



Домашний эксперимент

1. Аккуратно поместите несколько кристалликов «марганцовки» в стакан с водой. Опишите наблюдаемые явления. К каким явлениям относится растворение этого вещества в воде?

2. Смешайте небольшие количества (на кончике ножа) лимонной кислоты и пищевой соды. К полученной смеси добавьте немного воды. Опишите наблюдаемое явление. К какому типу явлений оно относится?

§ 11. Закон сохранения массы веществ. Химические уравнения

До сих пор при рассмотрении химических реакций вы обращали внимание на их признаки и условия, при которых одни вещества превращаются в другие. Это качественная сторона химических реакций. Сегодня вы начинаете знакомиться с количественной характеристикой этих процессов.

Те вещества, которые вступают в реакцию, называются **исходными веществами**, а те, которые образуются, — **продуктами реакций**. Но как же соотносятся между собой их массы? Может быть, масса исходных веществ больше массы продуктов, или наоборот? А может быть, их массы и вовсе одинаковы? Этот интересный вопрос долго волновал ученых. Ответ на него составляет суть одного из важнейших законов химии, с которым вы сейчас познакомитесь.

Закон сохранения массы веществ

В XVII в. английский ученый Р. Бойль исследовал влияние нагревания на массу металлов. Он провел много опытов по прокаливанию металла свинца в запаянных стеклянных сосудах. По окончании опытов Бойль вскрывал сосуды и

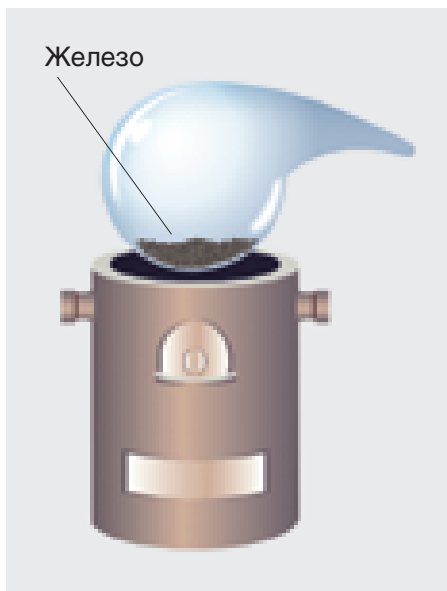


Рис. 38. Опыт Ломоносова по прокаливанию железа

взвешивал содержащиеся в них вещества — продукты реакций. В результате ученый пришел к выводу, что их масса больше массы исходного металла. Он объяснил это тем, что при нагревании металл тяжелеет из-за присоединения к нему особой «огненной материи», которая якобы проникает внутрь сосуда через стекло.

В 1748 г. русский ученый М. В. Ломоносов повторил опыты Р. Бойля, прокаливая в запаянных стеклянных сосудах (ретортах) другой металл — железо (рис. 38). При нагревании оно превращалось в черно-бу-

рый порошок («железная окалина»), что свидетельствовало о протекании химической реакции. Однако, в отличие от Р. Бойля, Ломоносов перед взвешиванием не вскрывал охлажденные сосуды. Оказалось, что, несмотря на протекание в ретортах химической реакции, их масса не изменяется. Другими словами, общая масса исходных веществ (железа и вещества из воздуха) равна массе продукта реакции («железной окалины»).

В 1789 г. французский химик А. Лавуазье доказал, что при высокой температуре металлы присоединяют содержащийся в воздухе кислород. На основе работ М. В. Ломоносова и А. Лавуазье был сформулирован закон сохранения массы веществ в химических реакциях, который звучит так.

Масса веществ, вступивших в химическую реакцию, равна массе веществ образовавшихся в результате реакции.

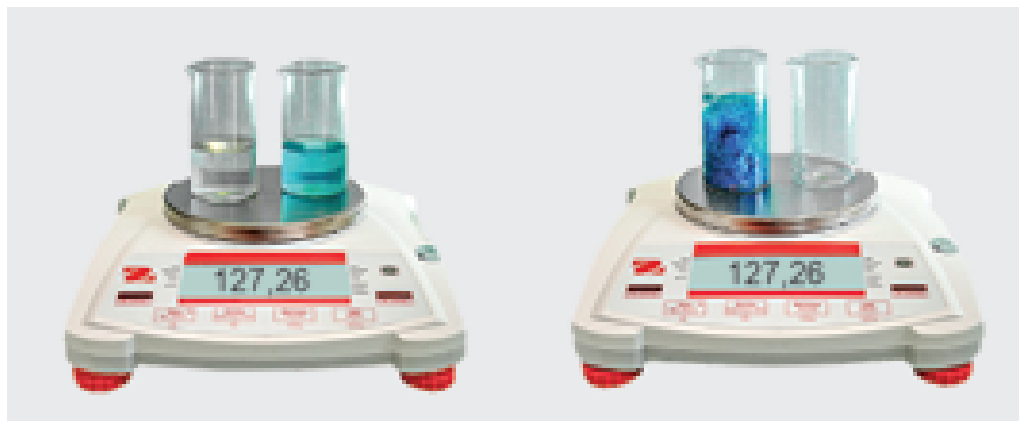


Рис. 39. Доказательство закона сохранения массы веществ в химических реакциях

Почему же так происходит? Дело в том, что при химических реакциях атомы исходных веществ разъединяются и, соединяясь в другом порядке, образуют новые вещества. Поскольку в результате реакций атомы не исчезают бесследно и не возникают из ничего, а лишь перегруппировываются, их общее число остается неизменным. А так как атомы имеют постоянную массу, то и масса образованных ими веществ также остается постоянной.

Закон сохранения массы веществ можно проверить экспериментально. В один из двух стаканов нальем раствор CuSO_4 , а в другой — раствор NaOH . Поставим оба стакана с растворами на весы и определим их общую массу (рис. 39). Сняв стаканы с весов и смешав их содержимое, мы увидим образование синего осадка — признак химической реакции. Снова поставив оба стакана на весы, мы обнаружим, что их общая масса осталась прежней.

Закон, открытый М. В. Ломоносовым, един для всех химических процессов, происходящих в природе, в которой ничто не может исчезнуть бесследно и возникнуть из ничего.



Химические уравнения

Для выражения сути химических реакций используется специальный язык химических формул. Из них составляют уравнения химических реакций, или химические уравнения, подобно тому, как в любом языке из букв составляют слова, а из слов — предложения.

Химический элемент → Химический символ (Буква)
Вещество → Химическая формула (Слово)
Химическая реакция → Химическое уравнение (Предложение)

Уравнение химической реакции (химическое уравнение) — это условная запись химической реакции при помощи химических формул и знаков «+» и «=».

Как и математические уравнения, уравнения химических реакций состоят из двух частей. В левой части записываются формулы исходных веществ, а в правой — формулы продуктов реакций, соединенные знаком «+» (плюс). Поскольку число атомов каждого элемента до реакции равно их числу после реакции, между левой и правой частями химического уравнения ставится знак «=» (равно). Например, уравнение реакции водорода с кислородом, модель которой приведена на рисунке 40, имеет вид:

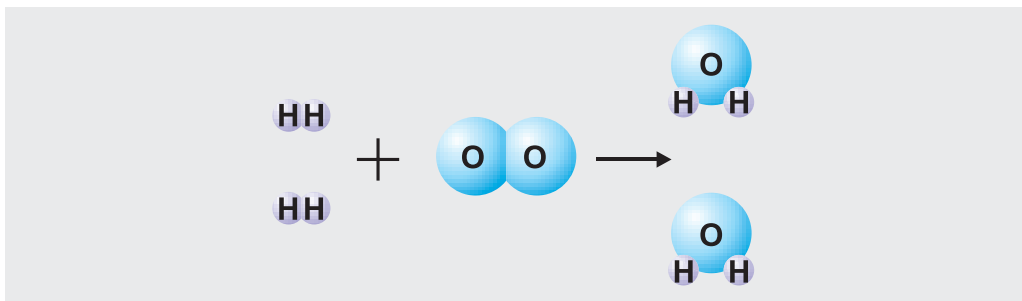
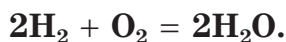
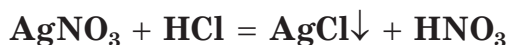


Рис. 40. Модель реакции водорода с кислородом

Цифры «2», стоящие в этом уравнении перед формулами веществ, называются **коэффициентами**. Они показывают число частиц исходных и конечных веществ. Например, из записанного уравнения следует, что две молекулы H_2 реагируют с одной молекулой O_2 , образуя две молекулы H_2O . Коэффициент «1» в химических уравнениях не записывается.

При написании химических уравнений применяют также и некоторые специальные знаки. Например, в уравнении реакции, протекающей в водном растворе,



знак « $\downarrow$ », стоящий после формулы AgCl , обозначает, что это вещество образует осадок (т. е. оно нерастворимо в воде).

Знак « $\uparrow$ » используется для обозначения того, что данное вещество выделяется в виде газа, например:



Модель этой реакции приведена на рисунке 41.

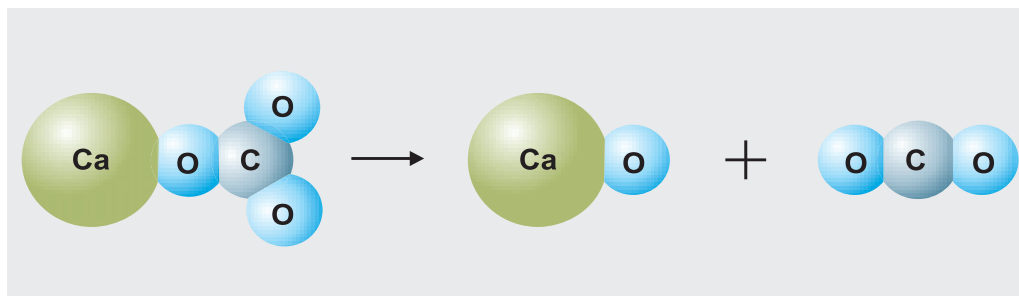


Рис. 41. Модель реакции образования CaO и CO_2 из CaCO_3

Часто в уравнениях химических реакций над знаком « $=$ » указывают условия их протекания: нагревание (t), давление (p), освещение ($h\nu$), электрический ток (⚡) и др.



При химических реакциях соблюдается закон сохранения массы веществ: масса исходных веществ равна массе продуктов реакции.

В ходе химических реакций атомы исходных веществ перегруппировываются и образуют новые вещества.

Число атомов каждого химического элемента до и после реакции одинаково.

Химическое уравнение — условная запись реакции при помощи химических формул и специальных знаков.

Вопросы и задания

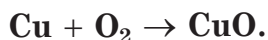
1. В чем состояло главное отличие опыта М. В. Ломоносова от опыта Р. Бойля? Какие результаты получил Ломоносов? О чем они свидетельствовали?
2. Как А. Лавуазье объяснил увеличение массы металлов при их прокаливании на воздухе?
3. Сформулируйте закон сохранения массы веществ в химических реакциях.
4. Почему общая масса веществ в ходе любой химической реакции не изменяется?
5. В результате нагревания вещества HgO получается металл ртуть Hg , масса которого меньше массы исходного вещества. Объясните, почему так происходит.
6. При горении угля C на воздухе он превращается в газообразное вещество CO_2 . Масса этого вещества больше или меньше массы исходного угля? Почему?
7. Вещество Cu(OH)_2 при нагревании превратилось в два новых вещества — CuO и H_2O общей массой 55,6 г. Чему была равна масса исходного вещества Cu(OH)_2 ?
8. В химическую реакцию вступили железо массой 5,6 г и сера массой 3,2 г. Какова масса образовавшегося продукта реакции?
9. В результате химической реакции $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 = 2\text{NH}_3$ образовались 24 молекулы NH_3 (аммиака). Сколько молекул каждого из исходных веществ вступило в эту реакцию?

§ 12. Составление уравнений химических реакций

Поскольку химические реакции протекают строго в соответствии с законом сохранения массы веществ, химические уравнения необходимо составлять, опираясь на этот закон. Рассмотрим, как можно составить химическое уравнение на примере реакции меди с кислородом. Для этого сначала слева запишем названия исходных веществ, соединив их знаком «+» (плюс), а справа — название продукта реакции. Между левой и правой частями пока поставим стрелку:

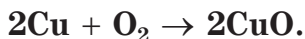
медь + кислород → соединение меди с кислородом.

Подобную запись называют *схемой* химической реакции. Теперь запишем ее по-другому — при помощи химических формул:



Так как при химических реакциях атомы элементов не исчезают, а только перегруппировываются, **в левой и в правой частях химического уравнения число атомов каждого элемента должно быть одинаковым.**

А как же быть с нашей схемой? В левой ее части число атомов кислорода равно двум, а в правой — одному. Чтобы число атомов кислорода **O** в обеих частях схемы стало одинаковым, перед формулой **CuO** поставим коэффициент «2»:



Теперь число атомов меди в правой части схемы равно двум, а в левой только одному. Поэтому перед символом меди **Cu** также поставим коэффициент «2». В результате произведенных действий число атомов каждого элемента в обеих

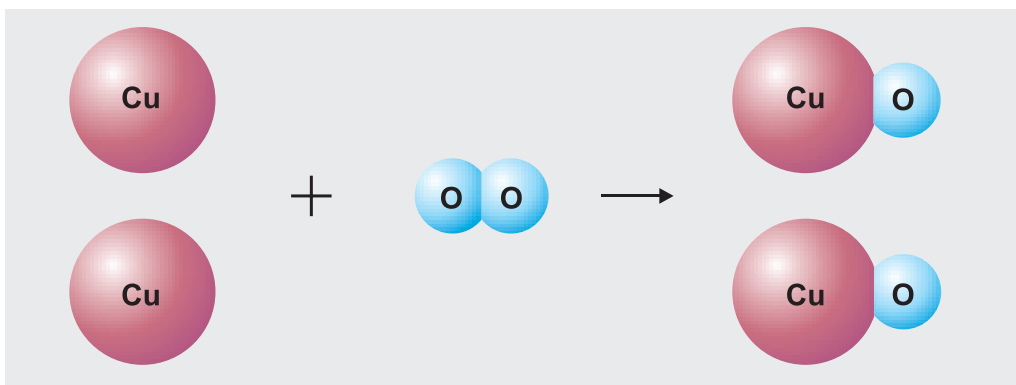
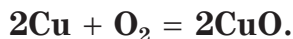


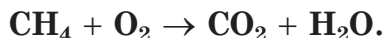
Рис. 42. Модель реакции меди с кислородом

частях схемы стало одинаковым (рис. 42). Это дает нам право заменить в схеме стрелку на знак «=» (равно). Схема реакции превратилась в уравнение химической реакции:



Это уравнение читается так: *два купрум плюс о-два равно два купрум-о.*

Рассмотрим еще один пример. Составим уравнение химической реакции между веществами CH_4 (метан) и кислородом. В результате их взаимодействия образуются новые вещества — CO_2 (углекислый газ) и H_2O (вода). Вначале запишем схему реакции, в левой части которой разместим формулы исходных метана и кислорода, а в правой — формулы продуктов реакции:



Обратите внимание, что в левой части схемы число атомов углерода равно их числу в правой части. Поэтому уравнивать нужно числа атомов водорода и кислорода. Чтобы число атомов водорода в обеих частях стало одинаковым, перед формулой воды поставим коэффициент «2»:



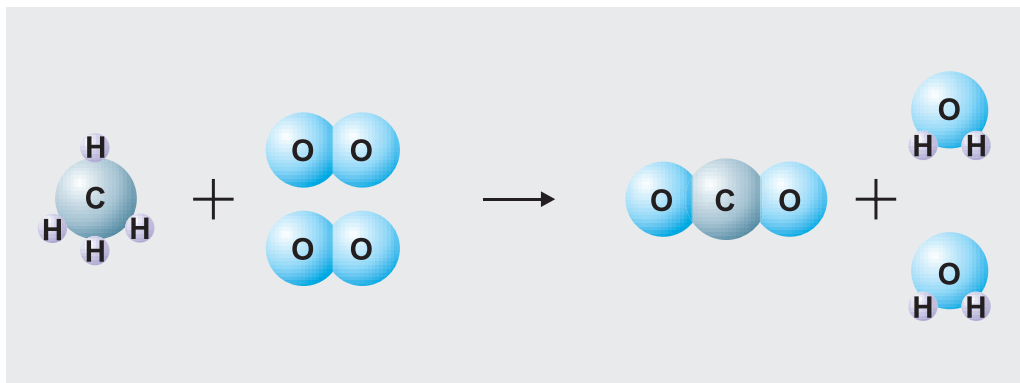


Рис. 43. Модель реакции метана с кислородом

Теперь в каждой части схемы имеется по четыре атома водорода.

Посчитаем число атомов кислорода справа. В одной молекуле CO_2 содержатся два атома кислорода ($1 \cdot 2 = 2$). Столько же их имеется в двух молекулах воды ($2 \cdot 1 = 2$). Всего в правой части схемы четыре атома кислорода O . Для того чтобы столько же атомов кислорода оказалось и в левой части схемы, перед формулой кислорода поставим коэффициент «2» и стрелку заменим на знак равенства:



Теперь число атомов каждого элемента в левой части схемы равно их числу в правой ее части (рис. 43). Уравнение реакции составлено. Читается оно так: *це-аш-четыре плюс два о-два равно це-о-два плюс два аш-два-о*. Данный метод расстановки коэффициентов называют методом подбора.

Известны и другие методы нахождения коэффициентов. С ними вы познакомитесь при дальнейшем изучении химии.

Для составления уравнений химических реакций необходимо соблюдать следующий порядок действий.



1. Установить состав исходных веществ и продуктов реакции.
2. Записать формулы исходных веществ слева, а продуктов реакции — справа.
3. Между левой и правой частями схемы поставить стрелку.
4. Перед формулами веществ расставить коэффициенты, т. е. уравнивать число атомов каждого химического элемента в обеих частях схемы.
5. Заменить в схеме реакции стрелку на знак «=» (равно).

Роль химических реакций в природе и в жизни человека

Химические реакции постоянно происходят в окружающем нас мире, в природе, в живых организмах, в промышленности и в быту.

Одна из важнейших реакций, протекающих в природе, — реакция фотосинтеза (см. рис. 7, с. 15). Растения поглощают из воздуха углекислый газ, из почвы воду с растворенными веществами и превращают их в питательные вещества — глюкозу, крахмал — и необходимый всему живому для дыхания кислород. Горные породы и минералы постепенно разрушаются в результате взаимодействия с кислородом, водой и другими веществами.

Каждый живой организм — своеобразная химическая лаборатория, в которой протекают тысячи разных реакций. Они лежат в основе всех процессов жизнедеятельности. В организме человека наибольшее число реакций осуществляется в печени.

Многие химические реакции сопровождают нас в повседневной жизни. Это, прежде всего, реакции горения, дающие нам возможность согреться и приготовить пищу. Химические процессы протекают, например, при жарке мяса, выпекании хлеба, приготовлении творога, при брожении виноградного сока. Они лежат в основе отбеливания тканей, затвердевания цемента и алебастра, почернения со временем серебряных украшений и т. п.

Химические реакции составляют основу таких технологических процессов, как получение металлов из руд, производство удобрений, пластмасс, синтетических волокон, лекарств, других важных веществ. С помощью химических реакций обезвреживают токсичные вещества, перерабатывают промышленные и бытовые отходы.

Протекание некоторых реакций приводит к негативным последствиям. Например, реакция ржавления железа сокращает срок работы разных механизмов, оборудования, транспортных средств, приводит к большим потерям этого металла. Пожары, при которых протекают реакции горения, уничтожают жилье, промышленные и культурные объекты, исторические ценности. Большинство пищевых продуктов портится вследствие их взаимодействия с кислородом, который находится в воздухе. При этом образуются вещества, имеющие неприятный запах, вкус, являющиеся вредными для человека. Для того чтобы такие нежелательные реакции приносили как можно меньше вреда, нужно уметь управлять ими. Для этого необходимы соответствующие химические знания.

Уравнения химических реакций составляются на основе их схем путем расстановки коэффициентов.

Химические реакции постоянно происходят в окружающем мире, в живой и неживой природе.

Химические реакции находят широкое практическое применение и составляют основу многих технологических процессов.

Вопросы и задания

1. Что обозначает схема химической реакции? Чем она отличается от уравнения химической реакции?
2. Почему число атомов каждого элемента в обеих частях химического уравнения должно быть одинаковым?



3. Какие из приведенных записей представляют собой схемы химических реакций, а какие — уравнения:
- а) $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$;
 - б) $\text{CH}_4 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
 - в) $\text{Ca}(\text{OH})_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$;
 - г) $\text{CS}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{SO}_2$?
4. Перечислите основные действия, которые необходимо выполнить, чтобы составить уравнение химической реакции.
5. При составлении формулы сложного вещества, образованного атомами металла и неметалла, сначала записывают символ металла, а потом — символ неметалла. Учитывая это и приняв во внимание, что в образующихся веществах азот проявляет валентность III, а сера — II, составьте уравнения химических реакций:
- а) магний + азот;
 - б) калий + сера;
 - в) алюминий + сера.
6. Расставьте коэффициенты в схемах химических реакций:
- а) $\text{Zn} + \text{O}_2 \rightarrow \text{ZnO}$;
 - б) $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{HCl}$;
 - в) $\text{KClO}_3 \rightarrow \text{KCl} + \text{O}_2$;
 - г) $\text{Al} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$.
7. Вместо знака вопроса запишите формулы веществ и составьте уравнения химических реакций:
- а) $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + ?$;
 - б) $\text{Ca} + \text{O}_2 = ?$;
 - в) $? + \text{O}_2 \rightarrow \text{CuO}$.
8. Для остановки кровотечения и дезинфекции рану обрабатывают раствором вещества H_2O_2 . При контакте с кровью оно превращается в два новых вещества — H_2O и O_2 . Напишите уравнение соответствующей реакции.
9. Перечислите важнейшие химические реакции, протекающие: а) в природе; б) в живых организмах; в) в быту; г) в промышленности.