

Ю. М. ЕРОХИН, И. Б. КОВАЛЕВА

ХИМИЯ

ДЛЯ ПРОФЕССИЙ И СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ
ТЕХНИЧЕСКОГО И ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО
ПРОФИЛЕЙ

УЧЕБНИК

Рекомендовано

Федеральным государственным автономным учреждением

«Федеральный институт развития образования»

в качестве учебника для использования в учебном процессе

образовательных учреждений, реализующих программы НПО и СПО

Регистрационный номер рецензии 511

от 29 декабря 2011 г. ФГАУ «ФИРО»



Москва

Издательский центр «Академия»

2013

УДК 54(075.32)
ББК 24я723
Е782

Рецензент —
преподаватель колледжа многоуровневого профессионального образования
Российской академии народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации, канд. хим. наук, доцент
Э.Р.Кехарсаева

Ерохин Ю. М.

Е782 Химия для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей : учебник / Ю. М. Ерохин, И. Б. Ковалева. — М. : Издательский центр «Академия», 2013. — 448 с.

ISBN 978-5-7695-8596-8

Представлены теоретические основы общей, неорганической и органической химии: строение атома, химическая связь, скорость и энергетика химических реакций, дисперсные системы и растворы, окислительно-восстановительные реакции, химия элементов (неметаллов и металлов), строение и свойства органических соединений разных классов. Для закрепления знаний и развития навыков самостоятельной работы предложены вопросы, задания и упражнения. Материал изложен в соответствии с примерной программой учебной дисциплины «Химия» для профессий и специальностей начального и среднего профессионального образования (2008 г.) технического и естественно-научного профиля. Вместе с учебными пособиями «Химия. Задачи и упражнения» и «Сборник тестовых заданий по химии» составляет учебно-методический комплект.

Для обучающихся в учреждениях начального и среднего профессионального образования. Может быть полезно учащимся старших классов средних общеобразовательных учреждений.

УДК 54(075.32)
ББК 24я723

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

© Ерохин Ю. М., Ковалева И. Б., 2013
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2013
ISBN 978-5-7695-8596-8 © Оформление. Издательский центр «Академия», 2013

УВАЖАЕМЫЙ ЧИТАТЕЛЬ!

Данный учебник предназначен для изучения общеобразовательной дисциплины «Химия» и является частью учебно-методического комплекта, обеспечивающего реализацию образовательной программы среднего (полного) общего образования с учетом профиля получаемого профессионального образования.

Учебно-методический комплект по общеобразовательной дисциплине – это основная и дополнительная литература, позволяющая освоить эту дисциплину. Предлагаемый комплект состоит из учебника «Химия» и учебных пособий «Химия. Задачи и упражнения» и «Сборник тестовых заданий по химии». Эти учебные издания созданы на основе единого подхода к структуре и форме изложения учебного материала. Важно отметить, что каждое из изданий имеет самостоятельную ценность и может быть использовано для методического обеспечения различных образовательных программ.

При разработке учебно-методического комплекта были учтены требования Государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования с учетом профиля получаемого профессионального образования.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемый учебник предназначен для обучающихся в учреждениях начального и среднего профессионального образования по профессиям и специальностям технического и естественно-научного профиля. Материал изложен в соответствии с примерной программой учебной дисциплины «Химия» для профессий начального профессионального образования и специальностей среднего профессионального образования (2008 г.).

В разделе «Общая химия» представлены основные понятия и законы химии, Периодическая система Д. И. Менделеева, типы химической связи, энергетика и кинетика химических реакций, дано понятие о растворах, дисперсных системах, окислительно-восстановительных процессах.

В разделе «Неорганическая химия» систематизирован обширный материал о физических и химических свойствах, способах получения и применении металлов и неметаллов и их соединений.

Раздел «Органическая химия» посвящен органическим соединениям; описаны их строение, свойства, применение, лабораторные и промышленные методы получения.

Для самоконтроля за усвоением материала предложено большое количество вопросов и заданий.

Учебник может быть использован в образовательном процессе учреждениями, реализующими программу среднего (полного) общего образования.

Раздел I

ОБЩАЯ ХИМИЯ

III					
F 18,998 ФТОР	9 2s ² 2p ⁵ 7 2	<p>Порядковый (атомный) номер</p> <p>Символ элемента</p> <p>Распределение электронов по уровням</p> <p>79 Au 196,97 5d¹⁰6s¹ 1 18 32 18 8 2</p>			
Cl 35,453 ХЛОР	17 3s ² 3p ⁵ 7 8 2	<p>Относительная атомная масса</p> <p>Название элемента</p> <p>Конфигурация валентных электронов</p>			
25 Mn 54,938 МАРГАНЕЦ	3d ⁵ 4s ² 2 13 8 2	26 Fe 55,845 ЖЕЛЕЗО	27 Co 58,933 КОБАЛЬТ	28 Ni 58,693 НИКЕЛЬ	3d ⁸ 4s ² 2 16 8 2

Изучив материал данной главы, вы должны:

знать определения понятий «атом», «элемент», «молекула»; формулировки основных законов химии; основные классы неорганических соединений; состав, названия и характерные свойства неорганических соединений разных классов;

уметь проводить расчеты по химическим формулам и уравнениям реакций; характеризовать свойства неорганических соединений разных классов; устанавливать генетическую связь между неорганическими соединениями разных классов.

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ХИМИИ

Все тела, которые нас окружают, отличаются по форме, размерам, цвету и другим признакам (качествам). Например, пробирка и химический стакан имеют разную форму, а маленькая и большая колбы — разные размеры. Но у всех названных физических тел есть общее свойство: все они сделаны из одного материала — стекла. То, из чего состоят физические тела, называют **веществом**.

Предмет, который состоит из вещества и имеет определенный объем, определенную массу и форму, называют **физическим телом**.

Тела могут быть одинаковой формы, одинакового размера, одинакового цвета, но состоять из разных веществ. Например, можно сделать абсолютно одинаковые пластинки из меди и золота. Но у меди и золота разная плотность, разная электрическая проводимость и т. д. Поэтому вещества, так же как и тела, имеют свои различные признаки.

Медь и алюминий отличаются друг от друга по цвету, плотности, электрической проводимости и по другим признакам; вода и спирт — по запаху; соль и сахар — по вкусу.

Признаки, по которым вещества отличаются друг от друга, называют *свойствами веществ*.

Каждому веществу присущи свои свойства. Вода — жидкое вещество, без запаха, цвета и вкуса. Сахар — твердое вещество белого цвета, хорошо растворяется в воде, сладкое на вкус. Кислород — газообразное вещество, без цвета, запаха, плохо растворяется в воде.

К свойствам веществ относятся: агрегатное состояние (твердое, жидкое, газообразное), в котором находится вещество при данных условиях, цвет, блеск, запах, вкус, растворимость и многие другие.

Все вещества под действием внешних условий изменяются: вода превращается в лед при охлаждении, медь теряет свой блеск во влажном воздухе.

Все изменения, которые происходят в окружающем нас мире, называют *явлениями*.

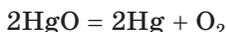
Когда вода превращается в лед, она изменяет свое физическое свойство — агрегатное состояние, но новых веществ не образуется. То же происходит при нагревании воды: из жидкого состояния она переходит в газообразное. Изменения агрегатного состояния воды являются примерами физических явлений.

Явления, при которых не происходит образования новых веществ, называют *физическими*.

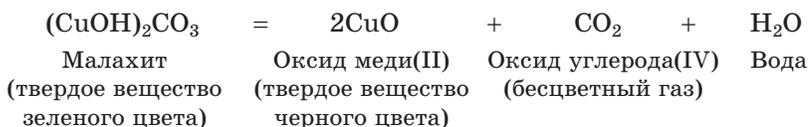
Однако бывают превращения одних веществ в другие. Например, красная медь при нагревании становится черной. На поверхности меди образуется новое вещество черного цвета. Сера представляет собой твердое вещество желтого цвета. При нагревании на воздухе она горит и превращается в новое, газообразное вещество с неприятным запахом. Превращения меди и серы в другие вещества представляют собой химические явления.

Явления, при которых происходит образование новых веществ, называют *химическими явлениями* или *химическими реакциями*.

Классификация химических реакций. Многие вещества при нагревании или при хранении разлагаются на другие вещества. Так, если нагреть оксид ртути(II), вещество желтого цвета, то образуется два новых вещества — ртуть и кислород:

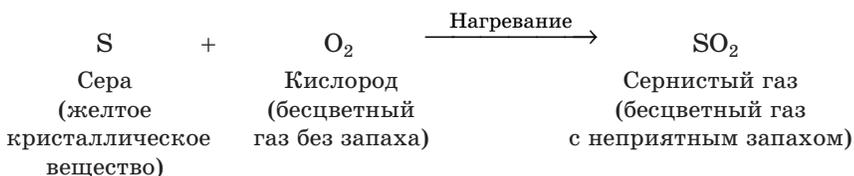


а если нагреть вещество зеленого цвета — малахит, то образуется три новых вещества:



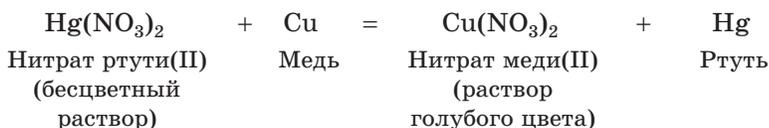
-
- **Химические реакции, при которых из одного вещества образуется два или несколько новых веществ, называют *реакциями разложения*.**
-

Существуют и другие реакции. Так, если сера горит в кислороде, то в результате этой реакции образуется новое вещество — газ с неприятным запахом — сернистый газ (оксид серы(IV)). Сера соединилась с кислородом, и образовалось новое вещество:



-
- **Химические реакции, при которых из двух или нескольких веществ образуется одно новое вещество, называют *реакциями соединения*.**
-

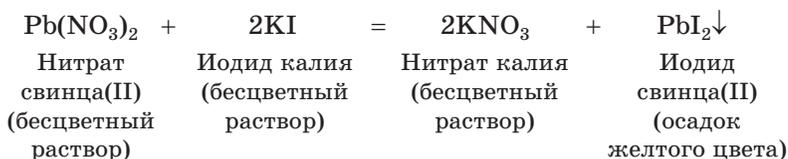
Если в бесцветный раствор нитрата ртути(II) опустить медную пластину, то на ее поверхности образуется серебристый налет ртути, а раствор окрашивается в голубой цвет:



Простое вещество медь вытеснило из сложного вещества нитрата ртути(II) другое простое вещество — ртуть.

-
- **Реакции, при которых атомы, составляющие простое вещество, замещают атомы одного из элементов сложного вещества, называют *реакциями замещения*.**
-

Если смешать бесцветный раствор соли нитрата свинца(II) и бесцветный раствор иодида калия, то образуется осадок желтого цвета — иодид свинца(II), а в растворе — бесцветная соль — нитрат калия. Два сложных вещества обменялись атомами или атомными группами:



-
- **Реакции, при которых два сложных вещества обмениваются атомами или атомными группами, называют *реакциями обмена*.**
-

Имеются и другие типы химических реакций, которые будут рассмотрены далее.

Атомно-молекулярное учение. Первое учение о строении вещества — это атомно-молекулярное учение. Данное учение развивалось в течение многих столетий на основе большого опытного материала и количественных представлений, главным образом физики и химии.

Особое значение в развитии атомно-молекулярного учения имеют работы русского ученого М. В. Ломоносова. Сущность **атомно-молекулярного учения** характеризуют четыре положения.

1. Все вещества состоят из молекул, атомов или ионов. **Молекула** является наименьшей частицей, которая сохраняет свойства данного химического вещества.

2. Молекулы находятся в постоянном движении. С повышением температуры скорость движения молекул увеличивается.

3. Молекулы различных веществ отличаются друг от друга массой, размером, составом, строением и химическими свойствами.

4. Молекулы могут состоять из атомов одного химического элемента (**простые вещества**) либо из атомов разных химических элементов (**сложные вещества**). Существенное значение имеет количество и взаимное расположение атомов в молекуле.

На первом Международном съезде химиков в 1860 г. были сформулированы понятия «атом», «молекула» и основные положения атомно-молекулярного учения.

-
- **Молекула — это наименьшая электронейтральная частица вещества, обладающая определенной массой и всеми химическими свойствами этого вещества.**
-

В химических реакциях молекулы распадаются на составляющие их атомы, из этих атомов образуются новые молекулы.

Атом химическим путем не может быть разложен на более мелкие частицы. Поэтому атомы можно рассматривать как предел химического деления.

-
- **Атом** — это наименьшая химически неделимая частица вещества.
 - **Атом** — это электронейтральная частица, состоящая из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов.
-

Ядро атома¹ состоит из элементарных частиц — протонов p^+ (положительно заряженных частиц) и нейтронов n^0 (незаряженных — нейтральных частиц). Положительный заряд ядра атома равен числу протонов. В свою очередь число протонов равно числу электронов в атоме.

-
- **Химический элемент** — это совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра.
-

Формы существования химического элемента. Химический элемент может существовать в разных формах. Выделяют три формы существования химического элемента.

1. *Свободные атомы.* Например, атомарный водород Н — главная составляющая звезд и межзвездного пространства. Атомарный водород Н образуется в небольшом количестве при взаимодействии активных металлов (в частности, цинка) с кислотами. Конечно, атомы водорода мгновенно образуют двухатомные молекулы H_2 . Однако именно атомарный водород определяет сильные восстановительные свойства так называемого «водорода в момент выделения». И эти свойства проявляются гораздо активнее, чем восстановительные свойства молекулярного водорода H_2 . Приведем еще один пример — атомарный кислород О, который преобладает в мезосфере — слое атмосферы на высоте 50 — 80 км. Атомарный кислород образуется при разложении озона ($O_3 = O_2 + O$) и является чрезвычайно сильным окислителем.

2. *Простые вещества.* Вещества, образованные атомами одного химического элемента, называют **простыми**. Например, молекулярный водород H_2 — газообразное вещество без цвета, без запаха; самый легкий из всех газов; мало растворим в воде; ак-

¹ Подробнее о строении атома см. подразд. 2.4.

тивно вступает в химические реакции. Молекулярный кислород O_2 — газообразное вещество без цвета, без запаха; немного тяжелее воздуха; мало растворимо в воде; одно из самых активных веществ. Простыми веществами также являются озон O_3 , азот N_2 , хлор Cl_2 , иод I_2 , все инертные газы, белый фосфор P_4 , ромбическая сера S_8 , графит C , железо Fe , алюминий Al , медь Cu и многие-многие другие.

3. *В составе сложных веществ.* Вещества, образованные атомами двух и более химических элементов, называют **сложными**. Например, химический элемент водород H входит в состав молекул таких сложных веществ, как вода H_2O , метан CH_4 и аммиак NH_3 ; химический элемент кислород O входит в состав молекул следующих сложных веществ: углекислый газ CO_2 , серная кислота H_2SO_4 , глюкоза $C_6H_{12}O_6$.

Аллотропия. Для простых веществ явление аллотропии.

-
- **Аллотропия** — это способность атомов одного химического элемента образовывать простые вещества разного состава или разного строения.
 - **Аллотропные модификации (видоизменения)** — это простые вещества, образованные одним и тем же химическим элементом, но имеющие разный состав или разное строение, а значит, и разные физические и химические свойства.
-

Явление аллотропии наглядно доказывает зависимость физических и химических свойств веществ от их состава и строения.

В табл. 1.1 кратко охарактеризованы аллотропные модификации кислорода, углерода и олова, представляющие интерес для техники и естествознания. Аллотропные модификации серы и фосфора рассмотрены в подразд. 9.4, 10.5.

Состав вещества. Различают качественный и количественный состав химических веществ.

Качественный состав — это совокупность химических элементов и (или) атомных группировок, образующих данное вещество. Например, о качественном составе диоксида углерода (углекислого газа) можно сказать, что молекула вещества образована атомами углерода и кислорода.

Количественный состав — это показатели, количественно характеризующие содержание химических элементов и (или) атомных группировок в данном веществе. Таким показателем, например, является массовая доля химического элемента в сложном веществе.

Таблица 1.1. Аллотропные модификации кислорода, углерода и олова

Аллотропная модификация	Свойства аллотропной модификации
<i>Химический элемент — кислород</i>	
Кислород O ₂	Бесцветный газ, без запаха; немного тяжелее воздуха; мало растворим в воде; активный окислитель. Применяется в химической промышленности, металлургии, при сварке и резке тугоплавких металлов, в медицине (кислородная подушка). Жидкий кислород служит окислителем ракетного топлива
Озон O ₃	Неустойчивый газ голубого цвета с характерным запахом; в 1,5 раза тяжелее воздуха; в воде растворим в 10 раз лучше, чем кислород; гораздо более сильный окислитель, чем кислород. Очень ядовит! Как сильный и экологически чистый окислитель применяется для обеззараживания питьевой воды, воздуха (озон быстро разрушается с образованием безопасного кислорода)
<i>Химический элемент — углерод</i>	
Графит С	Серое мягкое вещество с металлическим блеском (плотность 2,3 г/см ³); обладает электропроводностью. Атомы углерода прочно связаны в плоские слои, образованные правильными шестиугольниками (подобно пчелиным сотам); связи между слоями менее прочные. Широко применяется в технике, электротехнике, ядерной энергетике; служит грифелем для карандашей
Алмаз С	Бесцветное прозрачное кристаллическое вещество; одно из самых твердых (твердость по 10-балльной шкале Мооса равна 10) и тугоплавких ($t_{пл} > 4\ 000\ ^\circ\text{C}$); обладает очень высокой теплопроводностью; не проводит электрический ток. В атомной кристаллической решетке алмаза каждый атом углерода связан с 4 такими же атомами, расположенными в вершинах тетраэдра. Применяется в ювелирном деле, для изготовления буров, сверл, резки стекла

Аллотропная модификация	Свойства аллотропной модификации
Карбин С	Черное вещество, состоящее из мелких кристаллов. Кристаллы построены из линейных цепей, образованных атомами углерода $—C\equiv C—C\equiv C—$ или $=C=C=C=C=$. Образуется при возгонке графита при температуре 2 000 °С и низком давлении
Фуллерены C ₆₀ , C ₇₀	Кристаллические вещества черного цвета с металлическим блеском, обладающие полупроводниковыми свойствами. Молекулы C ₆₀ , C ₇₀ по форме напоминают футбольный мяч или мяч для регби; состоят из атомов углерода, объединенных в пяти- и шестиугольники общими ребрами. Впервые получены испарением графита в атмосфере гелия под действием лазерного излучения
Графен	Двумерный материал (по сути, это — свободный слой графита толщиной в один атом), обладающий уникально высокой электрической проводимостью, значительной механической прочностью и теплопроводностью. Получен в 2004 г. группой ученых из Университета Манчестера (Великобритания) под руководством А. К. Гейма и К. С. Новоселова, которые в 2010 г. стали лауреатами Нобелевской премии по физике за новаторские эксперименты по исследованию двумерного материала графена
<i>Химический элемент — олово</i>	
Белое олово Sn	Серебристо-белый металл (плотность 7,3 г/см ³), мягкий, блестящий, пластичный и ковкий. Белое олово устойчиво при температуре выше +13,2 °С. Применяется для производства важнейших сплавов, а также «белой жести», используемой для изготовления консервных банок. При понижении температуры белое олово превращается в серое олово, при этом изделие из серебристого металла превращается («рассыпается») в серый порошок

Аллотропная модификация	Свойства аллотропной модификации
Серое олово Sn	Устойчиво при температуре ниже +13,2 °С. Представляет собой серый порошок (плотность 5,75 г/см ³). Процесс превращения белого олова в серое олово резко ускоряется при наличии зародышей серого олова («оловянная чума»)

Для представления состава вещества используют определенную химическую символику.

Химическая формула — это способ представления (моделирования) качественного и количественного состава вещества. Например, химическая формула серной кислоты — H_2SO_4 . При составлении формулы используют химические символы (знаки) и индексы.

Химический символ (знак) — это обозначение химического элемента. По предложению Й. Я. Берцелиуса химические элементы принято обозначать первой или первой и одной из последующих букв латинских названий элементов. Например, химический символ элемента водорода **H** образован от латинского названия Hydrogenium, символ серы **S** — от латинского Sulfur, символ кислорода **O** — от латинского Oxygenium.

Индекс — это цифра, которая указывает число атомов данного химического элемента. Индекс записывают внизу справа от символа химического элемента (индекс, равный 1, не указывают, но подразумевают). Например, молекула серной кислоты H_2SO_4 образована двумя атомами водорода, одним атомом серы и четырьмя атомами кислорода.

На практике чаще всего используют химические формулы двух видов: молекулярные и графические.

Молекулярная формула отражает качественный состав вещества и показывает число образующих вещество химических элементов и (или) атомных группировок. Например, молекулярная формула серной кислоты — H_2SO_4 ; формула показывает, что в состав молекулы входит два атома водорода, один атом серы и четыре атома кислорода.

Графическая формула дает представление о порядке соединения атомов, т. е. показывает связи между атомами. Для того чтобы составить графическую формулу, нужно знать валентность каждого атома.

Валентность показывает, сколько связей может образовать атом данного химического элемента с атомами других элементов.