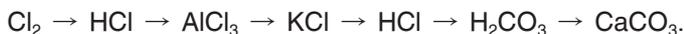


Вопросы и задания

1. Сформулируйте определение степени окисления.
2. Как вы думаете, почему степени окисления атомов элементов в простых веществах принимают равными нулю?
3. Определите степени окисления атомов элементов в химических соединениях: CaCl_2 , MnO_2 , MgBr_2 , H_2S , Na_3PO_4 , KMnO_4 , CaSiO_3 .
4. Укажите значения высшей и низшей степени окисления атомов следующих элементов: Mg, P, Br, Al, Si, Na, C, Se. Напишите формулы высших оксидов этих элементов.
5. Расположите соединения хлора в порядке увеличения степени окисления его атомов: а) Cl_2 ; б) Cl_2O ; в) HCl ; г) ClO_2 ; д) Cl_2O_7 .
6. Составьте формулу соединения кальция с азотом, если степень окисления атомов азота равна -3 . Рассчитайте массу кальция и объем (н. у.) азота, при взаимодействии которых образуется продукт реакции массой 29,6 г.
7. Составьте формулы следующих соединений: сульфида магния, фторида серы(VI), оксида серы(IV), оксида серы(VI). Какие степени окисления проявляют атомы серы в этих соединениях?
8. Составьте формулы шести солей, образованных ионами металлов Ba^{2+} , Fe^{3+} и ионами кислотных остатков NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} . Назовите эти соединения и укажите степени окисления атомов всех элементов, входящих в их состав.
9. Составьте уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:

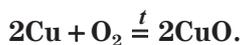


Готовимся к олимпиадам

1. Определите степени окисления атомов всех элементов в следующих веществах: медный купорос, перманганат калия, гидрофосфат натрия, хлорид аммония, пероксид натрия, тетрагидроксоцинкат кальция.

§ 49. Процессы окисления и восстановления

Нагреем небольшую медную пластинку в пламени спиртовки. Через некоторое время на ее поверхности образуется черный налет оксида меди(II) CuO (рис. 69):



Оксиды образуются при взаимодействии с кислородом

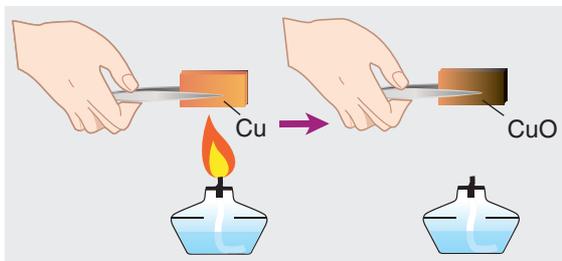


Рис. 69. Образование оксида меди(II) на медной пластинке

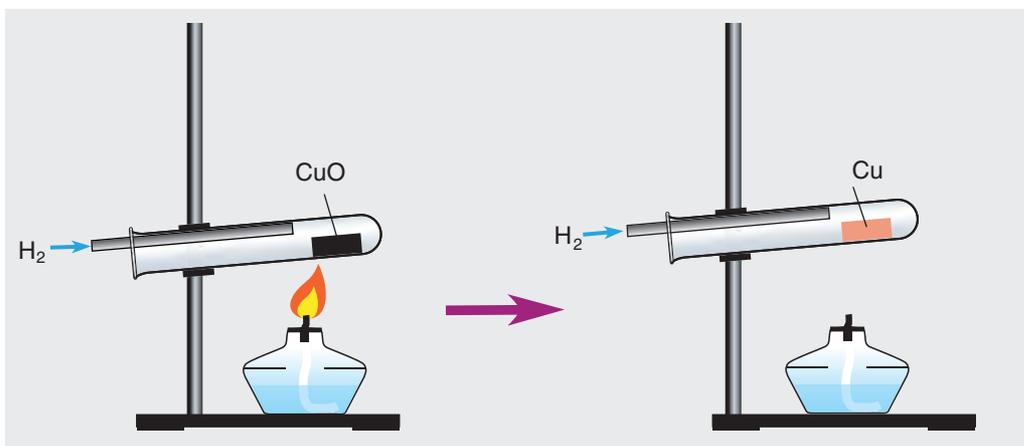
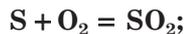
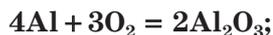


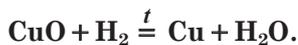
Рис. 70. Образование меди из оксида меди(II)

из других металлов, некоторых неметаллов и сложных веществ, например:

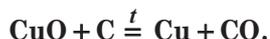
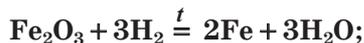


Поскольку в ходе таких реакций образуются оксиды (прежнее название — окислы), эти реакции получили название реакций окисления.

Если при нагревании пропустить водород над почерневшей медной пластинкой, то ее цвет изменится на красноватый — цвет простого вещества меди (рис. 70):



В ходе этой реакции водород отнимает от оксида меди кислород, как бы «возрождая», восстанавливая медь. Такие процессы получения металлов из их оксидов получили название реакций восстановления:



В начале XX в. были разработаны основы **электронной теории** процессов окисления и восстановления. В ее основе лежит представление о том, что эти процессы осуществляются за счет перехода электронов от

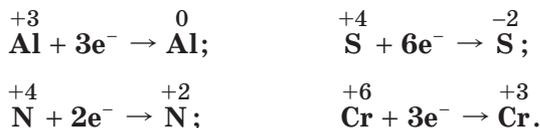
одних атомов к другим, в результате чего изменяются их степени окисления. Главными положениями этой теории являются следующие:

1. **Окисление** — процесс отдачи электронов ($-e^-$), приводящий к увеличению степеней окисления атомов, например:



Атом, отдающий электроны, называется **восстановителем**. Вещество, в состав которого входят такие атомы или ионы, также называется восстановителем. Типичными восстановителями являются простые вещества металлы, атомы которых в ходе реакций всегда отдают электроны. К восстановителям относятся также водород H_2 , углерод C , кремний Si и другие вещества.

2. **Восстановление** — процесс приема электронов ($+e^-$), приводящий к уменьшению степеней окисления атомов, например:



Атом, принимающий электроны, называется **окислителем**. Вещество, в состав которого входят такие атомы или ионы, также называется окислителем. К окислителям относятся многие простые вещества-неметаллы (например, F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 , O_2 , O_3 , S), некоторые сложные вещества, атомы которых присоединяют электроны.

В ходе процессов окисления и восстановления степени окисления атомов изменяются в соответствии со схемой:



3. Процессы окисления и восстановления всегда осуществляются одновременно. Если в ходе химической реакции атомы одного из элементов отдают электроны, то атомы другого элемента их принимают. Это значит, что одно из исходных веществ является восстановителем, а другое — окислителем.

Восстановитель, отдавая электроны, восстанавливает другие атомы, но сам при этом окисляется.

Окислитель, принимая электроны, окисляет другие атомы, но сам при этом восстанавливается.

Проанализируем конкретные превращения:

а) $\overset{0}{\text{Cu}} \rightarrow \overset{+2}{\text{Cu}}\overset{-2}{\text{O}}$. Из схемы видно, что степень окисления изменилась у атомов меди. Поскольку она увеличилась (от 0 до +2), произошло окис-

ление: $\overset{0}{\text{Cu}} - 2\text{e}^- \rightarrow \overset{+2}{\text{Cu}}$. Атом $\overset{0}{\text{Cu}}$ является восстановителем;

б) $\overset{+3}{\text{Fe}}_2\overset{-2}{\text{O}}_3 \rightarrow \overset{0}{\text{Fe}}$. Из схемы видно, что степень окисления изменилась у атомов железа. Поскольку она уменьшилась (от +3 до 0), произошло

восстановление: $\overset{+3}{\text{Fe}} + 3\text{e}^- \rightarrow \overset{0}{\text{Fe}}$. Атом $\overset{+3}{\text{Fe}}$ в степени окисления +3 является окислителем.

Окисление — процесс отдачи, а восстановление — процесс приема электронов.

Процессы окисления и восстановления всегда осуществляются одновременно.

Восстановитель, отдавая электроны, восстанавливает другие атомы, но сам при этом окисляется.

Окислитель, принимая электроны, окисляет другие атомы, но сам при этом восстанавливается.

Вопросы и задания

1. Какие процессы называются окислением, а какие — восстановлением? Приведите соответствующие примеры.

2. Составьте схемы следующих превращений: $\overset{+4}{\text{S}} \rightarrow \overset{0}{\text{S}}$; $\overset{+2}{\text{Fe}} \rightarrow \overset{+3}{\text{Fe}}$; $\overset{-3}{\text{P}} \rightarrow \overset{+3}{\text{P}}$;
 $\overset{+2}{\text{Mn}} \rightarrow \overset{+7}{\text{Mn}}$; $\overset{0}{\text{N}} \rightarrow \overset{-3}{\text{N}}$; $\overset{+4}{\text{C}} \rightarrow \overset{+2}{\text{C}}$; $\overset{+1}{\text{H}} \rightarrow \overset{-1}{\text{H}}$.

Какие из них относятся к процессам окисления, а какие — к процессам восстановления?

3. Какие вещества называются восстановителями? Приведите примеры нескольких восстановителей.

4. Какие вещества называются окислителями? Приведите примеры известных вам окислителей.

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):

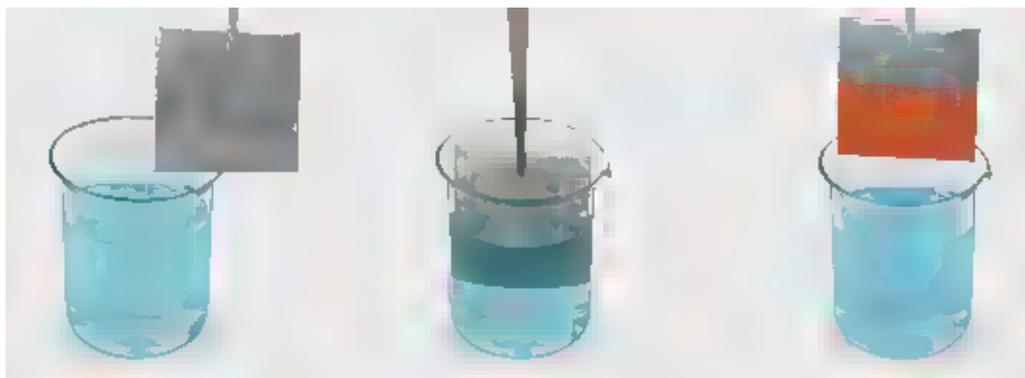
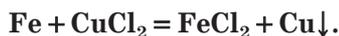


Рис. 71. Реакция железа с хлоридом меди(II) в растворе