

**ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

**О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов**

# **ХИМИЯ**

## **ДЛЯ ПРОФЕССИЙ И СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ**

**Учебник**

*Рекомендовано*

*Федеральным государственным автономным учреждением  
«Федеральный институт развития образования» (ФГАУ «ФИРО»)  
в качестве учебника для использования в учебном процессе  
образовательных учреждений СПО на базе основного общего  
образования с получением среднего общего образования*

*Регистрационный номер рецензии 403  
от 19 августа 2015 г. ФГАУ «ФИРО»*

4-е издание, стереотипное



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2017

УДК 54(075.32)  
ББК 24я723я722  
Г121

Рецензент —  
преподаватель высшей квалификационной категории КМПО РАНХ и ГС  
при Президенте РФ, канд. хим. наук, доцент *Э.Р.Кехарсаева*

**Габриелян О. С.**

Г121 Химия для профессий и специальностей технического профиля :  
учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / О. С. Габриелян,  
И. Г. Остроумов. — 4-е изд., стер. — М. : Издательский центр  
«Академия», 2017. — 272 с., [8] с. цв. ил.

ISBN 978-5-4468-4315-2

Учебник разработан с учетом требований федеральных государственных образовательных стандартов среднего общего и среднего профессионального образования, а также профиля профессионального образования.

На базовом уровне изложены теоретические основы химии, рассмотрены вопросы химии основных классов неорганических веществ. Особое внимание уделено свойствам, промышленным способам получения и применению в технике металлов и неметаллов. Описаны свойства, получение и направления использования органических соединений. Приведены контрольные вопросы, задания и расчетные задачи. Даны рекомендации по выполнению лабораторных опытов и практических работ по общей, неорганической и органической химии.

Для студентов профессиональных образовательных организаций, осваивающих профессии и специальности среднего профессионального образования.

УДК 54(075.32)  
ББК 24я723я722

Условные обозначения:



— термины и определения



— законы, правила, положения



— исторические сведения, интересные факты

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

ISBN 978-5-4468-4315-2

© Габриелян О. С., Остроумов И. Г., 2016  
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2016  
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2016

# К ЧИТАТЕЛЯМ



Дорогие друзья!

Вы открыли учебник химии, предназначенный для профессий и специальностей технического профиля, и подумали, что этот предмет будет для вас не основным. И ошиблись, потому что современная техника и технология без знаний химии несостоятельны. Достаточно сказать, что только перечисление названий новых материалов, широко используемых в современной технике, может занять целый том. А работа с этими материалами, во многом основанная на знании химии и использовании химических превращений (реакций), позволяет достичь экономического, экологического, эстетического эффектов.

Вам, как будущим высококвалифицированным специалистам технического профиля, необходимо знать, что нет ни одной области деятельности, в которой бы не использовались различные вещества, материалы или химические процессы. Например, 90 % энергии, которую производит и потребляет человечество, — это результат химических реакций. Практически все, что выпускают современные промышленность и сельское хозяйство, связано с химией.

Без глубоких знаний химии невозможно освоить специальности, входящие в соответствии с классификатором в такие укрупненные группы, как «Техника и технологии строительства», «Информатика и вычислительная техника», «Машиностроение», «Технологии материалов», «Технологии легкой промышленности» и др.

Учебник соответствует программе общеобразовательной учебной дисциплины «Химия», одобренной научно-методическим советом Центра профессионального образования ФГАУ «Федеральный институт развития образования» 26 марта 2015 г. и рекомендованной для реализации основной профессиональной образовательной программы

СПО на базе основного общего образования с получением среднего общего образования.

В процессе изучения нашего предмета вам предстоит не только усвоить определенную сумму знаний и навыков, но и, в значительной степени, научиться получать их из различных источников, перерабатывать их, делать выводы и заключения, т. е. формировать информационную компетенцию. При оформлении собственного информационного продукта, представлении (презентации) его однокурсникам, преподавателям и общественности необходимо научиться отстаивать свою точку зрения, при этом слышать и уважать чужое мнение, а следовательно, корректировать свою позицию. Это позволит вам совершенствовать собственную коммуникативную компетенцию.

Освоение дисциплины предполагает не только аудиторные занятия, но и самостоятельную работу. В соответствии с программой курса на аудиторные занятия и самостоятельную работу отводится одинаковое количество времени.

На изучение химии в техническом профиле СПО выделено 117 аудиторных часов по специальностям СПО и 171 аудиторный час по профессиям СПО. Для лекций предусмотрено не более 40 % общего времени аудиторных занятий, остальное время занимают практические и лабораторные занятия. На этих занятиях значительное место отводится химическому эксперименту. Он позволяет сформировать специальные предметные умения: работать с веществами, выполнять простые химические опыты, безопасно и экологически грамотно обращаться с веществами, материалами и процессами в быту и на производстве.

Самостоятельная работа предполагает не только выполнение домашних заданий, работу с учебником и другими печатными изданиями, входящими в учебно-методический комплект, но и использование электронного учебника, а также поиск информации в Интернете. Назовем лишь такие популярные ресурсы, как <http://www.chem.msu.ru>; <http://www.chemistry-chemists.com>; <http://www.fcior.edu.ru>; <http://www.school-collection.edu.ru> и др.

Бережное отношение к окружающему миру, элементарные химические знания, без которых не обойтись ни одному специалисту технической сферы деятельности, — вот залог грамотного и эффективного использования достижений химической науки. Кроме того, химическая грамотность необходима и в повседневной жизни. Уважительное с точки зрения химии обращение с веществами, материалами, пре-

паратами бытовой химии, бытовыми приборами — необходимое условие безопасной и комфортной жизни.

Содержание учебника соответствует федеральным государственным образовательным стандартам среднего общего и среднего профессионального образования. Кроме того, в нашем учебнике представлен материал профильного и профессионально значимого содержания, он выделен цветом.

В конце каждого параграфа приведены вопросы и упражнения для обязательного выполнения. Профильные и профессионально значимые задания отмечены звездочкой.

Желаем успеха!

К ЧИТАТЕЛЯМ



Раздел I

**ОБЩАЯ  
И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ  
ХИМИЯ**



# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ХИМИИ

## Прочитав эту главу, вы узнаете:

- что является предметом изучения химии;
- что такое простое вещество и каковы причины явления аллотропии;
- как отображается химический состав вещества и что показывает химическая формула;
- как найти относительную молекулярную массу вещества;
- какие основополагающие законы применяются в химической практике.

## 1.1. Предмет химии. Основные понятия химии. Аллотропия

Еще в 1748 г. основоположник отечественной химии М. В. Ломоносов писал: «Химическая наука рассматривает свойства и изменения тел..., состав тел..., объясняет причи-



ну того, что с веществами при химических превращениях происходит».

Сравните определение, данное великим М. В. Ломоносовым, с современным определением.



**Химия** — это наука о составе, строении, свойствах и превращениях веществ.

Исходя из современного определения химической науки, которое удивительно близко к ломоносовскому, рассмотрим некоторые основные первоначальные понятия: вещество, атом, молекула, химический элемент и др.



**Вещество** — один из видов материи, который характеризуется массой покоя. Это совокупность атомов, ионов или молекул, состоящих из одного или нескольких химических элементов.

Какой же вид материи нельзя назвать веществом? Какой вид материи не имеет массы покоя? Из курса физики вы знаете, что к такому виду материи относятся различные поля, в том числе электромагнитное и гравитационное.



**Атом** — это электронейтральная частица, состоящая из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженных электронов.

Атом — наименьшая частичка химического элемента, предел химической делимости материи.



**Молекула** — это отдельная электронейтральная частица, образующаяся при возникновении ковалентных связей между атомами одного или нескольких элементов, которая определяет химические свойства вещества.

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

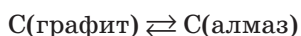
Все элементы (и простые вещества) обычно делят на металлы и неметаллы. К *неметаллам* относят 22 элемента: водород, бор, углерод, кремний, азот, фосфор, мышьяк, кислород, серу, селен, теллур, галогены и благородные газы; к *металлам* — все остальные элементы.

Вещество, образованное одним химическим элементом, называют *простым*. Один и тот же химический элемент



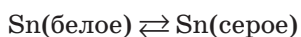
может образовать несколько простых веществ. Это явление называют *аллотропией*, а различные простые вещества, образованные одним элементом, — *аллотропными видоизменениями*, или *аллотропными модификациями* (например, алмаз и графит — это простые вещества, образованные одним и тем же элементом — углеродом).

Очень интересно, а в настоящее время и практически значимо превращение одной аллотропной модификации углерода (графита) в другую (алмаз):



Этот процесс используют для получения искусственных алмазов. В 1954 г. ученые лаборатории знаменитой американской фирмы «Дженерал Электрик» получили черные кристаллики искусственных алмазов массой 0,05 г при экстремальных условиях: давлении 100 000 атм и температуре 2 600 °С. Такие алмазы стоили в сотни раз дороже природных. Но уже в течение 10 лет были разработаны технологии, позволяющие получить в одной камере за несколько минут 20 и более граммов алмазов. Современное производство искусственных алмазов основано на их получении из графита не только при сверхвысоких, но и при низких давлениях. Такие алмазы сравнительно дешевы, однако используются преимущественно в технических целях в металлургии и машиностроении, радиоэлектронике и приборостроении, геологоразведке и горной промышленности.

Причиной трагического исхода некоторых экспедиций, покорителей полярных (арктической и антарктической) «шапок» Земли, явилось то, что исследователи не учли взаимопревращение аллотропных модификаций олова:



Белое олово — это мягкий пластичный металл, с которым мы чаще всего и сталкиваемся. Однако при понижении температуры оно может превращаться в серое олово — порошок, обладающий свойствами неметаллов. Такое превращение ускоряется самим серым оловом: достаточно появиться всего лишь одной пылинке серого олова, как начинается процесс, который уже невозможно остановить.

При этом изделие из белого блестящего металла превращается в серый невзрачный порошок. Такой процесс носит образное название «оловянная чума». Именно он и стал причиной гибели экспедиции Р. Скотта, пытавшегося в 1912 г. покорить Южный полюс. Экспедиция Скотта использовала

для хранения продуктов и керосина железные канистры, запаянные оловом. На сильном морозе оловянный припой канистр рассыпался, и экспедиция осталась без топлива.

Для многих других химических элементов также характерно явление аллотропии. Так, кислород образует две модификации — кислород  $O_2$  и озон  $O_3$  (греч. *ozon* — пахнущий).

Озон содержится в верхних слоях атмосферы и интенсивно поглощает ультрафиолетовые лучи. Таким образом атмосфера защищает жизнь на Земле от коротковолнового излучения.

Вместе с тем атмосфера пропускает инфракрасное излучение Солнца, но благодаря содержащемуся в атмосфере озону, углекислому газу и водяному пару она непрозрачна для инфракрасного излучения Земли. Если бы эти газы не содержались в атмосфере, Земля превратилась бы в безжизненный шар, средняя температура на поверхности которого была бы  $-23^\circ\text{C}$ , в то время как фактически она равна  $+14,8^\circ\text{C}$ .

Перед человечеством стоит насущная задача — сохранить этот жизнеобеспечивающий экран от разрушения, так как с космических спутников приходят тревожные данные об уменьшении толщины озонового слоя атмосферы — так называемых озоновых дырах (цв. вклейка, рис. 1).

Озон и кислород, будучи простыми веществами, образованными одним элементом, тем не менее обладают разными свойствами. Кислород не имеет запаха, а озон пахнет свежестью. Озон в отличие от кислорода бактерициден; это свойство используют для обеззараживания питьевой воды (озонирование воды гораздо безопаснее для здоровья человека, чем хлорирование).

Озон — гораздо более сильный окислитель, чем кислород, поэтому он энергично обесцвечивает краски, окисляет серебро, разрушает органические соединения. Последнее свойство позволяет использовать его для устранения неприятных запахов, т. е. дезодорирования.

Аллотропия является одним из факторов, обуславливающих многообразие веществ. Она вызывается двумя основными причинами:

1) переходом количественных изменений в качественные, в чем нетрудно убедиться на примере аллотропии кислорода;

2) различным кристаллическим строением аллотропных модификаций; например, все модификации углерода имеют атомную кристаллическую решетку, но у алмаза она объемная тетраэдрическая, а у графита слоистая, поэтому так непохожи свойства алмаза и графита.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Что является предметом изучения химии? Дайте определение понятия «вещество». Как соотносятся понятия «вещество» и «материя»?
2. Какие частицы называют атомами и молекулами?
3. Дайте определение понятия «химический элемент».
4. Какие вещества называют простыми? Приведите примеры.
5. Охарактеризуйте явление аллотропии. Какие факторы его вызывают? Приведите примеры аллотропных модификаций кислорода. Сравните их. Укажите фактор, который вызывает аллотропию этого элемента.
6. Расскажите об аллотропии углерода. Сравните аллотропные модификации углерода. Назовите основные области их применения.
- \*7. Охарактеризуйте техническое значение олова и области применения этого металла.
- \*8. Подготовьте сообщение об истории получения искусственных алмазов и назовите области их применения.
- \*9. Подготовьте сообщение на тему «Обеззараживание питьевой воды: пути и перспективы».

## 1.2. Состав вещества. Измерение вещества

**Простые вещества** — это вещества, образованные одним химическим элементом. Однако гораздо больше веществ сложных.

Вещества, состоящие из двух и более химических элементов, называют **сложными**.

Различают качественный и количественный состав веществ.

**Качественный состав** — это совокупность химических элементов и (или) атомных группировок, составляющих данное химическое вещество.

**Количественный состав** — это показатели, характеризующие количество или число атомов того или иного химического элемента и (или) атомных группировок, образующих данное химическое вещество.

Состав веществ отображают посредством химической символики.

По предложению Й. Я. Берцелиуса элементы принято обозначать первой или первой и одной из последующих букв латинских названий элементов.

**Химический знак (символ)** несет значительную информацию. Он обозначает название элемента, один атом его, один моль атомов этого элемента. По символу химического элемента можно определить его атомный номер и относительную атомную массу.

**Химическая формула** — это способ отображения химического состава вещества. Как и химический знак, химическая формула несет немалую информацию. Она обозначает название вещества, одну молекулу его, один моль этого вещества. По химической формуле можно определить качественный состав вещества, число атомов и количество вещества каждого элемента в одном моле вещества, его относительную молекулярную и молярную массы.

Формулы веществ составляют на основании еще одного важнейшего понятия химии — валентности.

**Валентность** — это способность атомов одного химического элемента соединяться со строго определенным числом атомов другого химического элемента.

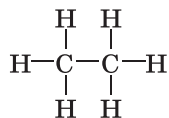
Например, атом водорода одновалентен, поэтому в молекуле водорода  $H_2$  он соединяется только с одним таким же атомом водорода. Атом кислорода двухвалентен, поэтому в молекуле воды  $H_2O$  он соединяется с двумя атомами водорода. Четырехвалентный углерод в молекуле метана  $CH_4$  соединяется с четырьмя атомами водорода, а в молекуле углекислого газа  $CO_2$  — с двумя атомами двухвалентного кислорода.

Широко используются несколько видов химических формул.

1. **Простейшая (эмпирическая) формула** показывает качественный состав и соотношения, в которых находятся частицы: атомы, ионы, группы атомов, образующие данное вещество. Например, простейшая формула этана (органического вещества) —  $C_2H_6$ .

2. **Молекулярная (истинная) формула** отражает качественный состав и число составляющих вещество частиц (например, для этана —  $C_2H_6$ ), но не показывает порядок связей частиц в веществе, т. е. его структуру.

3. **Графическая формула** отражает порядок соединения атомов, т. е. связи между ними; например, для этана:



Кроме формул для наглядности нередко используют модели атомов и молекул простых и сложных веществ.

Массы атомов и молекул, из которых построены вещества, чрезвычайно малы. Однако современные методы исследования позволяют определять их с большой точностью. Так, масса атома углерода  $^{12}\text{C}$  равна  $1,993 \cdot 10^{-26}$  кг, масса атома кислорода изотопа  $^{16}\text{O}$  составляет  $2,667 \cdot 10^{-26}$  кг, а масса самого легкого атома — водорода  $^1\text{H}$  равна  $1,674 \cdot 10^{-27}$  кг.

Выражать массы атомов с помощью общепринятых единиц массы — килограммов, граммов или даже миллиграммов неудобно ввиду их очень малых значений. Поэтому в химии традиционно используют не абсолютные, а относительные значения масс.

В 1961 г. в химии и физике была принята единая углеродная атомная единица массы (а. е. м.), представляющая собой  $1/12$  массы атома углерода  $^{12}\text{C}$ :

$$1 \text{ а. е. м.} = \frac{1}{12}m(^{12}\text{C}) = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$



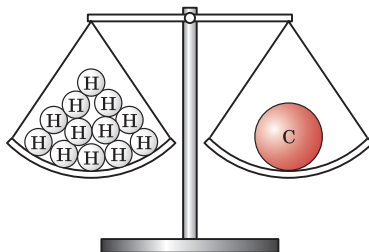
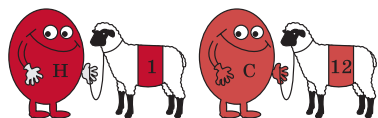
**Относительная атомная масса** ( $A_r$ ) химического элемента — это величина, показывающая отношение средней массы атома природной изотопной смеси элемента к  $1/12$  массы атома углерода  $^{12}\text{C}$ .

Относительная атомная масса — одна из основных характеристик химического элемента (рис. 1.1).

Относительная атомная масса самого легкого химического элемента водорода равна 1. Поэтому относительные атомные массы других элементов можно сравнивать с относительной атомной массой водорода (рис. 1.2).



**Относительная молекулярная масса** ( $M_r$ ) равна сумме относительных атомных масс всех атомов, образующих молекулу вещества.



**Рис. 1.1**

Каждый химический элемент имеет свою относительную атомную массу

**Рис. 1.2**

Атом углерода в 12 раз тяжелее атома водорода  $^1\text{H}$

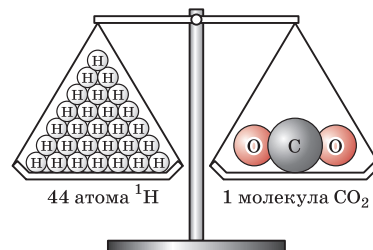
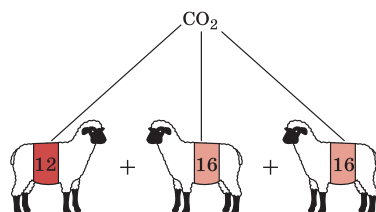
## ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ ХИМИИ

Рис. 1.3

Так рассчитывают относительную молекулярную массу углекислого газа

Рис. 1.4

Молекула углекислого газа  $\text{CO}_2$  в 44 раза тяжелее атома водорода  $^1\text{H}$



Если вещество не молекулярного, а, например, ионного строения, то и для такого вещества используют понятие относительной молекулярной массы, но рассчитывают ее по формульным единицам вещества (рис. 1.3, 1.4).

**Количество вещества** ( $n$  или  $\nu$ ) характеризуют числом атомов, молекул или других формульных единиц данного вещества. Так как вещество состоит из огромного числа частиц, то количество вещества удобно измерять в крупных единицах, содержащих большое число частиц.

В Международной системе единиц (СИ) за единицу количества вещества принят моль.



**Моль** — это количество вещества, содержащее столько же формульных единиц, сколько атомов содержит 0,012 кг изотопа углерода  $^{12}\text{C}$ .

Для нахождения одного моля вещества можно руководствоваться следующим несложным правилом: *моль — это количество вещества, масса которого, выраженная в граммах, численно равна относительной молекулярной массе.*

Массу одного моля называют *молярной массой* и обозначают буквой  $M$ :

$$M = M_r \cdot 1 \text{ г/моль.}$$

Единицы измерения молярной массы — г/моль, кг/кмоль или мг/ммоль.

Молярная масса может быть выражена через число молекул (или атомов) в одном моле вещества ( $N_A$ ) и массу ( $m_0$ ) отдельной молекулы (или атома):

$$M = m_0 N_A.$$

Массу молекулы (атома) в килограммах можно рассчитать по уравнению

$$m_0 = M_r \cdot 1 \text{ а. е. м.} = M_r \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг,}$$

следовательно

$$M \cdot 10^{-3} \text{ (кг/моль)} = N_A M_r \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ (кг/моль)}.$$

Из этого выражения можно определить число молекул или атомов, содержащихся в одном моле любого вещества, которое называют постоянной Авогадро.



**Постоянная Авогадро** ( $N_A$ ) — число атомов или молекул (или других формульных единиц), содержащихся в одном моле вещества; она всегда равна

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

Количество вещества измеряют в молях, киломолях или миллимолях. Количество вещества рассчитывают как отношение: массы  $m$  вещества к его молярной массе; числа  $N$  молекул, атомов или формульных единиц к постоянной Авогадро; объема газа  $V$  при нормальных условиях (н. у.) к молярному объему  $V_m$ :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{N}{N_A} = \frac{V}{V_m}.$$

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Какое вещество называют сложным?
2. Какую информацию можно получить, анализируя качественный и количественный состав вещества?
3. Что показывает химическая формула?
4. Охарактеризуйте понятия «относительная атомная масса химического элемента», «относительная молекулярная масса вещества». Как рассчитывают эти характеристики?
5. Какие разновидности химических формул вы знаете?
6. Найдите относительные молекулярные массы веществ, состав которых описывается формулами:  $O_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $Ca_3(PO_4)_2$ ,  $Cu(OH)_2$ .
- \*7. Рассчитайте относительные молекулярные массы медного купороса  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  и кристаллической соды  $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ .
8. Дайте определение понятия «количество вещества». Назовите единицы измерения количества вещества.
9. Чем отличается относительная молекулярная масса вещества от молярной массы? Найдите молярную массу азотной кислоты, гидроксида натрия, сульфата алюминия.
10. Сколько молекул содержится в 32 г сернистого газа  $SO_2$ ?
11. Какова масса  $1,2 \cdot 10^{23}$  молекул аммиака  $NH_3$ ?