

5. По образцам, приведенным в тексте параграфа, проанализируйте следующие превращения:
а) $P \rightarrow H_3PO_4$; б) $CO_2 \rightarrow CO$; в) $FeCl_2 \rightarrow FeCl_3$.
6. В результате реакции магния с фосфором образовалось вещество, в котором степень окисления атомов фосфора равна -3 . Рассчитайте химическое количество и массу фосфора, прореагировавшего с магнием массой $14,4$ г.
7. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Готовимся к олимпиадам

1. Железо массой $11,2$ г полностью прореагировало с хлором, в результате чего образовалось новое вещество массой $32,5$ г. Определите степень окисления атомов железа в этом веществе.

§ 50. Окислительно-восстановительные реакции

Среди огромного разнообразия химических превращений в отдельную группу можно выделить реакции, протекающие с изменением степеней окисления атомов. В ходе таких реакций одни атомы отдают электроны, а другие — их принимают, т. е. одновременно происходят процессы окисления и восстановления.

Опустим железную пластинку в раствор хлорида меди(II). Через некоторое время пластинка покроется рыхлым слоем мелкодисперсной меди (рис. 71):

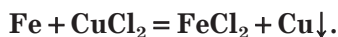
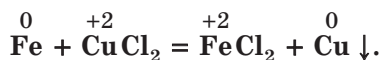


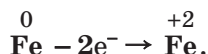
Рис. 71. Реакция железа с хлоридом меди(II) в растворе

Определим степени окисления атомов химических элементов в реагирующих веществах и в продуктах реакции:



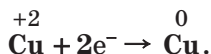
В результате этого процесса изменяются степени окисления атомов железа и меди, а степень окисления атомов хлора остается постоянной.

Атомы железа отдают электроны, и степень их окисления возрастает от 0 до +2:



Как вы уже знаете, процесс отдачи электронов называется окислением. Значит, в рассматриваемом процессе происходит окисление атомов железа, которые выступают в роли восстановителей. Восстановителем в данной реакции является и вещество, содержащее атомы железа, — металлическое железо.

В то же время атомы меди со степенью окисления +2 принимают электроны от атомов железа, превращаясь в атомы меди со степенью окисления, равной 0:



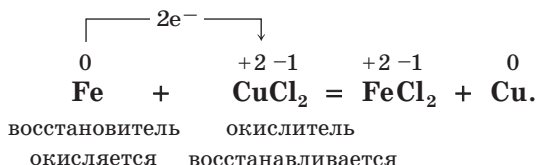
Следовательно, происходит восстановление атомов Cu^{+2} , которые выступают в роли окислителей. Поскольку эти атомы содержатся в веществе CuCl_2 , оно также является окислителем.



Вещества, проявляющие окислительные свойства, применяются в медицине и в промышленности, в сельском хозяйстве и в быту, в других областях деятельности человека. К таким веществам относится, например, пероксид водорода H_2O_2 , который продается в аптеках под названием «перекись водорода». Этот препарат применяется в медицине как кровоостанавливающее и дезинфицирующее средство, а в косметологии — как составная часть некоторых изделий. В Республике Беларусь растворы этого вещества производят на предприятиях РУП «Белмедпрепараты».

Сильным окислителем, также находящим широкое практическое применение, является перманганат калия KMnO_4 («марганцовка»). В частности, слабые водные растворы этого вещества используются в медицине в качестве антисептика. В Беларуси препарат выпускается на ОАО «Борисовский завод медицинских препаратов».

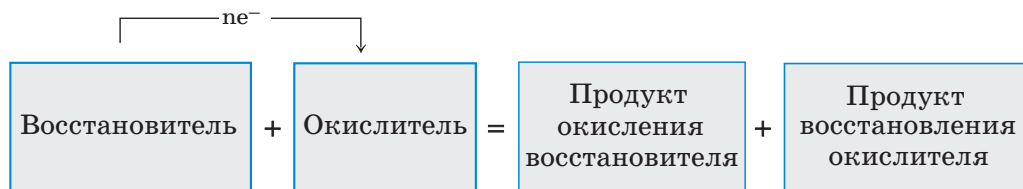
Как вы уже знаете, процессы окисления и восстановления всегда протекают одновременно: одно вещество, отдавая электроны, окисляется, а другое, принимая их, восстанавливается:



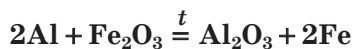
В результате перехода электронов от одних атомов к другим их степени окисления изменяются. Такие процессы называются **окислительно-восстановительными реакциями (ОВР)**.

К окислительно-восстановительным относятся реакции, в ходе которых происходит изменение степеней окисления атомов.

Общая схема любой окислительно-восстановительной реакции может быть записана так:



Например, в реакции



восстановителями являются атомы алюминия, а окислителями — атомы железа, входящие в состав оксида железа(III).

Схематически эту реакцию можно представить следующим образом:

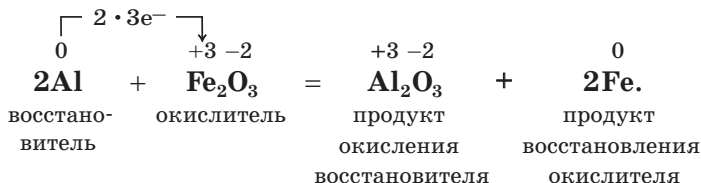
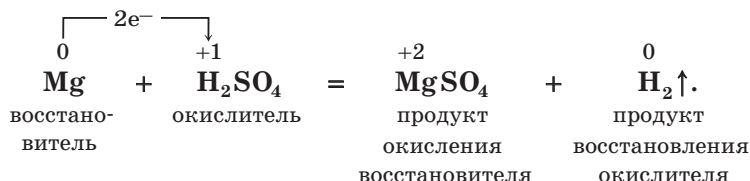




Рис. 72. Реакция магния с серной кислотой

Аналогичным образом можно представить и другие окислительно-восстановительные процессы, например реакцию магния с серной кислотой (рис. 72):



Из рассмотренных выше примеров видно, что в ходе любой окислительно-восстановительной реакции общее число электронов, отданных восстановителем, всегда равно общему числу электронов, принятых окислителем.

Окислительно-восстановительных реакций известно очень много, но их объединяет общий отличительный признак — изменение степеней окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ.

Реакции, которые протекают с изменением степеней окисления атомов, называются окислительно-восстановительными.

В окислительно-восстановительных реакциях общее число электронов, отданных восстановителем, всегда равно общему числу электронов, принятых окислителем.

Вопросы и задания

- В чем заключается сущность процессов окисления и восстановления с точки зрения электронной теории? Как изменяются степени окисления атомов при их окислении; при восстановлении?
- Какие из приведенных схем отражают процессы окисления, а какие — восстановления:

а) $\begin{array}{c} +5 \\ \text{N} \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} +2 \\ \text{N} \end{array}$;	в) $\begin{array}{c} 0 \\ \text{P} \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} +5 \\ \text{P} \end{array}$;
б) $\begin{array}{c} +2 \\ \text{Fe} \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} +3 \\ \text{Fe} \end{array}$;	г) $\begin{array}{c} +7 \\ \text{Mn} \end{array} \rightarrow \begin{array}{c} +2 \\ \text{Mn} \end{array}$?
- Какие реакции относятся к окислительно-восстановительным? Рассмотрите с точки зрения окисления-восстановления реакцию цинка с соляной кислотой. Что в данной реакции является окислителем, а что — восстановителем? Атомы какого элемента при этом окисляются, а какого — восстанавливаются?

4. Из приведенных ниже уравнений выберите уравнения окислительно-восстановительных реакций:
- а) $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$;
 - б) $2\text{Al} + 6\text{HCl} = 2\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$;
 - в) $\text{AgNO}_3 + \text{KCl} = \text{AgCl} + \text{KNO}_3$;
 - г) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{Zn} = \text{Cu} + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2$.
5. Составьте уравнения реакций между простыми веществами:
- а) цинком и серой;
 - б) водородом и хлором;
 - в) алюминием и иодом.
- Составьте схемы перехода электронов от атомов-восстановителей к атомам-окислителям.
6. Запишите уравнения реакций металлов с кислотами:
- а) алюминия с серной кислотой;
 - б) железа с соляной кислотой.
- Составьте схемы перехода электронов от восстановителя к окислителю.

Готовимся к олимпиадам

1. Сколько окислительно-восстановительных реакций можно провести, имея в своем распоряжении следующие вещества: Mg , Al , O_2 , HCl , H_2 , CuSO_4 ? Составьте уравнения этих реакций и определите в каждой из них восстановитель и окислитель.

§ 51. Представление о методе электронного баланса

Как вам уже известно, в ходе любой окислительно-восстановительной реакции общее число электронов, отданных восстановителем, всегда равно общему числу электронов, принятых окислителем:

$$N(e^-)_{\text{отд.}} = N(e^-)_{\text{прин.}}$$

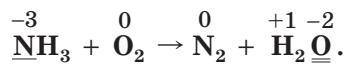
Это равенство, называемое электронным балансом, лежит в основе метода расстановки коэффициентов в уравнениях ОВР, который называется методом электронного баланса. Рассмотрим его на следующем примере.

Пример. Составьте уравнение окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



Выполнение:

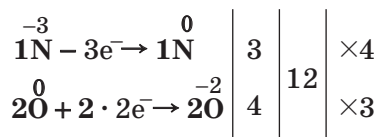
1. Расставим степени окисления атомов в формулах всех веществ и подчеркнем символы элементов, у атомов которых изменились степени окисления:



2. Определим атомы-восстановители и атомы-окислители в данной ОВР. Поскольку в ходе реакции степень окисления атомов азота повышается, они окисляются, отдавая электроны, и являются восстановителями. В то же время степень окисления атомов кислорода понижается, следовательно, они восстанавливаются, присоединяя электроны, и являются окислителями.

3. Составим схему электронного баланса. Для этого запишем одно под другим уравнения процессов окисления атомов азота и восстановления атомов кислорода.

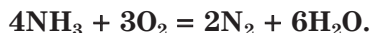
Обратите внимание на то, что в этих уравнениях число атомов каждого элемента такое же, как в формуле соответствующего исходного вещества. Учитывая, что в молекуле NH_3 один атом азота, а в молекуле O_2 два атома кислорода, схема электронного баланса имеет вид:



Из этих уравнений видно, что один атом азота отдает 3 электрона, а два атома кислорода принимают 4 электрона. Эти числа (3 и 4) записываются напротив соответствующих уравнений за первой вертикальной чертой. Далее находится наименьшее общее кратное (наименьшее целое число, которое одновременно без остатка делится на каждое из указанных чисел) указанных чисел — число 12, которое записывается посередине за второй вертикальной чертой. После этого наименьшее кратное поочередно делится на число электронов, отданных одним атомом азота, т. е. на 3 ($12 : 3 = 4$), и на число электронов, принятых двумя атомами кислорода, т. е. на 4 ($12 : 4 = 3$). Полученные цифры — 4 и 3 — записываются напротив соответствующих уравнений за третьей вертикальной чертой. Они представляют собой множители, показывающие, на сколько нужно умножить числа атомов в записанных уравнениях

окисления и восстановления для достижения электронного баланса. Получается, что число 1, записанное перед символами N, нужно умножить на 4 ($1 \cdot 4 = 4$ атома N), а число 2, записанное перед символами O, нужно умножить на 3 ($2 \cdot 3 = 6$ атомов O). Таким образом, получается электронный баланс: число электронов (12), отданных четырьмя атомами азота, равно числу электронов (12), принятых шестью атомами кислорода.

4. Учитывая, что в обеих частях уравнения должно быть по четыре атома азота и по шесть атомов кислорода, расставим соответствующие коэффициенты перед формулами веществ в исходной схеме реакции и получим искомое уравнение:

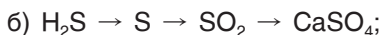
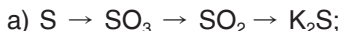


Таким образом, метод электронного баланса позволяет найти коэффициенты в уравнениях окислительно-восстановительных реакций, к которым относится большинство химических превращений. Метод подбора коэффициентов, знакомый вам из курса химии 7-го класса, для этих целей неприемлем и используется в основном для составления уравнений простейших реакций.

Вопросы и задания

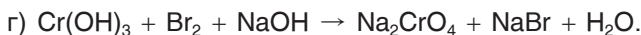
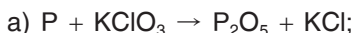
1. Определите степени окисления атомов химических элементов в следующих соединениях: SO_3 , H_2O_2 , FeBr_2 , HNO_3 , Al_2S_3 , KMnO_4 , CaCr_2O_7 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Cu}(\text{OH})_2$.
2. Какие реакции называются окислительно-восстановительными? Приведите примеры известных вам реакций данного типа. Какие из них вы наблюдаете в повседневной жизни?
3. Выберите схемы окислительно-восстановительных реакций:
 - а) $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$;
 - б) $\text{CO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{FeO}$;
 - в) $\text{AgNO}_3 + \text{Zn} \rightarrow \text{Ag} + \text{Zn}(\text{NO}_3)_2$;
 - г) $\text{MgCO}_3 \rightarrow \text{MgO} + \text{CO}_2$.
4. Дополните схемы следующих превращений, указав в каждой из них число отданных или принятых электронов:
 $\overset{+4}{\text{S}} \rightarrow \overset{+6}{\text{S}}$; $\overset{+3}{\text{Fe}} \rightarrow \overset{+2}{\text{Fe}}$; $\overset{+5}{\text{P}} \rightarrow \overset{-3}{\text{P}}$; $\overset{+4}{\text{Mn}} \rightarrow \overset{+6}{\text{Mn}}$;
 $\overset{+3}{\text{Al}} \rightarrow \overset{0}{\text{Al}}$; $\overset{0}{\text{C}} \rightarrow \overset{+4}{\text{C}}$; $\overset{-4}{\text{H}} \rightarrow \overset{0}{\text{H}}$.
Какие из них отображают процессы окисления; процессы восстановления?

5. В каком из предложенных рядов атомы серы последовательно окисляются; последовательно восстанавливаются; сначала окисляются, а затем восстанавливаются; сначала восстанавливаются, а затем окисляются:



Ответ поясните.

6. Расставьте коэффициенты методом электронного баланса, укажите окислитель и восстановитель для каждой из ОВР:



7. Укажите сумму всех коэффициентов в уравнении окислительно-восстановительной реакции, протекающей по схеме:



Готовимся к олимпиадам

1. При смешивании растворов перманганата калия (марганцовки) и пероксида водорода H_2O_2 протекает окислительно-восстановительная реакция, продуктами которой являются кислород, оксид марганца(IV), гидроксид калия и вода. Составьте уравнение этой реакции, расставив в нем коэффициенты методом электронного баланса. Какое из исходных веществ является восстановителем, а какое — окислителем? Рассчитайте химическое количество восстановителя, если масса прореагировавшего с ним окислителя равна 31,6 г.

Практическая работа 4

Решение экспериментальных задач

Цель работы: обобщить и закрепить знания о строении и свойствах веществ, научиться применять на практике знания о взаимных превращениях неорганических веществ.

Оборудование и реактивы: штатив с пробирками, растворы гидроксида натрия, серной кислоты, хлорида бария; соляная кислота, вода, оксид кремния(IV), хлорид натрия, железо, цинк, сера.

Соблюдайте правила безопасного поведения!

Выполнение работы

Задача 1. Рассмотрите образцы выданных вам веществ с различными типами химических связей: H_2O , Zn , SiO_2 , NaCl , Fe , S , N_2 , O_2 (в воздухе). Обратите внимание на агрегатное состояние веществ. Разделите образцы на группы:

- а) образованные ионной связью;
- б) образованные металлической связью;
- в) образованные ковалентной связью (полярной и неполярной).

Объясните зависимость агрегатного состояния веществ от типа химической связи и кристалла.

Задача 2. Проведите химические реакции, при помощи которых можно осуществить следующие превращения:

- а) железо $\rightarrow$ сульфат железа(II) $\rightarrow$ хлорид железа(II);
- б) цинк $\rightarrow$ хлорид цинка $\rightarrow$ гидроксид цинка.

Укажите признаки химических реакций. Составьте уравнения реакций. В окислительно-восстановительных реакциях укажите окислитель и восстановитель, укажите число электронов, участвующих в окислительно-восстановительном процессе.

Задача 3. Накипь на дне и стенках чайника состоит в основном из карбонатов кальция и магния. Состав ржавчины, которая образуется на железе под воздействием веществ окружающей среды, условно выражается формулой $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

а) Какую химическую реакцию можно использовать для очистки чайника от накипи? Проведите реакцию, используя выданные реактивы. Укажите признаки химической реакции. Составьте уравнения реакций.

б) С помощью какой химической реакции возможно удаление ржавчины с железных изделий? Проведите реакцию, используя выданные реактивы. Укажите признаки химической реакции. Составьте уравнение реакции.

Проанализируйте результаты работы. Сделайте общий вывод. Оформите отчет о проделанной работе.

§ 52. Окислительно-восстановительные реакции вокруг нас

Окислительно-восстановительные реакции постоянно происходят в окружающем мире. Они лежат в основе таких процессов, как обмен веществ в живых организмах, фотосинтез, дыхание, гниение, горение. Благодаря окислительно-восстановительным реакциям осуществляются круговорот химических элементов и пищевые цепочки в природе, происходит усвоение растениями питательных веществ из почвы.

Окислительно-восстановительные реакции широко используются человеком в практической деятельности. Они применяются для получения металлов, большинства важнейших неорганических и органических веществ (серной, азотной, уксусной кислот, щелочей, аммиака, спиртов и др.).

Рассмотрим более подробно некоторые из этих процессов.

Природный круговорот кислорода является основным процессом, связывающим воедино атмосферу, земную кору и воду. Растения, поглощая углекислый газ, в результате фотосинтеза выделяют кислород (рис. 73):

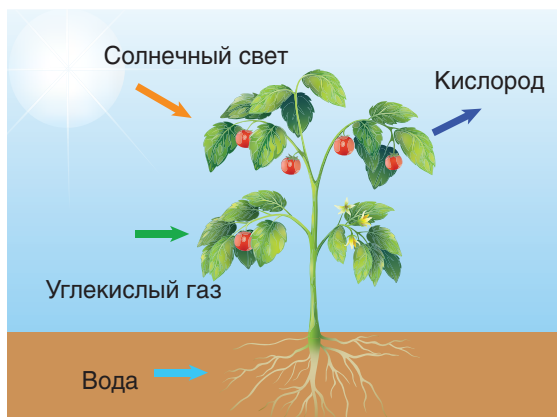
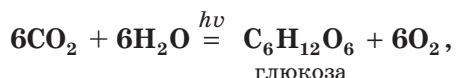


Рис. 73. Образование кислорода в результате фотосинтеза

который затем расходуется при дыхании людей и животных, при горении и гниении органических веществ, в самых различных промышленных процессах. Все эти процессы являются окислительно-восстановительными, и в них кислород выступает в качестве окислителя. При этом образуется оксид углерода CO_2 , который снова поступает в атмосферу.

Особая роль принадлежит процессам горения. Начиная



Рис. 74. Окислительно-восстановительные реакции вокруг нас

с каменного века, огонь служил человеку источником тепла и энергии. Дрова, уголь, торф и в наше время являются важнейшими природными энергоносителями. В XX в. этот ряд дополнили нефть и природный газ. Продукты нефтепереработки (керосин, бензин, мазут и др.) служат основным видом топлива для самолетов, автомобилей, кораблей, локомотивов (рис. 74). Процессы горения этих видов топлива также являются окислительно-восстановительными реакциями. В результате их протекания кислород окисляет углерод, водород и другие, входящие в их состав элементы, до оксидов — CO_2 , CO , O_2 и др.

Использование энергии современного ракетного топлива также основано на окислительно-восстановительных процессах. Они протекают при смешивании окислителей (например, жидкого кислорода, азотной кислоты) и восстановителей (жидкий водород, керосин, различные органические соединения).

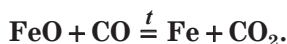
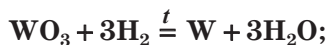
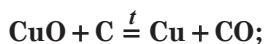


Рис. 75. Металлургия Древнего Египта

Источником энергии (прежде всего электрической) могут служить не только процессы горения, но и другие окислительно-восстановительные реакции. Более подробно о них вы узнаете позже. А пока мы только напомним о том, что вам уже хорошо известно из повседневной жизни — об автомобильных аккумуляторах и о самых разнообразных электрических батареях, которые используются в быту. Это примеры практиче-

ского использования энергии окислительно-восстановительных реакций для получения электрической энергии.

Важнейшие области современной промышленности также основаны на использовании окислительно-восстановительных процессов. Уже в глубокой древности человек мог получать металлы из руд (рис. 75). Руды представляют собой горные породы, содержащие оксиды и другие соединения различных металлов. Чтобы выделить из руд металлы в свободном состоянии, их необходимо восстановить с помощью различных восстановителей. В качестве такого восстановителя вначале использовали древесный уголь C , а затем, по мере развития металлургии, и другие вещества, такие как CO и H_2 (рис. 76):



Процессы восстановления металлов из руд можно представить в виде общей схемы:



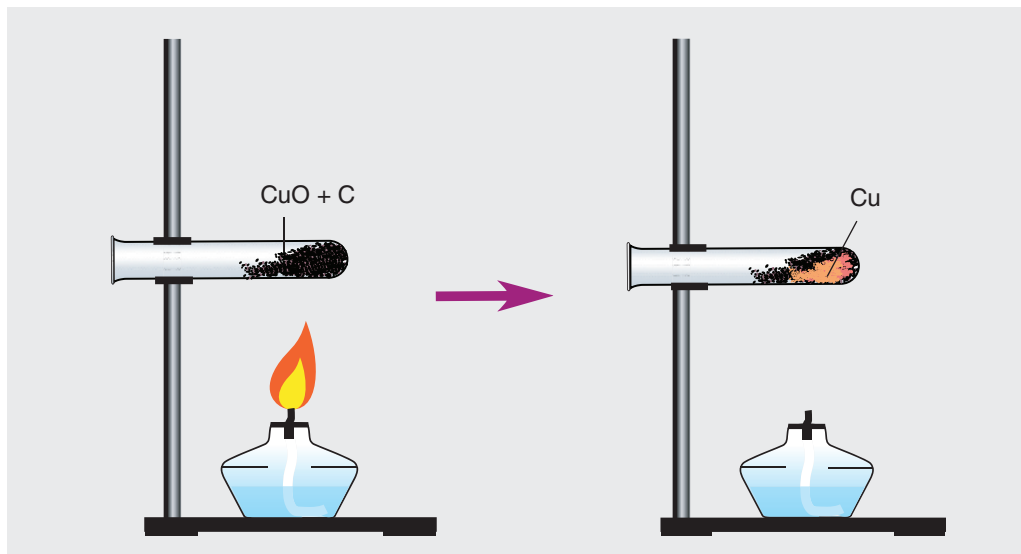


Рис. 76. Восстановление меди из ее оксида углеродом

В XX в. широкое распространение получила электрометаллургия, где в качестве восстановителя для получения металлов используется электрический ток.

Практически все важнейшие химические производства основаны на окислительно-восстановительных реакциях. Это, например, промышленное получение важнейших кислот — серной, азотной и соляной, щелочей, аммиака, самых разных неорганических и органических соединений. О химических основах этих производств вы узнаете позже.

Существует множество областей промышленности, которые не являются химическими, но так или иначе связаны с использованием химических процессов, прежде всего окислительно-восстановительных. Это предприятия, перерабатывающие сельскохозяйственное сырье, текстильные и кожевенные, парфюмерные и фармацевтические производства и т. д.

Окислительно-восстановительные процессы не только помогают человеку во многих видах его деятельности, но и часто усложняют его жизнь. В курсе химии 9-го класса вы познакомитесь с процессами коррозии металлов — их разрушением под воздействием окружающей среды.

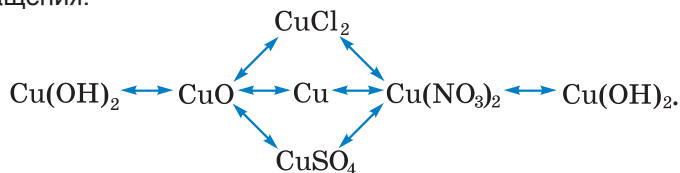
Процессы окисления являются причиной порчи продуктов питания, плодов и овощей, различных видов изделий. Человек научился бороться с этими вредными явлениями, прежде всего устраняя причины таких вредных воздействий, используя самые разнообразные защитные меры, в том числе и различные химические процессы. Обо всем этом вы узнаете в процессе дальнейшего изучения химии.

Вопросы и задания

1. Приведите примеры различных окислительно-восстановительных процессов, которые вы наблюдаете в повседневной жизни.
2. Какие окислительно-восстановительные реакции используются в промышленности?
3. Приведите примеры окислительно-восстановительных реакций, которые наносят вред различным объектам в окружающем мире, в быту.
4. Привычные нам батарейки содержат токсичные «тяжелые» металлы — кадмий, свинец, ртуть, никель, цинк. При неправильной утилизации отработанных батареек эти металлы попадают в почву и грунтовые воды. Одна батарейка загрязняет около 1 кв. метра почвы и примерно 400 л воды. Из природных объектов указанные металлы попадают в организмы людей, причиняя вред здоровью. В Республике Беларусь большое внимание уделяется сбору и безопасной утилизации отработанных элементов питания. В общественных местах устанавливаются специальные контейнеры для сбора батареек, откуда они поступают на переработку. В нашей стране ее осуществляет ОАО «БелВТИ», расположенное на территории Минского областного технопарка. Специальную технологию для этого разработали ученые Белорусского национального технического университета. Посмотрите, сколько и каких батареек есть у вас дома. Учитывая вышеприведенную информацию, рассчитайте примерные площадь почвы и объем воды, которые могут быть загрязнены вашими батарейками при попадании их в окружающую среду. Какой вывод вы сделали для себя, оценив полученные результаты?

Готовимся к олимпиадам

1. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Какие из этих реакций относятся к окислительно-восстановительным?