
ха), 66 (Азот), 69 (Кислород), 75 (I), 94
(I)
- Волокна (грубый корм), 90 (I)
- Волокна, углеродные, 65
- Вольт (В), 45 (Разность потенциалов), 115
- Вольтметр, 43
- Вольтметр, 44, 45 (Разность потенциалов)
- Вольфрам (W), 51, 59, 99
- Воронка (Воронки), 110
- Бюхнера, 106, 110
- Делительная, 110
- Капельная, 110
- Фильтровальная, 110
- Воски, 91 (Липиды)
- Парафиновые, см. Углеводородные
- Углеводородные, 85
- Восстановитель, 34
- Восстановление, 34–35
- Временная жесткость (воды), 93
- Вторичные спирты, 83
- Вторичный элемент, 45 (Элемент)
- Вулканизация, 87, 117
- Выветривающееся (вещество), 92
- Вытеснение, 44
- Вытеснение воздуха
- Вверх, 102 (Хлор), 103 (Кислород)
- Вниз, 103 (Водород)
- Вытяжной шкаф, 110
- Вязкая (жидкость), 117
- Вязкость, 117 (Вязкая)
- Г**
- Габера процесс, 66
- Гадолиний (Gd), 51, 98
- Газ (Газы), 6 (Газообразное состояние),
84–85
- Благородные, 51, 75, 94, 103 (Азот)
- Веселящий, см. Оксид азота
- Водной, 65 (Моноксид углерода)
- Генераторный, 65 (Моноксид углерода)
- Идеальный, 28
- Идеальный, уравнение состояния, 28
- Инертные, см. Благородные
- Нефтепереработки, 85
- Природный, 78 (Метан, Этан), 84 (I), 94
- Редкие, см. Благородные
- Сжиженный нефтяной, 85 (Газы нефтепе-
реработки)
- Угольный, 65 (Моноксид углерода)
- Уголь)
- Уравнение состояния идеального, 28
- Газовая постоянная, 28, 116 (Постоянная)
- Газовая склянка, 110
- Газовая хроматография, 107 (Хроматогра-
фия)
- Газовые законы, 28–29
- Газовый шприц, 110
- Газоиль, см. Дизельное топливо
- Газообразное состояние, 6
- Газоотводная трубка, 109
- Галенит (PbS), 63 (Свинец)
- Галлий (Ga), 51, 62, 98
- Галогениды, 72 (I)
- Галогеналканы, 81, 101 (9)
- Галогены, 51, 72–74, 100 (I), 101 (9)
- Гальванический элемент, 45
- Гальванопокрытие, 43
- Гамма-лучи (γ -лучи), 14
- Гафний (Hf), 51, 59, 98
- Гашеная известь, см. Гидроксид кальция
- Гей-Люссака закон, 29
- Гексагональная (кристаллическая решетка),
23
- Гексагональная (основная форма кристал-
лов), 22
- Гексан (C_6H_{14}), 78
- Гександиовая кислота, см. Адипиновая кис-
лота
- Гелий (He), 14 (Альфа-частицы), 51, 75, 98
- Гематит (Fe_2O_3), 60 (Железо)
- Генераторный газ, 65 (Моноксид углерода)
- Гептагидрат сульфата железа(II)
($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), 27
- Гептан (C_7H_{16}), 84
- Германий (Ge), 51, 63, 98
- Герц (Гц), 115
- Гесса закон, 33
- Гетерогенное (вещество), 9
- Гетерогенный катализатор, 47
- Гигроскопичное (вещество), 92
- Гидрат, 40
- Гидратация, 30 (Сольватация)
- Гидратированное (вещество), 40 (Гидрат)
- Гидратированный оксид железа(III), см.
Ржавчина
- Гидриды, 35 (правило 5), 53 (I)
- Гидрирование, 79
- Гидрокарбонат (Гидрокарбонаты), 36 (Кис-
лота), 104 (Анионы)
- Кальция ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), 57, 93 (Временная
жесткость)
- Натрия (NaHCO_3), 55
- Гидроксид (Гидроксиды), 37, 38, 41,
53, 97
- Алюминия ($\text{Al}(\text{OH})_3$), 62, 116 (Антацид)
- Аммония, см. Аммиака раствор
- Железа(III) ($\text{Fe}(\text{OH})_3$), 40
- Калия (KOH), 55
- Кальция ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), 57
- Лития (LiOH), 54
- Магния ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), 37, 57, 116
(Антацид)
- Натрия (NaOH), 37, 41, 55, 88, 102 (Этилен),
103, 105 (Катионы)
- Свинца(II) ($\text{Pb}(\text{OH})_2$), 53 (Гидроксид)
- Цинка ($\text{Zn}(\text{OH})_2$), 37 (Амфотерное)
- Гидроксильная группа ($-\text{OH}$), 77, (Гомологи-
ческий ряд), 82 (I), 100 (г) и 4)
- Гидроксония ион (H_3O^+), 36, 38
- Гидролиз, 40
- Гидросульфат натрия (NaHSO_4), 39
- Гидрофильная (часть молекулы), 88 (Моле-
кула детергента)
- Гидрофобная (часть молекулы), 88 (Молеку-
ла детергента)

Гипохлорит натрия (NaOCl), 73, 116 (Отбеливатель)
Гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 57, (Сульфат кальция)
Гликоген, 90 (Глюкоза)
Глинозем, см. Оксид алюминия
Глицерин, 83, 88, 91
Глицин, 91
Глюкоза ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), 83 (Спиртовое брожение), 90, 95, 116
Гольмий (Ho), 51, 98
Гомогенное (вещество), 9
Гомогенный катализатор, 47
Гомологический ряд, 77, 80–81
Гомополимер, 86
Горение, см. Горение
Градуировка, 117
Гранецитрированная кубическая (кристаллическая решетка), 23
Графит, 64, 98
Группа 0 (элементы), см. Группа VIII
Группа I (элементы), 50, 54–55
Группа II (элементы), 50, 56–57
Группа III (элементы), 51, 62
Группа IV (элементы), 51, 63–65
Группа V (элементы), 51, 66–68
Группа VI (элементы), 51, 69–71
Группа VII (элементы), 51, 72–74
Группа VIII (элементы), 51, 75
Грэма закон диффузии, 29

Д

Давление (Давления), 28–29, 115
Дальтона закон парциальных, 29
Закон, 28
Комнатное, 29
Нормальное, 29 (н.у.)
Парциальное, 29
Дальтона атомная теория, 10
Дальтона закон парциальных давлений, 29
Даниэля элемент, 45
Дауна ячейка электролитическая, 54
Движение Броуновское, 9
Двойная связь, 18, 100 (6) и 2)
Двойная соль, 40
Двухатомная (молекула), 10
Двухвалентный (элемент) (ковалентность), 19
Двухвалентный (элемент) (электровалентность), 17
Двухосновная (кислота), 39
Дегидратация, 40
Дегидратирующий агент, 116
Деитерий (D), 53
Деитерия оксид, см. Оксид деитерия
Декантирование, 106
Деление ядра, 15
Делительная воронка, 110
Делокализация, 20, 23 (металлическая кристаллическая решетка)
Денитрифицирующие бактерии, 95
Деполимеризация, 86
Держатель для пробирок, 111
Деструктивная перегонка угля, 65 (Уголь)
Детергент (Детергенты), 88–89
Безмыльные, 89
Биоразрушаемые, 89
Молекула, 88, 89
Небиоразрушаемые, 89 (Биоразрушаемые детергенты)
Синтетические, см. Безмыльные
Ферментативные, см. Биологические стиральные порошки
Джоуль (Дж), 115
Диаграмма уровней энергии, 32
Диазота оксид, см. Оксид диазота
Диамин, 81
Дизельное топливо, 85
Дикарбоновые кислоты, 81

Димер, 11
Димеризация, 67 (Диоксид азота)
Диоксид азота (NO_2), 11, 48, 64, 67, 68, 96, 97
Диоксид кремния (SiO_2), 63
Диоксид серы (SO_2), 37, 71, 96 (Смог, Кислотные дожди)
Диоксид углерода (CO_2), 19, 26, 34, 36 (Кислота), 55, 57, 60, 64, 65, 69 (Оксиды), 83, 90, 94, 95 (Фотосинтез), 96, 97, 102, 103 (Азот), 104 (Газы, Анионы)
Диол, 83
Дипептиды, 91
Дисахариды, 90 (Сахароза)
Дисерная кислота, 71 (Контактный способ)
Диспрозий (Dy), 51, 98
Диспропорционирование, 34 (Окислительно-восстановительные реакции)
Диссоциация, 48
Термическая, 48 (Диссоциация)
Дистиллированная вода, 93
Дистиллят, 106
Дистилляция, см. Перегонка
Дифракционная картина, 22 (Рентгеновская кристаллография)
Диффузия, 9
Закон Грэма, 29
Дихромат калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), 108 (Весовой анализ)
Длинные периоды (группы элементов), 50 (Период)
Доводка (мыла), см. Шлифовка
Додекагидрат сульфата алюминия-калия ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), 40
Доломит ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), 56 (Магний)
Доменная печь, 60
Донорно-акцепторная ковалентная связь, 18
Дополнительные пищевые продукты, 90 (I)
Древесный уголь, 65 (Уголь)
Дробная перегонка, см. Фракционная перегонка
Дрова, 94
Дрожжи, 83 (Спиртовое брожение)
Дым, 31
Дымящая серная кислота, см. Олеум

Е

Европий (Eu), 50, 98
Единицы СИ (Основные, Производные), 114–115
Едкий натр, см. Гидроксид натрия
Едкое кали, см. Гидроксид калия
Емкость (C), 115

Ж

Железа(II) соединения, см. Соединения железа(II)
Железа(II) сульфат, см. Сульфат железа(II)
Железа(II) сульфид, см. Сульфид железа(II)
Железа(II) тетраоксосульфат(VI), см. Сульфат железа(II)
Железа(II) хлорид, см. Хлорид железа(II)
Железа(III) гидратированный оксид, см. Ржавчина
Железа(III) гидроксид, см. Гидроксид железа(III)
Железа(III) оксид гидратированный, см. Ржавчина
Железа(III) оксид, см. Гематит
Железа(III) соединения, см. Соединения железа(III)
Железа(III) хлорид, см. Хлорид железа(III)
Железный купорос, см. Гептагидрат сульфата железа(II)
Железо (Fe), 35, 51, 58, 60, 97, 98, 105 (Катионы)
Передельный чугун, 60 (Железо)

Жесткая вода, 93
Жидкий азот, 66 (Азот)
Жидкий воздух, фракционная перегонка, 66 (Азот), 69 (Кислород), 75 (I), 94 (I)
Жидкое состояние, 6
Жиры, 90 (I), 91 (Липиды)

З

Завершение (химической реакции), 48 (I)
Загрязнение окружающей среды, 96
Тепловое, 96
Загрязнители (окружающей среды), 96 (I)
Закимы, 111
Закис азота, см. Оксид диазота
Закон (Законы)
Авогадро, 29
Бойль-Мариотта, 28
Газовые, 28–29
Гей-Люссака, 29
Гесса, 33
Грэма, 29
Давления, 28
Дальтона, 29
Диффузии Грэма, 29
Кратных отношений, 11
Объемов, 28
Парциальных давлений Дальтона, 29
Постоянства состава, 11
Сохранения массы, 11
Сохранения энергии, 32
Третий газовый, см. Закон давления Фарадея (электролиза), 43
Электролиза Фарадея, 43
Замерзание, 7
Замерзания точка, 7 (Замерзание)
Замещения реакция, 78
Замкнутая система, 48
Затвердевание, 6
Затравочный кристалл, 21
Защита протекторная, 45
Защита протекторная, см. Защита протекторная
Зеленый купорос, см. Гептагидрат сульфата железа(II)
Значение Rf, 107 (Хроматография)
Золото (Au), 51, 59, 61, 98

И

Идеальный газ, 28
Уравнение состояния, 28
Известковая вода, 57 (Гидроксид кальция), 104 (Газы)
Известняк, 57 (Карбонат кальция), 60
Известь негашеная, см. Оксид кальция
Извлечение металла (электролизом), 43
Излучение радиоактивное, см. Радиация
Изменения состояния, 6–7
Изотоп, 117
Изотопия, 19
Изотопы, 13, 108 (Масс-спектрометрия)
Структурные, 77
Изотопизм, 22
Изотоп (Изотопы), 13, 108 (Масс-спектрометрия)
Радиоактивный, см. Радиоизотоп
Изотопная масса, относительная, 24
Изотопное отношение, 24
Импульс, 115
Ингибитор, 47
Индий (In), 51, 62, 98
Индикатор, 38
Универсальный, 38
Инертное, 117
Инертные газы, см. благородные газы
Инертный электрод, 42
Иод (I_2), 23, 51, 72, 74, 98, 101 (9)
Настойка, 74

Иодат натрия (NaIO_3), 74 (Иод)
 Иодиды, 72 (I), 74, 104 (Анионы)
 Калия (KI), 41, 72, 74 (Иод)
 Свинца (II) (PbI_2), 41
 Серебра (AgI), 74 (Иодиды)
 Иодоводород (HI), 74
 Иодоводородная кислота, 74 (Иодоводород)
 Ион (Ионы), 16
 Гидроксония (H_3O^+), 36, 38
 Комплексный, 40 (Комплексная соль)
 Оксония, см. Гидроксония
 Ионизация, 16
 Ионная решетка, кристаллическая, 17, 23
 Ионная теория электрофореза, 42
 Ионное связывание, 17 (I)
 Ионное соединение, 17
 Ионное уравнение, 27
 Ионные связи, 17
 Ионный обмен, 93
 Иридий (Ir), 51, 59, 98
 Ископаемые топлива, 94 (Топливо)
 Искусственные алмазы, 64 (Алмаз)
 Искусственные полимеры, см. Синтетические полимеры
 Испарение, 7
 Исходные вещества, 5
 Иттербий (Yb), 51, 99
 Иттрий (Y), 50, 59, 99

К

Кадмий (Cd), 51, 59, 98
 Калий едкое, см. Гидроксид калия
 Калий (K), 50, 54, 55, 97, 99, 105 (Окрашивающие пламени)
 Калифорний (Cf), 51
 Калия бромид, см. Бромид калия
 Калия гидроксид, см. Гидроксид калия
 Калия дихромат, см. Дихромат калия
 Калия иодид, см. Иодид калия
 Калия карбонат, см. Карбонат калия
 Калия нитрат, см. Нитрат калия
 Калия перманганат, см. Перманганат калия
 Калия сульфат, см. Сульфат калия
 Калия хлорид, см. Хлорид калия
 Калориметрическая бомба, 33
 Калориметрия, 116
 Кальций (Ca), 50, 56, 57, 93, 97, 98, 105 (Катионы, Окрашивание пламени)
 Кальцинированная сода, см. Карбонат натрия
 Кальцит, 57 (Карбонат кальция)
 Кальция гидрокарбонат, см. Гидрокарбонат кальция
 Кальция гидроксид, см. Гидроксид калия
 Кальция карбонат, см. Карбонат калия
 Кальция метасиликат, см. Метасиликат калия
 Кальция оксид, см. Оксид калия
 Кальция стеарат, см. Стеарат калия
 Кальция сульфат, см. Сульфат калия
 Кальция хлорид, см. Хлорид калия
 Каменная соль, 54 (Натрий), 55 (Калий)
 Каменноугольная смола, 65 (Уголь)
 Канделя (кд), 114
 Канальная воронка, 110
 Карбоксильная группа ($-\text{COOH}$), 81 (Карбоновые кислоты), 91 (Аминокислоты), 100 (ж), 101 (7)
 Карбонат (Карбонаты), 36 (Кислота), 41 (метод 2), 65, 97, 104 (Анионы)
 Калия (K_2CO_3), 55
 Кальция (CaCO_3), 27 (Тривиальное название), 39, 57, 65 (Карбонаты), 93 (Временная жесткость), 102 (Диоксид углерода)
 Магния (MgCO_3), 41
 Натрия (Na_2CO_3), 55, 92, 93 (Стиральная сода), 103

Карбонильная группа ($-\text{CO}-$), 80 (Кетоны), 100 (е), 101 (6)
 Карбоновые кислоты, 81, 88 (Мыло), 91 (Липиды), 101 (7)
 Катализ, 47 (Катализатор)
 Катализатор, 47
 Гетерогенный, 47
 Гомогенный, 47
 Поверхностный, 47
 Каталитический крекинг, 84 (Крекинг)
 Катионы, 16, 105
 Катод, 42 (Электрод)
 Катодная защита, см. Протекторная защита
 Каустическая сода, см. Гидроксид натрия
 Каучук, 87 (Природные полимеры)
 Качественные свойства, 5
 Качественный анализ, 104 (I), 106 (I), 108
 Кварц, 8, 63 (Диоксид кремния)
 Квасцы, см. Додекагидрат сульфата алюминия-калия
 Кельвин (K), 29 (Абсолютная шкала температур), 115
 Керамический треугольник, 111
 Керосин, 85
 Кетоны, 80, 101 (6)
 Килограмм (кг), 114
 Килоджоуль (кДж), 32
 Кинетическая кривая, 46 (Скорость реакции)
 Кинетическая теория, 9
 Киноварь (HgS), 59 (Ртуть)
 Кипение, 7
 Кипения точка, 7 (Кипение), 98-99
 Кислая соль, 39
 Кислое (вещество), 36
 Кислород (O/O_2), 18, 35, 48, 51, 56, 64, 68, 69, 90, 94, 95, 97, 99, 100, 101, 103, 104 (Газы)
 Кислородно-конверторный способ, 60 (Сталь)
 Кислота (Кислоты), 36-38
 Адипиновая ($\text{COOH}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$), 86
 Азотистая (HNO_2), 67 (Диоксид азота), 96 (Кислотные дожди)
 Азотная (HNO_3), 64, 67 (Диоксид азота), 68, 104 (Анионы)
 Аскорбиновая ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$), 36, 91
 Гексаноидовая, см. Адипиновая
 Дикарбоновые, 81
 Дисерная ($\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7$), 71 (Контактный способ)
 Иодоводородная, 74 (Иодоводород)
 Карбоновые, 81, 88 (Мыло), 91 (Липиды), 101 (7)
 Метановая, см. Муравьиная
 Муравьиная (HCOOH), 36, 81, 101 (7)
 Неорганическая, 36
 Октадекановая ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$), 88 (Омыление), 91
 Органические, 36
 Пропановая ($\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$), 82
 Серная (H_2SO_4), 36, 41, 71, 102 (Этилен), 103 (Водород), 104 (Нитрат-анион), 105 (Катион кальция), 116 (Дегидратирующий агент)
 Сернистая (H_2SO_3), 37, 71, 96 (Кислотные дожди)
 Сильные, 38
 Слабые, 38
 Соляная, см. Хлороводородная
 Стеариновая, см. Октадекановая
 Угольная (H_2CO_3), 65, (Диоксид углерода), 96 (Кислотные дожди)
 Уксусная (CH_3COOH), 36, 37, 81, 83, 101 (7)
 Фосфорная (H_3PO_4), 68 (Пентаоксид фосфора)
 Хлороводородная (HCl), 29, 41, 56, 57, 73 (Хлороводород), 102 (Диоксид углерода)

да, Хлор), 103 (Водород), 104 (Анионы), 108 (Окрашивание пламени)
 Щавелевая ($(\text{COOH})_2$), 36, 81
 Этандиовая, см. Щавелевая
 Этановая, см. Уксусная
 Кислотные дожди, 92, 96
 Кислотный остаток, 39
 Клапейрона—Менделеева уравнение, 28
 Клящее (вещество), 116
 Кобальт (Co), 51, 58, 98
 Кобальта (II) хлорид, см. Хлорид кобальта (II)
 Ковалентная связь, 18 (I)
 Донорно-акцепторная, 18
 Ковалентное связывание, 18-19
 Ковалентность, 19
 Ковалентные соединения, 18 (I)
 Ковкое (вещество), 117
 Ковкость, 117 (Ковкое)
 Кокс, 60, 65 (Уголь), 94
 Колба (Колбы), 110
 Бюхнера, 106, 110
 Коническая, 110
 Круглодонная, 110
 Мерная, 110
 Плоскодонная, 110
 Количественные свойства, 5
 Количественный анализ, 106 (I), 108
 Коллоид, 31
 Колоночная хроматография, 107
 Колпачки, 84
 Кольцо (атомов), 70, 76 (I)
 Бензольное, 76 (Ароматические соединения)
 Комнатные условия, 25 (Молярный объем)
 Комплексная соль, 40
 Комплексный ион, 40 (Комплексная соль)
 Конденсации реакция, 83
 Конденсация, 7
 Конечная точка, 108 (Объемный анализ)
 Коническая колба, 110
 Контактный способ, 71
 Концентрация, 25, 115
 Массовая, 25 (Концентрация)
 Концентрированный (раствор), 30
 Координационная связь, см. Донорно-акцепторная ковалентная связь
 Короткие периоды (группы элементов), 50 (Период)
 Коррозия, 43, 95
 Коруэнд (Al_2O_3), 62 (Оксид алюминия)
 Красный фосфор, 68 (Фосфор), 99
 Кратных отношений закон, 11
 Крахмал, 87 (Природные полимеры), 90
 Крекинг, 84
 Каталитический, 84 (Крекинг)
 Кремень, 63 (Диоксид кремния)
 Кремнезем, см. Диоксид кремния
 Кремний (Si), 51, 63, 99
 Кремния (IV) оксид, см. Диоксид кремния
 Кремния диоксид, см. Диоксид кремния
 Кривая
 Кинетическая, 46 (Скорость реакции)
 Радиоактивного распада, 15
 Растворимость, 31 (Растворимость)
 Криолит (Na_3AlF_6), 62
 Криптон (Kr), 51, 75, 98
 Кристалл (Кристаллы), 21-23
 Затравочный, 21
 Кристаллизатор, 109
 Кристаллизация, 21, 107
 Вода, 21
 Кристаллическая решетка (Кристаллические решетки), 22 (I), 23
 Атомная, 23
 Ионная, 17, 23
 Металлическая, 23
 Кристаллическое (вещество), 21 (I)
 Кристаллография рентгеновая, 22

Критическая температура, 6 (Газообразное состояние)
Круговорот азота, 95
Круговорот воды, 92
Круговорот углерода, 95
Круговорот углерода, 95
Ксенон (Xe), 15, 51, 75, 99
Ксенона тетрафторид, см. Тетрафторид ксенона
Кубическая (основная форма кристалла), 22
Гранецентрированная (кристаллическая решетка), 23
Объемноцентрированная (кристаллическая решетка), 23
Плотнейшая упаковка (кристаллическая решетка), 23
Простая (кристаллическая решетка), 23
Кулон (Кл), 43, 115
Кулонометр, см. Вольтметр
Купроникель, 61
Кюри (единица), 15 (Беккерель)
Кюри (Cm), 51

Л

Лабораторные анализы, 104–105
Лакмус, 38
Лантан (La), 50, 59, 98
Лантана оксид, см. Оксид лантана
Лантаниды, 59 (Лантан)
Латекс, 117
Латунь, 61
Ле Шателье принцип, 49
Легкие фракции (нефти), 84 (Фракция)
Лед, 6, 33, 92
Летучее (вещество), 117
Либиха холодильник, 106, 109
Лигнит, 65 (Уголь)
Линейная (молекула), 19
Липиды, 91
Литейный чугун, 60 (Железо)
Литий (Li), 50, 54, 66, 98, 105 (Окрашивание пламени)
Лития гидроксид, см. Гидроксид лития
Лития нитрид, см. Нитрид лития
Лития хлорид, см. Хлорид лития
Лоток (оборудование), 111
Лоуренсий (Lr или Lw), 51
Лютеций (Lu), 51, 98

М

Магний (Mg), 16, 34, 35, 50, 56, 93, 97, 99, 105 (Катионы)
Магния гидроксид, см. Гидроксид магния
Магния карбонат, см. Карбонат магния
Магния оксид, см. Оксид магния
Магния стеарат, см. Стеарат магния
Магния сульфат, см. Сульфат магния
Магния хлорид, см. Хлорид магния
Мазут, 85
Макромолекула, 11
Малахит ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$), 61 (Медь)
Марганец (Mn), 51, 58, 99
Марганца (II) хлорид, см. Хлорид марганца (II)
Марганца (IV) оксид, см. Оксид марганца (IV)
Масло (Масла) (пищевые), 91 (Липиды)
Смазочное, 85
Масса (m), 114 (I), 117
Закон сохранения, 11
Материя, 25
Относительная атомная, 24, 50–51, 98–99
Относительная изотопная, 24
Относительная молекулярная, 24
Относительная формульная, см. Относительная молекулярная масса
Массовая концентрация, 25 (Концентрация)

Массовое число, 13, 14 (I)
Масс-спектрометр, 24 (I), 108 (Масс-спектроскопия)
Масс-спектроскопия, 108
Маточный раствор, 21
Мгновенная скорость (реакции), 46
Меди (I) оксид, см. Оксид меди (I)
Меди (I) соединения, 61
Меди (I) хлорид, см. Хлорид меди (I)
Меди (II) нитрат, см. Нитрат меди (II)
Меди (II) оксид, см. Оксид меди (II)
Меди (II) соединения, 61, 105 (Катионы)
Меди (II) сульфат, см. Сульфат меди (II)
Основной, см. Основной сульфат меди (II)
Меди (II) хлорид, см. Хлорид меди (II)
Медицинская пипетка, 111
Медленное старение, 94
Медь (Cu), 34, 44, 51, 58, 61, 71, 97, 98, 103 (Азот), 105 (Катионы, окрашивание пламени)
Международная Система единиц, см. Единицы СИ
Межмолекулярные силы, 20
Мел, 27 (Тривиальное название), 57 (Карбонат кальция)
Менделевий (Md), 51
Мерная колба, 110
Мерный цилиндр, 110
Метаболизм, 117
Металл (Металлы), 51
Извлечение (электролизом), 43
Переходные, 51, 58–61
Щелочноземельные, 51, 56–57
Щелочные, 51, 54–55
Металлическая кристаллическая решетка, 23
Металлическая связь, 20
Металлоиды, 51
Метан (CH_4), 11, 19, 76, 77, 78, 84 (I), 94, 100 (I)
Метаналь, см. Формальдегид
Метановая кислота, см. Муравьиная кислота
Метанол (CH_3OH), 77, 82, 100 (4а)
Метасиликат кальция (CaSiO_3), 63 (Силикаты)
Метиламин (CH_3NH_2), 81
Метилметакрилат, 87
Метиловый спирт, см. Метанол
Метилоранж, 38
Метил-*трет*-бутиловый эфир, 85 (Октановое число)
Метильная группа ($-\text{CH}_3$), 101 (8)
Метка, 15 (Радиоактивное мечение)
Метоксиметан (CH_3OCH_3), 77
Метр (м), 114
Мечение радиоактивное, 15
Микроэлементы, 117
Минерал, 117
Миозин, 91
Мицелла, 88
Многоатомная (молекула), 10
Многоатомные спирты, 83
Молекула (Молекулы), 10, 11, 18–20, 24 (Относительная молекулярная масса), 26, 28
Детергента, 88, 89
Неполярная, 19 (Полярная молекула)
Полярная, 19
Молекулярная кристаллическая решетка, 23
Молекулярная масса, относительная, 24
Молекулярная формула, 26
Молекулярный вес, см. Относительная молекулярная масса
Молибден (Mo), 51, 59, 99
Молочный (осадок), 31
Моль, 25, 114
Молярная масса, 25
Молярная теплота парообразования, см. Молярная энтальпия парообразования

Молярная теплота плавления, см. Молярная энтальпия плавления
Молярная энтальпия
Парообразование, 32 (Энтальпия реакции), 33
Плавления, 32 (Энтальпия реакции), 33
Молярность, 25
Молярный объем, 25
Молярный раствор, 25
Моноклиная (основная форма кристалла), 22
Моноклиная сера, 22, 70, 99
Мономеры, 11, 86, 90 (Крахмал), 91
Моноксид азота (NO), 48, 67, 68
Моноксид углерода (CO), 60, 64, 65, 96
Моносахариды, 90 (Углеводы, Глюкоза, Сахароза, Крахмал)
Монотропия, 22
Мостик-подставка, 109
Мощность, 115
Мрамор, 57 (Карбонат кальция), 102 (Диоксид углерода)
Муравьиная кислота (HCOOH), 36, 81, 101 (7)
Муравьиный альдегид, см. Формальдегид
М-число, 25 (Молярность)
Мыло, 88, 93
Мышьяк (As), 51, 66, 98
Мягкая вода, 93 (Жесткая вода)

Н

н. у. 29
Над водой (собираение газа), 102 (Диоксид углерода, Этилен), 103 (Азот)
Найлон-66, 87 (Найлоны)
Найлоны, 87
Накипь, 93 (Временная жесткость)
Напряжение, см. Разность потенциалов
Напряжений ряд, 45
Настойка иода, 74
Насыщенные соединения, 77
Насыщенный (раствор), 77
Натр едкий, см. Гидроксид натрия
Натрий (Na), 13, 17, 34, 50, 54, 82, 93, 97, 99, 105 (Окрашивание пламени)
Натрия алюминат, см. Тетрагидрооксалоимнат натрия
Натрия бикарбонат, см. Гидрокарбонат натрия
Натрия бромид, см. Бромид натрия
Натрия гидрокарбонат, см. Гидрокарбонат натрия
Натрия гидроксид, см. Гидроксид натрия
Натрия гидросульфат, см. гидросульфат натрия
Натрия гипохлорит, см. Гипохлорит натрия
Натрия иодат, см. Иодат натрия
Натрия карбонат, см. Карбонат натрия
Натрия нитрат, см. Нитрат натрия
Натрия октадеканат, см. Стеарат натрия
Натрия стеарат, см. Стеарат натрия
Натрия сульфат, см. Сульфат натрия
Натрия сульфит, см. Сульфит натрия
Натрия хлорат, см. Хлорат натрия
Натрия этанолат, см. Этилат натрия
Натрия-алюминия силикат, см. Цеолит
Нафта, 85 (Химическое сырье)
Начальная скорость (реакции), 46
Нашатырь, см. Хлорид аммония
Небиоразрушаемые детергенты, 89 (Биоразрушимые детергенты)
Неводные растворители, 30 (Водный растворитель)
Неводные растворы, 30 (Водный раствор)
Негашеная известь, см. Оксид кальция
Нейтрализация, 37
Теплота, см. Энтальпия
Энтальпия, 32
Нейтральное (вещество), 37
Нейтроны, 12, 14 (I)

Нелинейная (молекула), 19
 Неметалл, 51 (Металл)
 Ненасыщенные соединения, 77
 Неодим (Nd), 50, 99
 Неон (Ne), 51, 75, 99
 Неорганическая кислота, 36
 Неорганическая химия, 52, 53–75
 Неочищенное (вещество), 9 (Чистое)
 Неподделенная пара (электронов), 19
 Неполярная молекула, 19 (Полярная молекула)
 Неполярный растворитель, 30
 Нептуний (Np), 50, 99
 Нерастворимое (вещество), 31 (Растворимое)
 Нержавеющая сталь, 60 (Сталь)
 Несветящаяся пламя, 94
 Несмешивающиеся (жидкости), 31 (Смешивающиеся)
 Нефтепереработка, см. Переработка нефти
 Газы, 85
 Нефть, 84–85, 94, 95
 Первичная перегонка, 84
 Сырая, 84 (I)
 Фракционная перегонка, см. Первичная перегонка
 Незлектролит, 42
 Никель (Ni), 51, 58, 99
 Никеля сульфид, см. Сульфид никеля
 Ниобий (Nb), 51, 59, 99
 Нитрат (Нитраты), 41, 68, 95, 96 (Эвтрофикация), 97
 Аммония (NH_4NO_3), 39, 67, 68 (Нитраты)
 Калия (KNO_3), 39, 41, 55
 Меди (II) ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$), 67
 Натрия (NaNO_3), 31, 55, 68
 Свинца (II) ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$), 41
 Серебра (AgNO_3), 31, 104 (Анионы)
 Нитрид (Нитриды), 66 (Азот)
 Лития (Li_3N), 66
 Нитриты, 68, 96 (Эвтрофикация), 97
 Нобелий (No), 51
 Номер атомный (Z), 13, 50–51, 98–99
 Нонан (C_9H_{20}), 84
 Нормальные условия, см. н. у.
 Ньютон (N), 115

О

Обезвоживание, 107
 Облучение, 15
 Обманка цинковая, см. Сфалерит
 Обменное разложение, 41
 Образования теплота, см. Образования энтальпия
 Образования энтальпия, 33
 Обратимые реакции, 48–49
 Обратная реакция, 48
 Обратный холодильник, 109
 Общая формула, 77 (Гомологический ряд)
 Общее уравнение состояния газа, см. Уравнение состояния идеального газа
 Объем (Объемы), 28–29, 115, 117
 Закон, 28
 Молярный, 25
 Объемноцентрированная кубическая (кристаллическая решетка), 23
 Одинарная связь, 18, 100 (a) и 1)
 Одноатомная (молекула), 10
 Оновалентный (элемент) (ковалентность), 19
 Оновалентный (элемент) (электровалентность), 17
 Одноосновная (кислота), 39
 Озон (O_3), 69, 93, 96 (Разрушение озона)
 Окисление, 34–35
 Степень, 35
 Число, 35
 Окислитель, 34
 Окислительно-восстановительные (реакции), 34

Потенциалы, 35
 Ряд, 35
 Окись азота, см. Моноксид азота
 Оксид (Оксиды), 69, 95 (Коррозия)
 Азота, см. Моноксид углерода
 Алуминия (Al_2O_3), 62, 69 (Оксиды)
 Дейтерия (D_2O), 53 (Дейтерий)
 Диоксида (N_2O), 11, 67
 Железа (III), см. Гематит
 Гидратированный, см. Ржавчина
 Кальция (CaO), 57, 60, 69 (Оксиды)
 Кремния (IV), см. Диоксид кремния
 Лантана (La_2O_3), 59 (Лантан)
 Магния (MgO), 35, 56, 57
 Марганца (IV) (MnO_2), 102 (Хлор), 103 (Кислород)
 Меди (I) (Cu_2O), 61 (Соединения меди (I))
 Меди (II) (CuO), 34, 41, 71, 103
 Свинца (II) (PbO), 63 (Свинец)
 Свинца (IV) (PbO_2), 63 (Свинец)
 Углерода, см. Моноксид углерода
 Цинка (ZnO), 61 (Цинк)
 Оксония ион, см. Гидроксония ион
 Октадекановая кислота ($\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$), 88 (Мыло), 91
 Октановое число, 85
 Октанол-3, 101 (46)
 Окуривание, см. Фумигация
 Олеум, 71 (Контактный способ)
 Олефины, см. Алкены
 Олово (Sn), 51, 63, 99
 Ом, 115
 Омыление, 88 (Мыло)
 Определение точки кипения, 107
 Определение точки плавления, 107
 Опреснение, 93
 Орбиталь, 13
 Органическая кислота, 36
 Органическая химия, 76, 77–91
 Органические соединения, 76 (I), 100–101
 Органический растворитель, 117
 Орторомбическая сера, см. Ромбическая сера
 Осадок, 31
 Осмий (Os), 51, 59, 99
 Осмия тетраоксид, см. Тетраоксид осмия
 Основание (Основания), 36 (I), 37
 Сильные, 38
 Слабые, 38
 Основная соль, 40
 Основная цепь (атомов), 76
 Основное (вещество), 37 (Основание)
 Основной сульфат меди ($\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$), 61 (Медь)
 Основной хлорид цинка ($\text{Zn}(\text{OH})\text{Cl}$), 40
 Основность, 39
 Основные величины, 114
 Основные единицы СИ, 114
 Оствальда процесс, 68 (Азотная кислота)
 Осушитель, 107 (Обезвоживание), 116
 Отбеливатель, 116
 Открытая система, 48 (Замкнутая система)
 Относительная
 Атомная масса, 24, 50–51, 98–99
 Изотопная масса, 24
 Молекулярная масса по формуле, см.
 Относительная молекулярная масса
 Молекулярная масса, 24
 Плотность паров, 29
 Отрицательный полюс, 45 (Элемент (в электрохимии))
 Охладитель, 116
 Очистковывание, 45, 60
 Очистка (воды), 93

П

Палладий (Pd), 51, 59, 99
 Пар, 6

Пар, перегретый, 117
 Парафиновые воски, см. Углеводородные воски
 Парафины, см. Алканы
 Парниковый эффект, 96
 Парообразование, 7
 Молярная теплота, см. Молярная энтальпия
 Молярная энтальпия, 32 (Энтальпия реакции), 33
 Парциальное давление (давления), 29
 Закон Дальтона, 29
 Паскаль (Па), 115
 ПВХ, см. Поливинилхлорид
 Пена (мыльная), 93 (Жесткая вода)
 Пена, 31
 Пентан (C_5H_{12}), 78
 Пентаоксид ванадия (V_2O_5), 58 (Ванадий), 71 (Контактный способ)
 Пентаоксид фосфора (P_2O_5), 68, 116 (Осушитель)
 Пентен-1 (C_5H_{10}), 79
 Первичная перегонка (нефти), 84
 Первичные амины, 81
 Первичные спирты, 82, 83
 Первичные элементы (в электрохимии), 45 (Элемент)
 Перегонка, 106
 Деструктивная, 65 (Уголь)
 Дробная, см. Фракционная
 Первичная (нефти), 84
 Фракционная, 106
 (жидкого воздуха), 67 (Азот), 69 (Кислород), 75 (I), 94 (I)
 (нефти), см. Первичная
 Перегретый пар, 117
 Переработка нефти, 84
 Пересыщенный (раствор), 31
 Перехода температура, 22
 Переходные металлы, 51, 58–61
 Период (группа элементов), 50
 Длинный, 50 (Период)
 Короткий, 50 (Период)
 Период полураспада ($T_{1/2}$), 15
 Периодическая таблица, 50–51
 Перманганат калия (KMnO_4), 82
 Пероксид водорода (H_2O_2), 53, 103 (Кислород)
 Пероксиды, 35 (правило 4)
 Песок, 9, 63
 Пигменты, 117
 Пипетка (Пипетки), 111
 Медицинская, 111
 Пирамидальная (молекула), 19
 Пирролизит (MnO_2), 58 (Марганец)
 Питательные вещества, 90 (I)
 Питательная сода, см. Гидрокарбонат натрия
 Лица, 90–91
 Пищевые продукты дополнительные, 90 (I)
 Плавление, 7, 6
 Молярная теплота, см. Молярная энтальпия
 Молярная энтальпия, 32, 33 (Энтальпия реакции)
 Точка, 6 (Плавление), 98, 99
 Определение, 107
 Пламя, 94
 Несветящееся, 94
 Окрашивание, 105, 108
 Проба на окрашивание, 105, 108
 Светящееся, 94
 Пластическая сера, 70
 Пластическое (вещество), 116
 Пластичность, 116 (Пластичное)
 Пластмассы, 87
 Термопластичные, 87 (Пластмассы)
 Термореактивные, 86, 87 (Пластмассы)
 Платина (Pt), 51, 59, 68, 99, 108 (Окрашивание пламени)

Платиновый электрод, 44
Плоскость спайности, 22
Плотность (ρ), 98–99, 115, 116
Плотность паров относительная, 29
Площадь (S), 115
Плутоний (Pu), 14, 50, 99
Поверхностно-активные вещества, 89
Поверхностное натяжение, 117
Поверхностный катализатор, 47
Подуровень, 13 (Орбиталь), 51 (Примечания)
Поли((1-метоксикарбонил)-1-метилэтилен), см. Акрил
Поли(метилметакрилат), см. Акрил
Полиамиды, 87
Поливинилхлорид, 80 (Ацетилен), 86, 87
Поликонденсация, 86
Полимеры, 86–87
Искусственные, см. Синтетические
Природные, 87, 90 (Крахмал), 91 (Белки)
Синтетические, 86, 87
Полиморфизм, 22
Полиненасыщенные соединения, 77
Полипептиды, 91
Полиприсоединение, 86
Полипропилен, 79 (Пропилен)
Полисахариды, 90 (Углеводы, Глюкоза, Крахмал)
Полистирол, 87, 96 (Разрушение озона)
Полифенилэтилен, см. Полистирол
Полихлорвинил, см. Поливинилхлорид
Полихлорэтилен, см. Поливинилхлорид
Полизитил, 79, 86, 87
Полизифры, 87
Положение равновесия, 49
Положительный полюс, 45 (Элемент)
Полоний (Po), 51, 69, 99
Полупроводники, 62, 66, 69, 117
Полураспада период ($T_{1/2}$), 15
Полуэлемент, 44
Полюса, 45 (Элемент)
Поляризация, 19 (Полярная молекула)
Полярная молекула, 19
Полярная связь, 19
Полярный растворитель, 30
Пористый (сосуд), 45
Постоянная, 116
Газовая, 28, 116 (Постоянная)
Постоянства состава закон, 11
Потенциал
Окислительно-восстановительный, 35
Электродный, 44
Потенциалов разность, см. Разность потенциалов
Потускнение, 117 (Тускнеть)
Празеодим (Pr), 51, 99
Приборы (химические), 109–111
Примесь, 9 (Чистое)
Принцип Ле Шателье, 49
Природные полимеры, 87, 90 (Крахмал), 91 (Белки)
Природные смолы, 117 (Смолы)
Природный газ, 78 (Метан, Этан), 84 (I), 94
Присоединения реакция, 79
Приставки (числовые), 114
Пробирка для кипячения, 111
Пробирка для прокаливании, 111
Пробирки, 111
Пробы, 104–105
На анионы, 104
На воду, 104
На катионы, 105
На окрашивание пламени, 105, 108
Проводимость, 116
Проводник, 116
Продукты (реакции), 5
Производные величины, 114 (I), 115
Производные единицы СИ, 115
Прометий (Pm), 51, 99

Промотор, 47
Пропан (C_3H_8), 78, 100
Пропановая кислота (C_2H_5COOH), 82
Пропанол-1 (C_3H_7OH), 82
Пропанол-2 ($CH_3CHONCH_3$), 82
Пропанон, см. Ацетон
Пропантриол-1,2,3, см. Глицерин
Пропен, см. Пропилен
Пропилен (C_3H_6), 79, 100
Пропин (C_3H_4), 80, 100
Простая кубическая (кристаллическая решетка), 23
Протактиний (Pa), 14, 50, 99
Протекторная защита, 45
Протоны, 12, 14 (I)
Процентный состав, 26
Прямая реакция, 48
Прямое вытеснение, 41
Прямой синтез, 41
Прямойлинейная цепь (атомов), 76
Передельный чугун, 60 (Железо)

Р

Работа (A) (величина), 115
Равновесие, 48
Химическое, 49
Равновесия положение, см. Положение равновесия
Радиация, 14 (I)
Радий (Ra), 15 (Период полураспада), 50, 56, 99
Радиоактивного распада кривая, 15
Радиоактивное излучение, см. Радиация
Радиоактивное мечение, 15
Радиоактивность, 14–15
Радиоактивный изотоп, см. Радиоизотоп
Радиоактивный распад, 14
Радиоактивный ряд, см. Ряд распада
Радиоизотоп, 15
Радиология, 15
Радиотерапия, 15 (Радиология)
Радиоуглеродная датировка, 15
Радон (Rn), 51, 75, 99
Разбавленный (раствор), 30
Развернутая формула, 26
Разветвленная цепь (атомов), 76
Разложение, 48 (Диссоциация)
Обменное, 41
Разность потенциалов, 45, 115
Разрядка (ионов), 42 (Ионная теория электролиза)
Распад радиоактивный, 14
Распада радиоактивного кривая, 15
Распада ряды, 14
Расплавленное (вещество), 6
Расплавляющееся (вещество), 92
Рассол, 55 (Хлорид натрия)
Раствор, 30 (I)
Аммиака (NH_4OH), 67 (Аммиак), 104 (Анионы), 105 (Катионы)
Водный, 30
Молярный, 25
Неводный, 30 (Водный раствор)
Стандартный, 25
Растворение, энтропия, 33
Растворенное (вещество), 30
Растворимое (вещество), 31
Растворимость, 31
Кривая, 31 (Растворимость)
Растворитель, 30
Водный, 30
Неводный, 30 (Водный растворитель)
Неполярный, 30
Органический, 117
Полярный, 30
Растворяться, 30 (I)
Расщепление (ядра атома), 14
Reagent, 5

Реактив, 5
Реакционная способность, см. Активность
Реакция (Реакции), 5, 32–35, 42–49, 52
(ядерная), 15
Замещения, 78
Конденсации, 83
Обратимые, 48–49
Обратная, 48
Присоединения, 79
Прямая, 48
Скорость, 46–47
Стандартная энтропия, 32
Теплота, см. Энтропия реакции
Фотохимическая, 46
Цепная, 15 (Деление ядра)
Экзотермическая, 32
Эндотермическая, 32
Энтропия, 32
Стандартная, 32
Этерификации, 83 (Реакция конденсации)
Регулирующие стержни, 59 (Гафний), 62, 116
Редкие газы, см. Благородные газы
Редкоземельные элементы, см. Лантаниды
Ректификационная колонна, 69, 84 (Первичная перегонка)
Рений (Re), 51, 59, 99
Рентгеновская кристаллография, 22
Решетка кристаллическая, 22 (I), 23
Атомная, 23
Ионная, 17, 23
Металлическая, 23
Молекулярная, 23
Ржавление, 60 (Ржавчина), 95 (Коррозия)
Ржавчина ($Fe_2O_3 \cdot xH_2O$), 60
Риформинг, 84
Родий (Rh), 51, 59, 68, 99
Ромбическая сера, 22, 70, 99
Ртуть (Hg), 51, 59, 96, 99
Рубидий (Rb), 50, 54, 99
Руда, 117
Хромово-железная, 58 (Хром)
Рутений (Ru), 51, 59, 99
Ряд (Ряды)
Активности, 44, 97
Гомологический, 77, 80–81
Напряжений, 45
Окислительно-восстановительных потенциалов, 35
Радиоактивный, см. Ряд распада
Распада, 14

С

Самарий (Sm), 50, 99
Сахароза ($C_{12}H_{22}O_{11}$), 90
Сбалансированное уравнение, 27
Сверхпроводник, 65 (Бахминстерфуллерен)
Светящееся пламя, 94
Свинец (Pb), 51, 63, 64, 96, 97, 98, 105 (Окрашивание пламени, Катионы), 108 (Весовой анализ)
Свинца(II) ацетат, см. Ацетат свинца(II)
Свинца(II) гидроксид, см. Гидроксид свинца(II)
Свинца(II) иодид, см. Иодид свинца(II)
Свинца(II) нитрат, см. Нитрат свинца(II)
Свинца(II) оксид, см. Оксид свинца(II)
Свинца(II) соединения, см. Соединения свинца(II)
Свинца(II) сульфид, см. Галенит
Свинца(II) этаноат, см. Ацетат свинца(II)
Свинца(IV) соединения, см. Соединения свинца(IV)
Свинцово-кислотный аккумулятор, 36, 45
Свойства
Качественные, 5
Количественные, 5

- Физические, 4, 5, 98–99
Химические, 5
- Связи энергия, 32
Связывание, 16, 17–20
Ионное, 17
Ковалентное, 18–19
Связь (Связи), 16 (I)
Водородная, 20
Двойная, 18, 100 (б) и 2)
Донорно-акцепторная ковалентная, 18
Ионная, 17 (I)
Ковалентная, 18 (I)
Координационная, см. Донорно-акцепторная ковалентная
Одинарная, 18, 100 (а) и 1)
Полярная, 19
Тройная, 18, 100 (в) и 3)
- Сгорание, 94
Быстрое, 94
Медленное, 94
Теплота, см. Энтальпия
Энтальпия, 32
- Секунда (с), 114
Селен (Se), 51, 69, 99
Селитра, см. Нитрат калия
Чилийская, см. Нитрат натрия
Сера (S), 7, 22, 34, 41, 51, 69, 70, 99
α-, см. Ромбическая сера
β-, см. Моноклинная сера
Альфа- (α-), см. Ромбическая сера
Бета- (β-), см. Моноклинная сера
Моноклинная, 22, 70, 99
Орторомбическая, см. Ромбическая сера
Пластическая, 70
Ромбическая, 22, 70, 99
- Серебра бромид, см. Бромид серебра
Серебра иодид, см. Иодид серебра
Серебра нитрат, см. Нитрат серебра
Серебра хлорид, см. Хлорид серебра
Серебро (Ag), 46, 51, 59, 97, 99
Серная кислота (H_2SO_4), 36, 41, 71, 102, 103, 104 (Нитрат-анион), 105 (Катион кальция), 116 (Дегидратирующий агент)
Дымящая, 71 (Контактный способ)
Сернистая кислота (H_2SO_3), 36, 71, 96 (Кислотные дожди)
Серный цвет, 70
Сероводород (H_2S), 34, 71
Серы (IV) оксид, см. Диоксид серы
Серы (VI) оксид, см. Триоксид серы
Серы диоксид, см. Диоксид серы
Серы триоксид, см. Триоксид серы
Сетка, 110
Сжижение, 7
Сжиженный нефтяной газ, 85 (Газы нефтепереработки)
СИ единицы, см. Единицы СИ
Сила (Силы) (F), 115
Ван-дер-ваальсовы, 20
Межмолекулярные, 20
Электродвижущая (э.д.с.), 45
- Силикагель, 107 (Обезвоживание)
Силикат натрия-алюминия, см. Цеолит
Силикаты, 63
Силиконы, 63
Сильная кислота, 38
Сильное основание, 38
Сильный электролит, 42
Символы состояния, 27
Символы химические, 8, 98–99, 112–113
Синтез, 8
Прямой, 41
Синтез ядерный, 15
Синтетические deterгенты, см. Безмыльные deterгенты
Синтетические полимеры, 87
Синтетические смолы, 117 (Смолы)
Система единиц СИ, см. Единицы СИ
Система, 117
- Замкнутая, 48
Открытая, 48 (Замкнутая система)
Систематическое название, 27
Скандий (Sc), 50, 58, 99
Скорость (v), 115
Скорость реакции, 46–47
Кривая, см. Кинетическая кривая
Мгновенная, 46
Начальная, 46
Средняя, 46
Скрытая теплота, 32 (Энтальпия реакции)
Слабая кислота, 38
Слабое основание, 38
Слабый электролит, 42
Сложные эфиры, 81, 83 (Реакция конденсации)
Смазочное масло, 85
Смесь, 8
Сметанообразный (осадок), 31
Смешивающиеся (жидкости), 31
Смитсонит ($ZnCO_3$), 61 (Цинк)
Смог, 96
Смолы (Природные, Синтетические), 117
Сода
Кальцинированная, см. Карбонат натрия
Каустическая, см. Гидроксид натрия
Питьевая, см. Гидрокарбонат натрия
Стиральная, см. Стиральная сода
Соединение (Соединения), 8
Алифатические, 76
Ароматические, 76
Железа(II), 60, 105 (Катионы)
Железа(III), 60, 105 (Катионы)
Ионные, 17
Ковалентные, 18 (I)
Меди(I), 61
Меди(II), 61, 105 (Катионы)
Насыщенные, 77
Ненасыщенные, 77
Органические, 76 (I), 100–101
Полиненасыщенные, 77
Свинца(II), 63 (Свинец), 105 (Катионы)
Свинца(IV), 63 (Свинец)
Сокращенная структурная формула, 26
Соевой мостик, 44
Соль (Соли), 39–41, 55 (Хлорид натрия)
Безводная, 40
Двойная, 40
Каменная, 54 (Натрий), 55 (Калий)
Кислая, 39
Комплексная, 40
Основная, 40
Поваренная, 55 (Хлорид натрия)
Средняя, 39
Сольватация, 30
Сольные методы, 55 (Карбонат натрия)
Соляная кислота, см. Хлороводородная кислота
Сополимер, 86
Состояния вещества, см. Физические состояния
Состояния физические, 6–7
Газообразное, 6
Жидкое, 6
Изменения, 6–7
Символы, 27
Твердое, 6
Соударений теория, 46
Сохранения массы закон, 11
Сохранения энергии закон, 32
Спектр ядерного магнитного резонанса (ЯМР), 108
Спектроскопия ядерного магнитного резонанса (ЯМР), 108
Спирт (Спирты), 82–83, 82 (Этанол), 100 (4а и б)
Вторичные, 82, 83
Метиловый, см. Метанол
Многоатомные, 83
- Первичные, 82, 83
Третичные, 82, 83
Этиловый, см. Этанол
Спиртовое брожение, 83
Слав, 116
Спонтанное деление (ядра), 15 (Деление ядра)
Средняя скорость (реакции), 46
Средняя соль, 39
Стакан (химический), 109
Сталь, 60
Нержавеющая, 60 (Сталь)
Стандартная энтальпия реакции (ΔH^0), 32
Стандартный раствор, 25
Стационарная фаза, 107 (Хроматография)
Стеарат (Стеараты)
Кальция, 93
Магния, 93
Натрия, 88, 93
Стеариновая кислота, см. Октадекановая кислота
Степень окисления, 35
Стереизомеры, 77
Стереохимическая формула, 26, 77 (Стереохимия)
Стереохимия, 77
Стиральная сода ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$), 55 (Карбонат натрия), 93
Стиральные порошки, 89
Биологические, 89 (Стиральные порошки)
Строение атома, 12–13
Строение атома, 12–13
Стронций (Sr), 15, 50, 56, 99
Структурная формула
Полная, см. Развернутая структурная формула
Сокращенная, 26
Трехмерная, см. Стереохимическая формула
Структурные изомеры, 77
Сульфат (сульфаты), 40, 71, 104 (Анионы)
Алюминия ($Al_2(SO_4)_3$), 62, 102 (Этилен)
Аммония ($(NH_4)_2SO_4$), 67
Железа(II) ($FeSO_4$), 27, 35, 104 (Нитрат-анион)
Калия (K_2SO_4), 55
Кальция ($CaSO_4$), 57, 71 (Сульфаты)
Безводный, 57
Магния ($MgSO_4$), 36, 57
Меди(II) ($CuSO_4$), 21, 39, 40, 41, 43, 61 (Соединения меди(II)), 71, 103 (Водород), 104 (Вода), 116
Натрия (Na_2SO_4), 21, 41
Тетраамминмеди(II), 40
Цинка ($ZnSO_4$), 41, 44, 45
Сульфид (Сульфиды), 70 (I), 104 (Анионы)
Железа(II) (FeS), 41, 70 (I)
Никеля (NiS), 58 (Никель)
Сульфит натрия (Na_2SO_3), 71 (Сульфиты)
Сульфиты, 71, 104 (Анионы)
Сурфактанты, см. Поверхностно-активные вещества
Сурьма (Sb), 51, 66, 98
Суспензия, 31
Сфалерит (ZnS), 61 (Цинк)
Схематическое уравнение, 27
Сырая нефть, см. Нефть
Сырье химическое, 85
Сырье, 117

Т

Таллий (Tl), 51, 62, 99
Тантал (Ta), 51, 59, 99
Твердое состояние, 6
Текучее (вещество), 6
Теллур (Te), 51, 59, 99
Температура, 28–29

Замерзание, см. Точка замерзания
 Кипения, см. Точка кипения
 Комнатная, 25 (Молярный объем)
 Критическая, 6
 Нормальная, 29 (н. у.)
 Перехода, 22
 Плавления, см. Точка плавления
 Температурная шкала
 Абсолютная, 29
 Цельсия, 29 (Абсолютная температурная шкала)
 Теория
 Бренстеда—Лоури, 37
 Дальтона, атомная, 10
 Кинетическая, 9
 Соударений теория, 46
 Электролиза, ионная, 42
 Тепловое загрязнение (окружающей среды), 96
 Тепловой эффект реакции, см. Энтальпия реакции
 Теплота
 Нейтрализации, см. Энтальпия нейтрализации
 Образования, см. Энтальпия образования
 Парообразования, см. Энтальпия парообразования
 Плавления, молярная, см. Энтальпия плавления, молярная
 Растворения, см. Энтальпия растворения
 Реакции, см. Энтальпия реакции
 Сгорания, см. Энтальпия сгорания
 Скрытая, 32 (Энтальпия реакции)
 Теплотворная способность, 94
 Тербий (Tb), 51, 99
 Термическая диссоциация, 48 (Диссоциация)
 Термометр, 111
 Термопластичные пластмассы, 87 (Пластмассы)
 Термопласты, см. Термопластичные пластмассы
 Термореактивные пластмассы, 86, 87 (Пластмассы)
 Термохимия, 32 (I)
 Тетраамминмеди (III) сульфат, см. Сульфат тетраамминмеди (II)
 Тетрагидроксоалюминат натрия $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$, 37
 Тетрагональная (основная форма кристаллов), 22
 Тетраоксид осмия, 59 (Осмий)
 Тетраоксосульфат (VI) железа (II), см. Сульфат железа (II)
 Тетрафторид ксенона (XeF_4), 75 (Ксенон)
 Тетрахлорметан (CCl_4), 10, 30, 79
 Тетраздрическая (молекула), 19
 Тетразтилсвинца ($\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$), 96
 Технеций (Tc), 51, 59, 99
 Тигель, 109
 Тироксин, 74
 Титан (Ti), 51, 58, 99
 Титр, 108 (Объемный анализ)
 Титрование, 108 (Объемный анализ)
 Ток (электрический) (I), 45, 114 (I)
 Токсичные (вещества), 96
 Топливо (Топлива), 94
 Дизельное, 85
 Ископаемые, 94 (Топливо)
 Котельное, 84 (Мазут)
 Торий (Th), 14, 50, 99
 Точка
 Замерзания, 7 (Замерзание)
 Кипения, 7 (Кипение), 98–99
 Определение, 107
 Плавления, 6 (Плавление), 98, 99
 Определение, 107
 Традиционное название, 27
 Транс-бутен-2, 77

Транспирация, 92
 Тренога, 111
 Третий газовый закон, см. Закон давления
 Третичные спирты, 83
 Треугольная (Треугольная плоская) (молекула), 19
 Трехатомная (молекула), 10
 Трехвалентный (элемент) (ковалентность), 19
 Трехвалентный (элемент) (электровалентность), 17
 Трехмерная структурная формула, см. Стехиохимическая формула
 Трехосновная (кислота), 39
 Тривиальное название, 27
 Триклинная (основная форма кристаллов), 22
 Триммер, 11
 Триоксид серы (SO_3), 71
 Триол, 83
 Тритиевая вода, 53 (Тритий)
 Тритий (T), 53
 Трихлорид бора (BCl_3), 19
 Тройная связь, 18, 100 (в) и 3)
 Тройная точка, 117
 Тулий (Tm), 51, 99
 Туман, 31
 Тускнеть, 117
 Тяжелая вода, см. Оксид дейтерия
 Тяжелые фракции, 84 (Фракция)
 Тяжелый (осадок), 31

У

Углеводородные воски, 85
 Угледороходы, 77
 Угледороды, 90, 95
 Углерод (C), 13, 24, 34, 51, 60 (Сталь), 63, 64, 95 (Круговорот углерода), 97, 98, 100–101, 116
 Углерода диоксид, см. Диоксид углерода
 Углерода монооксид, см. Монооксид углерода
 Углеродная датировка, см. Радиоуглеродная датировка
 Углеродные волокна, 65
 Уголь, 65, 94, 95
 Битуминозный, 65 (Уголь)
 Бурый, 65 (Уголь)
 Деструктивная перегонка, 65 (Уголь)
 Древесный, 65 (Уголь)
 Угольная кислота (H_2CO_3), 65 (Диоксид углерода), 96 (Кислотные дожди)
 Угольный газ, 65 (Монооксид углерода, Уголь)
 Удобрения, 68, 96 (Эвтрофикация)
 Уксусная кислота (CH_3COOH), 36, 37, 81, 83, 101 (7)
 Уксусный альдегид (CH_3CHO), 101 (5)
 Умягчение воды, 93 (Постоянная жесткость)
 Универсальный индикатор, 38
 Уравнение (Уравнения), 26 (I), 27
 Ионное, 27
 Клапейрона—Менделеева, 28
 Общее состояние газа, 28
 Сбалансированное, 27
 Состояния идеального газа, 28
 Схематическое, 27
 Ядерное, 14
 Уран (U), 14, 15, 50, 99
 Уровень внешний, 13
 Уровень электронный, 12
 Уровней энергии диаграмма, 32
 Ускорение, 115

Ф

Фаза (вещества), 6
 Стационарная, 107 (Хроматография)

Фарад (Ф), 115
 Фарадей, 43
 Фарадеи законы электролиза (Первый, Второй), 43
 Фенилэтилен, см. Стирол
 Фенолфталеин, 38
 Ферментативные детергенты, см. Биологические стиральные порошки
 Ферменты, 47, 91, 117 (Метаболизм)
 Фермий (Fm), 51
 Физическая химия, 4, 5–49
 Физические величины, 114
 Физические свойства, 6
 Физические состояния, 6–7
 Физическое изменение, 5
 Фильтрат, 106
 Фильтрация, см. Фильтрование
 Фильтровальная бумага, 109
 Фильтровальная воронка, 110
 Фильтрование, 106
 Флюорит (CaF_2), 72 (Фтор)
 Формалин, 80
 Формальдегид (HCHO), 80
 Формула (Формулы), 26, 112–113
 3-мерная структурная, см. Стехиохимическая
 Молекулярная, 26
 Общая, 77 (Гомологический ряд)
 Полная структурная, см. Развернутая
 Развернутая, 26
 Сокращенная структурная, 26
 Стехиохимическая, 26, 77 (Стехиохимия)
 Эмпирическая, 26
 Фосфаты, 96 (Эвтрофикация)
 Фосфор (P), 51, 66, 68, 99
 Белый, 68 (Фосфор), 99
 Красный, 68 (Фосфор), 99
 Фосфора пентаоксид, см. Пентаоксид фосфора
 Фосфорная кислота (H_3PO_4), 68 (Пентаоксид фосфора)
 Фотосинтез, 90 (I), 95
 Фотохимическая реакция, 46
 Фотоэлектрический элемент, см. Фотоэлемент
 Фотоэлемент, 54, 69, 117
 Фракция (при перегонке нефти), 84
 Легкие, 84 (Фракция)
 Тяжелые, 84 (Фракция)
 Фракционирующая колонка, 106 (Фракционная перегонка), 110
 Фракционная перегонка, 106
 Жидкого воздуха, 66 (Азот), 69 (Кислород), 75 (I), 94 (I)
 Нефти, см. Первичная перегонка
 Франций (Fr), 50, 54, 98
 Фраша метод, 70
 Фреон (CCl_2F_2), 81
 Фруктоза, 90 (Сахароза)
 Фтор (F/F_2), 16, 51, 72, 98
 Фторид (Фториды), 72
 Криптона (KrF_2), 75 (Криптон)
 Фторогруппа (–F), 81, 101 (9)
 Фторуглероды, 72
 Фуллерены, 65 (Бакминстерфуллерен)
 Фумигация, 116
 Фунгицид, 116
 Функциональная группа, 76

Х

Халькопирит ($(\text{CuFe})\text{S}_2$), 61 (Медь)
 Химические реакции, 5, 32–35, 42–49, 52
 Химические свойства, 5
 Химические символы, 8, 98–99, 112–113
 Химическое равновесие, 49
 Химическое сырье, 85
 Химия окружающей среды, 92–96
 Хладагент, 117

Хлопьевидный (осадок). 31
 Хлор (Cl/Cl_2), 17, 18, 24, 32, 34, 35, 46, 51, 56, 73, 78, 93, 98, 101 (9), 102, 104 (Анионы)
 Хлорат натрия (NaClO_3). 73
 Хлорид (Хлориды), 16, 17, 41, 73, 104 (Анионы)
 Аммония (NH_4Cl), 29, 39, 48, 67
 Бария (BaCl_2), 104 (Анионы)
 Железа (II) (FeCl_2), 60 (Соединения железа (II))
 Железа (III) (FeCl_3), 8 (Синтез), 40, 60 (Соединения железа (III))
 Калия (KCl), 55
 Кальция (CaCl_2), 24, 35, 57, 92, 102, 107 (Обезвоживание)
 Кобальта (II), 58 (Кобальт), 104 (Вода)
 Лития (LiCl), 54 (Литий)
 Магния (MgCl_2), 41, 56 (Магний), 57
 Марганца (II) (MnCl_2), 102
 Меди (I) (CuCl), 61 (Соединения меди (I))
 Меди (II) (CuCl_2), 61 (Соединения меди (II))
 Натрия (NaCl), 17, 27 (Тривиальное название), 31, 39, 42, 55, 73 (Хлор, Хлориды), 103
 Серебра (AgCl), 31, 46
 Цинка (ZnCl_2), 103
 Основной ($\text{Zn}(\text{OH})\text{Cl}$), 40
 Хлороводород (HCl), 16, 19, 29, 32, 34, 36, 48, 67, 73, 78, 102 (Хлор)
 Хлороводородная кислота (HCl), 56, 57, 73 (Хлороводород), 102 (Диоксид углерода, Хлор), 103 (Водород), 104 (Анионы), 108 (Окрашивание пламени)
 Хлорогруппа ($-\text{Cl}$), 81, 101 (9)
 Хлорметан (CH_3Cl), 78, 101 (9)
 Хлорофилл, 56
 Хлорфторуглероды, 81, 96 (Разрушение озона), 117 (Хладагент)
 Хлорэтан ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$), 81
 Холодильник (Холодильники), 109
 Либиха, 106, 109
 Обратный, 109
 Хром (Cr), 51, 58, 98
 Хроматография, 107
 Бумажная, 107
 Газовая, 107 (Хроматография)
 Колоночная, 107 (Хроматография)
 Хромово-железная руда, 58 (Хром)

Ц
 Цезий (Cs), 50, 52, 54, 98
 Цельсия шкала, 29 (Абсолютная температурная шкала), 116
 Центрифуга, 106
 Центрифугирование, 106
 Цеолит, 93 (Ионный обмен)
 Цепная реакция, 15 (Деление ядра)
 Цепь (атомов), 76 (I)
 Боковая, 76, 100 (з), 101 (8)
 Основная, 76
 Прямолинейная, 76
 Разветвленная, 76
 Цепь (электрическая), 45 (Ток)
 Церий (Ce), 50, 98
 Цикл энергетический, 33 (Закон Гесса)
 Циклоалканы, 78
 Циклогексан, 76, 78 (Циклоалканы)
 Цинк (Zn), 23, 41, 45, 51, 59, 61, 97, 99, 103 (Водород), 105 (Катионы)
 Цинка гидроксид, см. Гидроксид цинка
 Цинка оксид, см. Оксид цинка
 Цинка сульфат, см. Сульфат цинка
 Цинка хлорид, см. Хлорид цинка
 Основной, см. Основной хлорид цинка

Цинкит (ZnO), 61 (Цинк)
 Цинковая обманка, см. Сфалерит
 Цирконий (Zr), 51, 59, 99
 Цис-бутен-2, 77

Ч
 Часовое стекло, 111
 Частицы внутриатомные, см. Внутриатомные частицы
 Частота (f или ν), 115
 Чашка для выпаривания 109
 Четырехвалентный (ковалентный), 19
 Чилийская селитра, см. Нитрат натрия
 Число
 Авогадро, 25
 Массовое, 13, 14 (I)
 Окисления, 35
 Октановое, 85
 Чистое (вещество), 9
 Чугун, 60 (Железо)
 Литейный, 60 (Железо)
 Передельный, 60

Ш
 Шкала температур
 Абсолютная, 29
 Цельсия, 29 (Абсолютная шкала температур)
 Шкаф вытяжной, 110
 Шлак, 60, 61 (Медь)
 Шпатель, 111
 Штатив для пробирок, 111
 Штативы (оборудование), 111

Щ
 Щавелевая кислота ($(\text{COOH})_2$), 36, 81
 Щелочи, 37
 Щелочноземельные металлы, 51, 56–57
 Щелочной (раствор), 37
 Щелочные металлы, 51, 54–55
 Щипцы, 111

Э
 Эйнштейний (Es), 51
 Экзотермическая реакция, 32
 Эксикатор, 107 (Обезвоживание), 109
 Экстракция растворителем, 107
 Экстракция эфиром, 107 (Экстракция растворителем)
 Электрическая защита, см. Протекторная защита
 Электрический заряд (Q), 115
 Электрический ток (I), 45
 Электропроводность, 17
 Электрод, 42
 Активный, 42
 Водородный, 44
 Инертный, 42
 Платиновый, 44
 Электродвижущая сила (э.д.с.), 45
 Электродный потенциал, 44
 Электролиз, 42–43
 Ионная теория, 42
 Фарадея законы (Первый, Второй), 43
 Электролит, 42
 Электролитическая очистка, 43
 Электролитическая ячейка, 42
 Электрон (Электроны), 12, 14 (Бета-частицы)
 Валентные, 16
 Электронная конфигурация, 13
 Электронные пары, 18 (I)
 Электронные уровни, 12
 Электроотрицательность, 19

Электроположительный (атом), 19 (Электроотрицательность)
 Электрохимический элемент, см. Элемент (в электрохимии)
 Элемент (Элементы) (в электрохимии), 45
 Вторичный, 45
 Гальванический, 45
 Даниеля, 45
 Первичный, 45
 Элемент (Элементы) (химические), 8, 50–51, 98–99
 Элюент, 107 (Хроматография)
 Эмпирическая формула, 26
 Эмульсия, 31
 Энантиотропия, 22
 Эндотермическая реакция, 32
 Энергетический цикл, 33 (Закон Гесса)
 Энергия (E), 32–33, 94–95, 115
 Активации, 46
 Диаграмма уровней, 32
 Закон сохранения, 32
 Связи, 32
 Энтальпия (H), 32
 Нейтрализации, 33
 Образования, 33
 Парообразования, молярная, 32 (Энтальпия реакции), 33
 Плавения, молярная, 32 (Энтальпия реакции), 33
 Растворения, 33
 Реакции (ΔH), 32
 Стандартная (ΔH^0), 33
 Сгорания, 33
 Эрбий (Er), 51, 98
 Этан (C_2H_6), 78, 79, 100 (1)
 Этаналь, см. Уксусный альдегид
 Этандиовая кислота, см. Щавелевая кислота
 Этандиол-1,2, см. Этиленгликоль
 Этанол свинца (II), см. Ацетат свинца (II)
 Этановая кислота, см. Уксусная кислота
 Этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), 27, 77, 82, 83, 100 (а), 102 (Этилен), 108
 Этилат натрия ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONa}$), 82
 Этен, см. Этилен
 Этерификации реакция, 83 (Реакция конденсации)
 Этилацетат ($\text{CH}_3\text{COOH}\cdot\text{CH}_3$), 81, 83
 Этилен (C_2H_4), 26, 76, 79, 84, 86, 87 (Полиэтилен), 100 (2), 102
 Этиленгликоль, 83
 Этиловый спирт, см. Этанол
 Этилэтанат, см. Этилацетат
 Этии, см. Ацетилен
 Эвтрофикация, 96

Я
 Ядерного магнитного резонанса (ЯМР)
 Спектр, 108
 Спектроскопия, 108
 Ядерное (Ядерные)
 Реакции, 15
 Синтез, 15
 Уравнение, 14
 Ядро (Ядра) (атомов), 12, 13 (Атомный номер), 14–15
 Деление, 15
 Спонтанное, 15
 ЯМР-спектр, см. Спектр ядерного магнитного резонанса
 ЯМР-спектроскопия, см. Спектроскопия ядерного магнитного резонанса
 Ячейка электролитическая, 42
 Дауна, 54

Оформление обложки: Мишель Басби и Зои Врай

Дополнительное оформление: Энн Шарплес, Сью Мимс, Роджер Берри и Саймон Гуч

Дополнительные иллюстрации:

Simone Abel, Victor Ambrus, Basil Arm, Dave Ashby, Iain Ashman, Craig Austin (The Garden Studio), Graham Austin, Bob Bampton (The Garden Studio), John Barber, Amanda Barlow, Terry Bave, David Baxter, Andrew Beckett, Joyce Bee, Stephen Bennett, Roland Berry, Andrzej Bielecki, Gary Bines, Blue Chip Illustration, Kim Blundell, Derrick Bown, Isabel Bowring, Trevor Boyer, Wendy Bramall (Artist Partners), Derek Brazell, John Brettoneer, Paul Brooks (John Martin Artists), Fiona Brown, Peter Bull, Mark Burgess, Hilary Burn, Andy Burton, Liz Butler, Martin Camm, Lynn Chadwick, Chris Chapman, Peter Chesterton, Dan Courtney, Frankie Coventry (Artist Partners), Patrick Cox, Christine Darter, Kate Davies, Sarah De Ath (Linden Artists), Kevin Dean, Peter Dennis, David Downton, Richard Draper, Nick Dupays, Brian Edwards, Michelle Emblem (Middletons), Malcolm English, Caroline Ewen, Sandra Fernandez, James Field, Denise Finney, Don Forrest, Patience Foster, Sarah Fox-Davies, John Francis, Mark Franklin, Nigel Frey, Judy Friedlander, Terry Gabby, Sheila Galbraith, Peter Geissler, Nick Gibbard, Tony Gibson, William Giles, Mick Gillah, Victoria Goaman, David Goldston, Peter Goodwin, Victoria Gordon, Jeremy Gower, Terri Gower, Phil Green, Terry Hadler, Rys Hajdul, Alan Harris, Brenda Haw, Tim Hayward, Bob Hersey, Nicholas Hewetson, Rosalind Hewitt, Keith Hodgson, Philip Hood, Adam Hook, Shirley Hooper, Chris Howell-Jones, Christine Howes, Carol Hughes (John Martin Artists), David Hurrell (Middletons), John Hutchinson, Ian Jackson, Hans Jenssen, Chris Johnson, Frank Kennard, Roger Kent, Aziz Khan, Colin King, Deborah King, Steven Kirk, Kim Lane, Richard Lewington (The Garden Studio), Jason Lewis, Mick Loates (The Garden Studio), Rachel Lockwood, Tony Lodge, Kevin Lyles, Chris Lyon, Kevin Maddison, Janos Marffy, Andy Martin, Josephine Martin, Nick May, Rob McCaig, Joseph McEwan, David McGrail, Malcolm McGregor, Dee McLean (Linden Artists), Jamie Medlin, Annabel Milne, David More (Linden Artists), Dee Morgan, Robert Morton (Linden Artists), David Mostyn, Paddy Mounter, David Nash, Susan Neale, Louise Nevett, Martin Newton, Barbara Nicholson, Louise Nixon, David Nockels (The Garden Studio), Richard Orr, Steve Page, David Palmer, Patti Pearce, Justine Peek, Liz Pepperell (The Garden Studio), Julia Piper, Gillian Platt (The Garden Studio), Maurice Pledger, Cynthia Pow (Middletons), Russell Punter, David Quinn, Charles Raymond (Virgil Pomfret Agency), Kim Raymond, Chris Reed, Phillip Richardson, Jim Robins, Allan Robinson, Michael Roffe, Michelle Ross, Peter Ross, Graham Round, Mike Saunders (Tudor Art), Jon Sayer, Peter Scanlan, Coral Sealey, John Shackell, Chris Shields (Wilcock Riley), John Sibbick (John Martin Artists), Gwen Simpson, Chris Smedley, Graham Smith, Annabel Spencerley, Peter Stebbing, Sue Stitt, Roger Stewart, Ralph Stobart, Alan Suttie, Sam Thompson, Stuart Trotter, Joyce Tuhill, Sally Voke (Middletons), Sue Walliker, Robert Walster, David Watson, Ross Watton, Phil Weare, Chris West, Wigwam Publishing Services, Sean Wilkinson, Adrian Williams, Adam Willis, Roy Wiltshire, Ann Winterbotham, Gerald Wood, James Woods (Middletons), Claire Wright, David Wright (Jillian Burgess), Jo Wright, Nigel Wright, Gordon Wylie, John Yates.

Научно-популярное издание

ХИМИЯ. ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ СЛОВАРЬ

Джейн Вертхейм, Крис Окслэйд и Коринн Стокли

Перевод с английского А.З. Рачинского

Заведующая редакцией Е. М. Иванова

Художественный редактор И. А. Зыкова

Технический редактор Г. А. Этманова

Корректор И. Н. Мокшина

Компьютерная верстка Л. А. Быковой

ООО «Издательство АСТ». 667000, Республика Тыва, г. Кызыл, ул. Кочетова, 93

ООО «Издательство Астрель». 129085, Москва, пр. Ольминского, 3а

Наши электронные адреса: www.ast.ru E-mail: astpub@aha.ru

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.02.953.Д.001056.03.05 от 10.03.2005 г.

Общероссийский классификатор продукции ОК-005-93, том 2: 953 000 — книги, брошюры

Подписано в печать с готовых диапозитивов 20.05.05. Формат 70×100^{1/16}. Бумага офсетная.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,32. Тираж 3000 экз. Заказ 1619.

Все права защищены. Ни одна часть данного издания не может быть воспроизведена или использована в какой-либо форме, включая электронную, фотоконирование, магнитную запись или какие-либо иные способы хранения и воспроизведения информации, без предварительного письменного разрешения правообладателя.

ISBN 5-17-029878-1 (ООО «Издательство АСТ»)

ISBN 5-271-11872-X (ООО «Издательство Астрель»)

ISBN 07460 3794 5 (англ.)

ISBN 985-13-4430-3 (ООО «Харвест»)

© Usborne Publishing Ltd, 2000, 1986

© ООО «Издательство Астрель», 2005

Издано при участии ООО «Харвест». Лицензия № 02330/0056935 от 30.04.04.
РБ, 220013, Минск, ул. Кузьман, д. 1, корп. 3, эт. 4, к. 42.

Отпечатано с готовых диапозитивов на ИП «Принтхаус». Заказ 219.
Лицензия № 02330/0148772 от 30.04.04. 220600, г. Минск, ул. Красная, 23, офис 3.

Открытое акционерное общество «Полиграфкомбинат им. Я. Коласа».
220600, Минск, ул. Красная, 23.

Оригинальное издание впервые опубликовано в 2000 г. by Usborne Publishing Ltd, Usborne House, 83-85 Saffron Hill, London EC1N 8RT, England. www.usborne.com
Copyright © Usborne Publishing Ltd, 2000, 1986.

The name Usborne and the device are Trade Marks of Usborne Publishing Ltd.

T. 921

ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ СЛОВАРЬ ХИМИЯ

Это идеальное справочное пособие
для изучающих химию. Ясность стиля и удобная
компоновка способствуют четкому пониманию
каждой области предмета.

- **Понятные определения** всех ключевых терминов и концепций изложены простым языком.
- **Система перекрестных ссылок** обеспечивает связи между разделами.
- **Словарь красочно иллюстрирован**, с четкими рисунками, помогающими понять, объяснить и истолковать.
- **Подробный указатель** гарантирует легкий поиск любой темы словаря.
- **Ценное учебное руководство** для подготовки к экзаменам.

Другие книги этой серии:

Иллюстрированный словарь. Физика

Иллюстрированный словарь. Биология

ISBN 5-17-029878-1



9 785170 298785



2005102371