



3. В чем состоит отличие понятий «химический элемент» и «простое вещество»? Поясните на примере кислорода.
4. На какие две группы делят простые вещества?
5. Изготовьте из пластилина модели молекул водорода, кислорода, азота, фосфора и серы в соответствии с рисунком 28. Сделайте фото этих моделей.
6. Число простых веществ в несколько раз больше числа известных химических элементов. Чем это можно объяснить?
7. Массовая доля магния в его смеси с алюминием равна 12,5 %. Рассчитайте, во сколько раз различаются массы металлов в этой смеси.

## § 6. Сложные вещества

Химические элементы существуют не только в виде простых веществ. Их атомы также могут входить в состав самых различных сложных веществ, или химических соединений.

***Вещества, состоящие из атомов разных химических элементов, называются сложными веществами или химическими соединениями.***

подавляющее большинство химических веществ — это сложные вещества. Вы уже знаете некоторые из них. Это, например, вода, метан, сахар, поваренная соль.



Сложные вещества делят на две группы — органические и неорганические. Вам знакомы такие органические вещества, как сахар (сахароза), уксусная и лимонная кислоты, спирт, крахмал, белки, жиры. Многие из них содержатся в животных и растительных организмах. Они входят в состав продуктов питания, топлива, лекарств, красителей, самых разнообразных материалов. Неорганические вещества также широко распространены в окружающем мире и составляют основу неживой природы. Они являются компонентами атмосферы (кислород, азот), литосферы (минералы, горные породы) и гидросферы (вода). Неорганические вещества также встречаются в повседневной жизни. Это, например, поваренная соль, мел, марганцовка, аммиак, углекислый газ.

### Качественный и количественный состав веществ

Каждое вещество характеризуется определенным качественным и количественным составом.

**Качественный состав** вещества показывает, из атомов каких элементов оно состоит. Например, вода  $\text{H}_2\text{O}$  состоит из атомов водорода и кислорода, а метан  $\text{CH}_4$  — из атомов углерода и водорода.

Число атомов каждого элемента в составе молекулы вещества характеризует его **количественный состав**. Например, молекула воды состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода, а молекула метана — из одного атома углерода и четырех атомов водорода.

Любое сложное вещество можно разложить на несколько новых веществ. Например, воду с помощью электрического тока можно разложить на водород и кислород:



Свойства простых веществ (водорода и кислорода), которые при этом получаются, совершенно не похожи на свойства сложного вещества воды. Это разные вещества с разными свойствами.

Свойства сложного вещества не являются суммой свойств простых веществ, которые образуются при его разложении.

Сложные вещества, как и простые, существуют при обычных условиях в различных агрегатных состояниях. Например, метан — газ, вода — жидкость, сахар — твердое вещество. При изменении температуры вещества переходят из одного агрегатного состояния в другое.

Чем различаются сложные вещества и смеси различных веществ? Основные различия между ними приведены в таблице 2 на странице 46.



Таблица 2. Различия между сложными веществами и смесями веществ

Сложное вещество (химическое соединение)	Смесь веществ
Образуется в результате соединения атомов различных элементов между собой	Образуется в результате смешивания различных веществ
Свойства сложного вещества отличаются от свойств простых веществ, из которых оно получено	Свойства веществ, из которых составлена смесь, не изменяются
Имеет определенный качественный и количественный состав	Состав произвольный
Разлагается на составные части только в результате химических превращений	Разделяется на составные части с помощью различных физических методов

*Вещества, состоящие из атомов разных химических элементов, называются сложными веществами или химическими соединениями.*

*Каждое чистое вещество имеет определенный качественный и количественный состав.*

*Свойства сложного вещества отличаются от свойств простых веществ, которые образуются при его разложении.*

### Вопросы и задания

1. Какие вещества называются сложными? Приведите примеры.
2. Объясните, чем различаются простые и сложные вещества. Что общего между ними? Покажите на конкретных примерах.
3. Из приведенного перечня веществ выпишите отдельно сначала простые, а затем сложные вещества: кислород, сахар, азот, железо, поваренная соль, алюминий, вода, метан, сера.
4. Серу массой 15 г смешали с алюминием массой 45 г. Рассчитайте массовую долю неметалла в образовавшейся смеси.

5. При нагревании твердого вещества образовались газ и новое твердое вещество. Простым или сложным было исходное вещество?
6. Чем отличаются между собой сложные вещества и смеси? Поясните на примере воды и смеси водорода с кислородом.

## § 7. Химическая формула

Вы уже знаете, что каждое вещество обладает определенным качественным и количественным составом. В химии состав любого вещества выражается химической формулой. **Химическая формула — это условная запись состава вещества с помощью химических символов и индексов.**

Качественный состав вещества выражается с помощью символов химических элементов, а количественный — с помощью индексов, которые записываются справа и чуть ниже символов химических элементов. **Индекс — число атомов данного химического элемента в формуле вещества.**

Например, химическая формула простого вещества водорода, молекула которого состоит из двух атомов, записывается так:

химический символ водорода  $\rightarrow \text{H}_2 \leftarrow$  индекс

и читается *аш-два*.

Состав простых веществ-металлов и некоторых неметаллов записывают символами соответствующих элементов без индексов. Так, формула простого вещества железа — Fe, меди — Cu, алюминия — Al, углерода — C.

Формулы ряда простых веществ-неметаллов, состоящих из двухатомных молекул, записываются и произносятся так: кислорода — O<sub>2</sub> (*о-два*), хлора — Cl<sub>2</sub> (*хлор-два*), азота — N<sub>2</sub> (*эн-два*). Формула озона, состоящего из трехатомных молекул, — O<sub>3</sub> (*о-три*), а формула серы, образованной восьмиатомными молекулами, — S<sub>8</sub> (*эс-восемь*).

Формулы сложных веществ также отображают их качественный и количественный состав. Например, формула воды,



как вы уже хорошо знаете, —  $\text{H}_2\text{O}$  (*аш-два-о*), метана —  $\text{CH}_4$  (*цэ-аш-четыре*), аммиака —  $\text{NH}_3$  (*эн-аш-три*). Так же читаются формулы любых сложных веществ. Например, формула серной кислоты —  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (*ш-два-эс-о-четыре*), а глюкозы —  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  (*цэ-шесть-аш-двенадцать-о-шесть*).

Среди множества сложных веществ известны и такие, которые состоят не из молекул, а из огромного числа атомов. Формулы таких веществ показывают лишь простейшее соотношение чисел содержащихся в них атомов разных химических элементов. Например, формула  $\text{Al}_2\text{O}_3$  показывает, что в кристалле этого вещества простейшее соотношение чисел атомов алюминия и кислорода составляет 2 : 3.

В формулах ряда сложных веществ числовые индексы указывают также число групп атомов, заключенных в круглые скобки, например:  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (*алюминий-два-эс-о-четыре-трижды*),  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  (*магний-эн-о-три-дважды*) и т. д.

В таблице 3 представлены формульная запись и схематическое изображение состава различных частиц.

Таблица 3. Способы записи и схематическое изображение состава частиц

Формульная запись	Содержание записи	Схематическое изображение
H	Один атом водорода	
3H	Три атома водорода	
$\text{H}_2$	Одна молекула водорода	
$2\text{H}_2$	Две молекулы водорода	
$\text{H}_2\text{O}$	Одна молекула воды (состоит из двух атомов водорода и одного атома кислорода)	

Продолжение

Формульная запись	Содержание записи	Схематическое изображение
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	Простейшая формула вещества, состоящего из атомов натрия, серы и кислорода $\text{Na} : \text{S} : \text{O} = 2 : 1 : 4$	

Исходя из химической формулы сложного вещества можно рассчитать, какая часть его относительной молекулярной массы приходится на атомы данного химического элемента. Информация об этом содержится в *Приложении 3* в конце учебного пособия.

*Качественный и количественный состав вещества выражается с помощью химических формул.*

*Химическая формула вещества показывает состав его молекулы.*

### Вопросы и задания

1. Прочитайте вслух следующие химические формулы:  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ .
2. Охарактеризуйте качественный и количественный состав веществ:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Прочитайте вслух эти формулы.
3. Приведите примеры известных вам сложных веществ. Напишите формулы простых веществ, из которых могло бы получиться каждое из названных вами сложных веществ.
4. Запишите химические формулы веществ: вода, углекислый газ, кислород, азот, поваренная соль. Прочитайте вслух формулы этих веществ. Укажите известные вам области их применения.
5. Определите общее число атомов, входящих в состав формулы каждого из следующих веществ:  $\text{MgS}$ ,  $\text{CaSO}_3$ ,  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . Прочитайте вслух эти формулы.



6. Напишите формулы следующих веществ: *купрум-эс-о-четыре*; *калий-эн-о-три*; *алюминий-два-эс-о-четыре-трижды*; *аш-три-пэ-о-четыре*.
7. Рассчитайте число молекул углекислого газа, в которых общее число всех атомов равно их числу в шести молекулах кислорода  $O_2$ .
8. Ознакомившись с *Приложением 3*, рассчитайте массовую долю химического элемента калия в сложном веществе  $KCl$ , которое используется для подкормки растений.

## § 8. Относительная молекулярная масса

Каждый химический элемент характеризуется определенным значением относительной атомной массы. Состав любого вещества выражается его формулой. Поскольку масса атомов выражается как в килограммах, так и в атомных единицах массы, то и масса молекулы выражается таким же образом.

### Относительная молекулярная масса

Вещества характеризуются величиной относительной молекулярной массы, которая обозначается  $M_r$ .

**Относительная молекулярная масса — это физическая величина, которая показывает, во сколько раз масса одной молекулы вещества больше  $\frac{1}{12}$  части массы атома углерода.**

Относительная молекулярная масса равна сумме относительных атомных масс всех химических элементов с учетом числа их атомов в молекуле.

Например, рассчитаем относительную молекулярную массу воды  $H_2O$ :

$$M_r(H_2O) = 2 \cdot A_r(H) + A_r(O) = 2 \cdot 1 + 16 = 18.$$

Найдем относительную молекулярную массу серной кислоты  $H_2SO_4$ :

$$\begin{aligned} M_r(H_2SO_4) &= 2 \cdot A_r(H) + A_r(S) + 4 \cdot A_r(O) = \\ &= 2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16 = 98. \end{aligned}$$