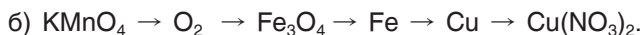


7. Вулкан Килауэа, извергавшийся в мае 2018 г. на Гавайях, выбросил в воздух огромное количество сернистого газа SO_2 . Это стало причиной кислотных дождей с небывало высоким содержанием серной кислоты. Ее массовая доля в одном из образцов дождевой воды, выпавшей недалеко от вулкана, составила 0,18 %. Рассчитайте массу железа, которое может раствориться в такой дождевой воде массой 10 кг.

Готовимся к олимпиадам

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



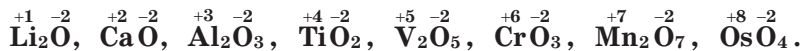
2. Печной колосник (железная решетка для прохода воздуха под дровами) в результате длительного использования покрылся слоем окалины. Рассчитайте объем (н. у.) кислорода, прореагировавшего с железом, если масса прокорродировавшего колосника равна 2,65 кг, а массовая доля содержащейся на нем окалины составляет 8 %.

§ 47. Соединения металлов. Оксиды и гидроксиды

В результате взаимодействия металлов с простыми и сложными веществами образуются соединения разных классов. Это, например, оксиды, гидроксиды, соли и некоторые другие вещества.

Оксиды металлов

Практически все металлы образуют оксиды. Их состав выражается общей формулой $\text{Me}_2^{\text{+x}}\text{O}_2^{\text{-2}}$, где Me — обозначение металла в общем виде. Степень окисления металлов в оксидах изменяется в интервале от +1 до +8, например:



Состав, строение, физические свойства.

Большинство оксидов металлов — вещества немолекулярного строения. Они представляют собой твердые тугоплавкие вещества.

Многие оксиды металлов имеют окраску (рис. 137).

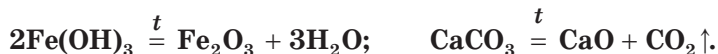


Рис. 137. Окраска оксидов некоторых металлов

Получение. Оксиды металлов (кроме **Au**, **Pt** и некоторых других) образуются при взаимодействии металлов с кислородом, например:



Их также можно получить при термическом разложении некоторых оснований или солей:



Химические свойства. Оксиды металлов подразделяются на *основные* (**Li₂O**, **K₂O**, **MgO**, **CaO**, **FeO**) и *амфотерные* (**ZnO**, **Al₂O₃**, **Fe₂O₃**).

Основные оксиды реагируют с кислотами и с кислотными оксидами с образованием солей, например:



Основные оксиды щелочных и щёлочноземельных металлов реагируют с водой, образуя растворимые основания (щёлочи):



Амфотерные оксиды проявляют двойственность свойств. Подобно основным оксидам, они реагируют с кислотами и кислотными оксидами, а подобно кислотным — со щелочами и основными оксидами (при сплавлении):



Амфотерные оксиды с водой не реагируют.

Применение. Многие оксиды металлов находят широкое практическое применение. Например, из оксидов железа(III) **F₂O₃** и алюминия **Al₂O₃** в промышленности получают соответствующие металлы. Оксид алюминия применяют также для изготовления искусственных драгоценных камней — рубина и сапфира (рис. 138). Мелкие кристаллы этого оксида используются в производстве наждачной бумаги. Оксид свинца(II) **PbO** находит применение при изготовлении хрустального стекла, полудрагоценных камней и украшений (кристаллы Сваровски) (см. рис. 138).

Оксид кальция **CaO** (негашеная известь) применяется в производстве различных строительных материалов.



Рубин



Сапфир



Кристаллы Сваровски

Рис. 138. Искусственные драгоценные камни



Оксиды некоторых металлов находят применение в производстве красок и цветных стекол. Например, оксиды ZnO и TiO_2 входят в состав краски белого, Cr_2O_3 — зеленого, Fe_2O_3 — коричневого цвета. Оксиды ряда металлов придают стеклу различную окраску: CoO — синюю, CuO — бирюзовую, NiO — красно-фиолетовую, Cr_2O_3 — изумрудную, Fe_2O_3 — коричневую, MnO_2 — фиолетовую.

Гидроксиды металлов

Как вы уже знаете, гидроксиды — это *гидраты оксидов*, т. е. продукты взаимодействия оксидов с водой. Хотя не все оксиды металлов реагируют с водой, почти всем им соответствуют гидроксиды:

Вещества Свойства	Оксиды металлов	Гидроксиды металлов
Основные	Li_2O ; Na_2O ; CaO ; MgO ; FeO	LiOH ; NaOH ; Ca(OH)_2 ; Mg(OH)_2 ; Fe(OH)_2
Амфотерные	ZnO ; Al_2O_3 ; Fe_2O_3	Zn(OH)_2 ; Al(OH)_3 ; Fe(OH)_3

Состав, строение, физические свойства. Все основные и амфотерные гидроксиды — твердые вещества немолекулярного строения



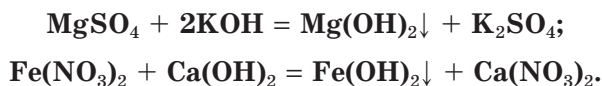
Рис. 139. Окраска гидроксидов некоторых металлов

с разнообразной окраской (рис. 139). Гидроксиды щелочных и щёлочно-земельных металлов (кроме гидроксида кальция) хорошо растворимы в воде. Амфотерные гидроксиды в воде не растворяются.

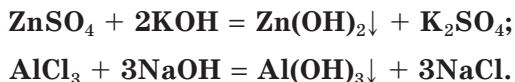
Получение. *Оснóвные гидроксиды* щелочных и щёлочноземельных металлов (щёлочи) образуются при непосредственном взаимодействии соответствующих оснóвных оксидов с водой, например:



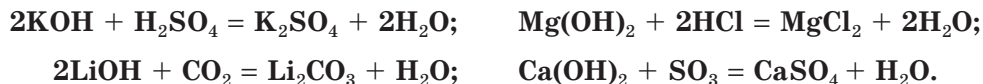
Оснóвные гидроксиды всех других металлов получить таким способом невозможно. Они образуются при взаимодействии солей этих металлов со щелочами:



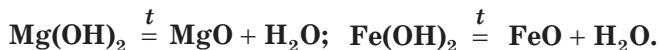
Амфотерные гидроксиды можно получить взаимодействием солей соответствующих металлов со щелочами:



Химические свойства. Почти все *оснóвные гидроксиды* реагируют с кислотами и с кислотными оксидами с образованием солей и воды, например:



Нерастворимые в воде *основные гидроксиды* металлов при нагревании разлагаются на соответствующие основные оксиды и воду:

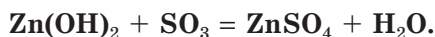
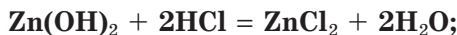


Основные гидроксиды щелочных и щёлочноземельных металлов — сильные электролиты. В водных растворах они полностью диссоциируют на ионы:

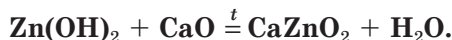
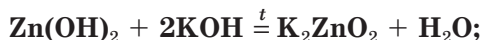


Среда их растворов — щелочная.

Амфотерные гидроксиды проявляют двойственность свойств. Подобно основным гидроксидам, они реагируют с кислотами и кислотными оксидами:



Подобно кислотным гидроксидам, амфотерные гидроксиды реагируют со щелочами и основными оксидами. Так, например, при нагревании смесей гидроксида цинка с твердым NaOH или CaO протекают реакции:



Применение. Гидроксиды металлов находят широкое практическое применение. Щёлочи NaOH и KOH используются для очистки нефтепродуктов, в производстве мыла, искусственного шелка, бумаги, входят в состав различных средств бытовой химии. Гидроксид кальция широко используется в строительстве, в производстве сахара, для смягчения жесткой воды. Гидроксид алюминия находит применение при очистке воды, а вместе с гидроксидом магния входит в состав лекарственного препарата «Алмагель».

В результате взаимодействия металлов с простыми и сложными веществами образуются вещества разных классов, важнейшие из которых — оксиды и гидроксиды.

Оксиды и гидроксиды металлов проявляют основные и амфотерные свойства.

Оксиды и гидроксиды металлов находят широкое практическое применение.



Вопросы и задания

1. Какова общая формула оксидов металлов? Какие значения принимает степень окисления металлов в оксидах?
2. Перечислите важнейшие способы получения оксидов металлов. Составьте уравнения реакций получения оксида магния из металла магния, оксида меди(II) из гидроксида меди(II), оксида цинка из карбоната цинка.
3. Охарактеризуйте основные свойства оксидов металлов. Приведите примеры оксидов металлов, проявляющих основные свойства, кислотные свойства, амфотерные свойства.
4. Перечислите важнейшие химические свойства основных, кислотных и амфотерных оксидов металлов.
5. Напишите уравнения реакций: а) оксида калия с водой; б) оксида бария с азотной кислотой; в) оксида лития с оксидом серы(VI); г) оксида цинка с серной кислотой; д) оксида алюминия с оксидом серы(VI). Назовите образующиеся вещества.
6. Перечислите важнейшие химические свойства основных и амфотерных гидроксидов металлов.
7. Напишите уравнения реакций: а) гидроксида бария с азотной кислотой; б) гидроксида калия с углекислым газом; в) разложения гидроксида железа(II) при нагревании; г) гидроксида цинка с азотной кислотой. Назовите образующиеся вещества.
8. В строительстве для побелки используются мел (карбонат кальция) и гашеная известь (гидроксид кальция) — белые порошкообразные вещества, очень похожие по внешнему виду. Как можно их различить с помощью индикаторов?

Готовимся к олимпиадам

1. В быту для удаления пригоревшего жира с кухонных плит и посуды применяют щелочные гели — густые едкие жидкости, содержащие гидроксид натрия. Использовать их следует очень осторожно, надев резиновые перчатки. Если такую жидкость оставить в открытом сосуде, она поглощает из воздуха углекислый газ и превращается в твердый карбонат натрия. Рассчитайте, какой объем (н. у.) углекислого газа может поглотить щелочной гель объемом 500 см^3 ($\rho = 1,22 \text{ г/см}^3$), в котором массовая доля гидроксида натрия составляет 20 %.

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



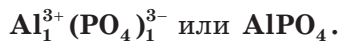
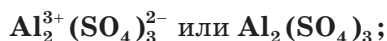
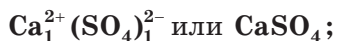
§ 48. Соли металлов. Качественное обнаружение ионов металлов в растворах. Жесткость воды

Наряду с оксидами и гидроксидами металлы образуют огромное количество сложных веществ, относящихся к классу солей. Вы уже имеете некоторые представления о составе и названиях этих веществ, об их важнейших свойствах. Познакомимся с ними подробнее.

Соли металлов

Несмотря на то что общее число известных солей составляет несколько десятков тысяч, для них характерно сходство по составу, строению и свойствам.

Состав, строение, физические свойства. В состав большинства солей входят катионы металлов и анионы кислотных остатков. Химические формулы солей по зарядам ионов составляются так же, как и по значениям валентности. Если в общем виде катионы металлов обозначить как Me^{y+} , а анионы кислотных остатков — как An^{x-} , то состав образованных ими солей можно выразить условной формулой $Me_x^{y+} An_y^{x-}$. Запишем примеры формул солей, составленных по этому принципу из катионов Ca^{2+} , Al^{3+} и анионов $(SO_4)^{2-}$, $(PO_4)^{3-}$:



Известны также соли, в которых роль катионов играют уже знакомые вам ионы аммония $(NH_4)^+$, например NH_4Cl , $(NH_4)_2SO_4$. Со свойствами таких солей вы познакомитесь позже.

Все соли — вещества немолекулярного (ионного) строения. Для них характерны ионные кристаллические решетки. При обычных условиях соли представляют собой твердые нелетучие вещества с различной окраской (рис. 140, с. 226). По растворимости в воде они делятся на растворимые, малорастворимые и нерастворимые (см. форзац II).

Получение. С важнейшими способами получения солей вы уже знакомы. Они образуются в результате взаимодействия веществ разных классов в соответствии с таблицей 15 на странице 226. Знак «+» на пересечении граф таблицы обозначает возможность образования солей при взаимодействии веществ, указанных в этих графах.

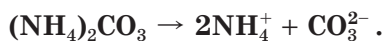


Таблица 15. Образование солей

Вещества	Металлы	Основные оксиды	Основания	Соли
Неметаллы	+			
Кислотные оксиды		+	+	
Кислоты	+	+	+	+
Соли	+		+	+



Химические свойства. Практически все соли — сильные электролиты. В водных растворах они полностью диссоциируют на катионы металлов (или аммония) и анионы кислотных остатков, например:

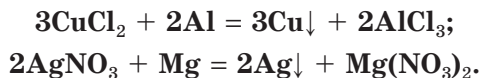


Как вы уже знаете, для солей наиболее характерны реакции замещения и обмена, а для некоторых и термического разложения. Вспомним закономерности и приведем конкретные примеры этих превращений (см. с. 227).

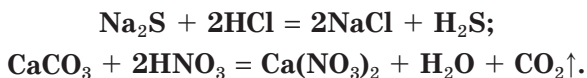
Рис. 140. Внешний вид некоторых солей: 1 — Na_2CrO_4 , 2 — $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 3 — NiSO_4 , 4 — NaCl , 5 — $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 6 — KMnO_4 , 7 — $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Реакции с металлами

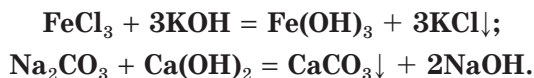
Соли менее активных металлов вступают в реакции замещения с более активными металлами, например:

*Реакции с кислотами*

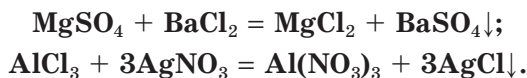
Соли более слабых кислот реагируют с более сильными кислотами. При этом в результате реакций обмена образуются новая соль и новая кислота (более слабая или неустойчивая, разлагающаяся с выделением газа), например:

*Реакции с основаниями (щелочами)*

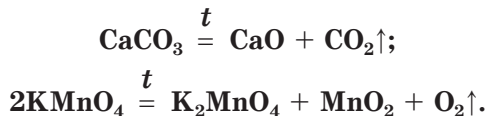
Соли вступают в реакции обмена со щелочами. При этом образуются новые соли и новые основания. Один из продуктов реакции является нерастворимым, например:

*Реакции с солями*

Соли реагируют с другими солями. В результате реакции обмена образуются две новые соли, одна из которых нерастворима, например:

*Термическое разложение*

Некоторые соли при нагревании разлагаются. Как правило, такие реакции сопровождаются выделением газов, например:



Применение. Соли находят широкое практическое применение в различных сферах деятельности — в промышленности, строительстве, сельском хозяйстве, в медицине и в быту. С конкретными примерами применения солей вы познакомились ранее при изучении химии неметаллов.

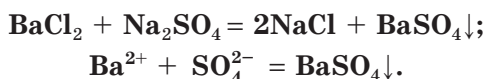
Качественное обнаружение ионов металлов в растворах солей

На практике часто необходимо доказать наличие того или иного вещества в растворе. Для этого к нему нужно добавить раствор другого вещества, чтобы реакция с его участием сопровождалась видимым эффектом — образованием осадка, выделением газа или изменением цвета раствора. Такие реакции называются *качественными реакциями* на соответствующие вещества.

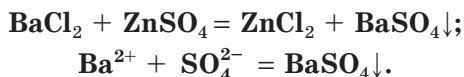


Качественной реакцией на данное вещество называется реакция с его участием, сопровождающаяся образованием осадка, выделением газа или изменением цвета раствора.

Для доказательства наличия ионов металлов в растворах солей проводят качественные реакции, в ходе которых образуются осадки. Например, если к бесцветному раствору хлорида бария BaCl_2 добавить такой же бесцветный раствор сульфата натрия Na_2SO_4 , то образуется белый осадок продукта реакции сульфата бария:

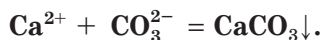


Осадок такого же состава и цвета образуется, если к раствору любой другой соли бария, например $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, добавить раствор сульфата любого другого металла, например ZnSO_4 :



Несмотря на то что в рассмотренных случаях реагируют разные вещества, реакции между ними сводятся к соединению одних и тех же ионов — Ba^{2+} и SO_4^{2-} . Поэтому *раствор, содержащий сульфат-ионы, можно использовать для качественного обнаружения ионов бария, и наоборот, раствор, содержащий ионы бария, можно использовать для качественного обнаружения сульфат-ионов.*

Точно так же при смешивании растворов любых солей кальция с растворами любых карбонатов образуется осадок одного и того же состава, поскольку эти реакции сводятся к соединению одних и тех же ионов:

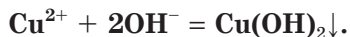


Следовательно, *раствор, содержащий карбонат-ионы, можно использовать для доказательства наличия ионов кальция, и наоборот, раствор, содержащий ионы кальция, можно использовать для доказательства наличия карбонат-ионов.*

Рис. 141. Образование осадка гидроксида меди



В растворах солей меди содержатся ее катионы Cu^{2+} . Для доказательства их наличия можно использовать раствор любой щёлочи, содержащий ионы OH^- . При этом образуется голубой осадок гидроксида меди(II) (рис. 141):



Это взаимодействие можно рассматривать как качественную реакцию на ионы меди(II).



Ионы металлов в составе солей можно определять по окрашиванию пламени газовой горелки или спиртовки. Например, все соли натрия окрашивают пламя в ярко-желтый, калия — в фиолетовый, а кальция — в кирпично-красный цвета. Соли лития и стронция придают пламени ярко-красную, а соли бария — желтовато-зеленую окраску. Соли меди окрашивают пламя в красивый сине-зеленый цвет. На свойстве ионов металлов окрашивать пламя в разные цвета основано их применение в изготовлении бенгальских огней и фейерверков.



Жесткость воды

Вода океанов и морей, озер и рек, как и вода из колодца или водопровода, всегда содержит различные растворимые примеси. Преимущественно это соли — гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды кальция, магния, железа, натрия и калия. Особое влияние на потребительские качества воды оказывают соли кальция и магния. Если их содержание достаточно высоко, вода называется *жесткой*. В такой воде плохо развариваются овощи, снижается эффективность моющих средств. При нагревании жесткой воды содержащиеся в ней гидрокарбонаты разлагаются:



Образующиеся при этом нерастворимые вещества осаждаются на внутренней поверхности водопроводных труб, электрочайников, на

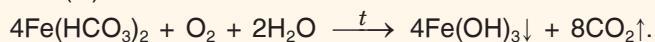


Рис. 142. Накипь

теплоэлектронагревателях (ТЭНах) стиральных машин в виде плотного слоя серого цвета — накипи (рис. 142). Поскольку накипь плохо проводит теплоту, увеличивается расход топлива (электроэнергии), ускоряется изнашивание паровых котлов, котельных установок.

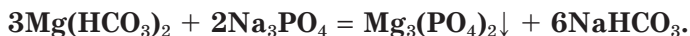
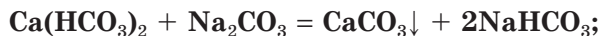
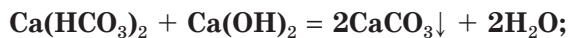


Если в водопроводной воде содержится много гидрокарбоната железа(II), при нагревании он разлагается с выделением бурого гидроксида железа(III):



Вследствие этого на поверхности ванн, раковин, унитазов часто образуются бурые трудноудаляемые подтеки.

Вода, в которой содержание солей кальция и магния невелико, называется *мягкой*. В ней хорошо развариваются овощи, а моющие средства дают обильную пену. С целью получения такой воды жесткую воду подвергают специальной обработке — **умягчению**. Для этого жесткую воду кипятят или добавляют различные реагенты (смягчители), например гашеную известь, карбонат или фосфат натрия. При этом содержащиеся в жесткой воде кальций и магний в виде нерастворимых карбонатов или фосфатов выделяются в осадок и жесткость воды значительно снижается:



Лабораторный опыт 8

Уменьшение жесткости воды

Жесткость воды — одна из важнейших ее потребительских характеристик. Содержащиеся в жесткой воде соли ослабляют действие моющих средств, являются причиной образования накипи. Поэтому важно знать способы умягчения воды и уметь осуществлять их на практике.

1. В двух пробирках заранее подготовленная жесткая вода объемом 1—2 см³. В первую пробирку добавьте примерно такой же объем мыльного раствора и встряхните. Обратите внимание на то, как пенится полученная смесь.

2. Во вторую пробирку добавьте небольшое количество раствора соды Na₂CO₃. Обратите внимание на небольшое помутнение раствора. Профильтруйте полученную взвесь и отфильтрованную (умягченную) воду объемом 1—2 см³ перелейте в чистую пробирку.

3. К полученной мягкой воде добавьте мыльный раствор и встряхните. Сравните интенсивность вспенивания с первой пробиркой.

Составьте уравнения химических реакций в молекулярном и ионном виде. Сделайте вывод.

Соли — вещества немолекулярного строения, состоящие из катионов металлов и анионов кислотных остатков.

Для солей наиболее характерны реакции замещения и обмена. Соли реагируют с металлами, кислотами, основаниями и солями. Некоторые соли разлагаются при нагревании.

Качественной называется реакция, сопровождающаяся образованием осадка, выделением газа или изменением цвета раствора.

Для качественного обнаружения в растворах ионов бария Ba²⁺ можно использовать растворы сульфатов, а для обнаружения ионов кальция Ca²⁺ — растворы карбонатов.

Природная вода с достаточно высоким содержанием солей кальция и магния называется жесткой.



Вопросы и задания

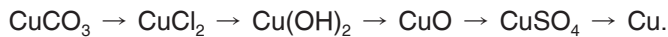
1. Какой условной формулой можно выразить состав солей? Запишите формулы солей, образованных катионами Li⁺, Fe³⁺ и анионами NO₃¹⁻, SO₄²⁻. Назовите эти соли.
2. Пользуясь таблицей 15, перечислите важнейшие способы получения солей. Составьте по два уравнения соответствующих реакций и назовите продукты.
3. Перечислите важнейшие химические свойства солей. Для реакций, приведенных на странице 227, подберите другие исходные вещества и составьте по одному уравнению реакции для каждого случая.
4. Хлорид натрия и хлорид бария — растворимые в воде твердые порошкообразные вещества белого цвета, неотличимые по внешнему виду. Предложите способ распознавания этих веществ.

5. Используя информацию Интернета, составьте схему применения важнейших солей в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и в быту.
6. Какие естественные примеси всегда содержатся в природной воде? Какая вода называется жесткой? Какими свойствами она отличается от мягкой воды?
7. Что представляет собой накипь на внутренних стенках чайника? Поинтересуйтесь у родителей, как можно избавиться от накипи в домашних условиях. Попытайтесь объяснить услышанное.
8. Пользуясь таблицей растворимости кислот, оснований и солей в воде (форзац II), предложите вещества, которые можно использовать для качественного обнаружения катионов: а) серебра; б) железа(III); в) свинца(II).

Готовимся к олимпиадам

1. К раствору массой 120 г с неизвестной массовой долей хлорида бария добавили раствор массой 80 г с неизвестной массовой долей сульфата натрия, при этом обе соли прореагировали полностью и образовался осадок массой 23,3 г. Рассчитайте массовую долю хлорида натрия в растворе над осадком.

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



Домашний эксперимент

Возьмите щепотку поваренной соли тонкого помола и осторожно «посолите» ею пламя газовой плиты или свечи. Обратите внимание на цвет вспышек, которые свидетельствуют о наличии ионов Na^+ .

§ 49. Металлы в природе. Биологическая роль металлов

На долю металлов приходится около 52 % от общей массы нашей планеты и примерно 25 % от общей массы земной коры.

Металлы в земной коре

Форма нахождения металлов в природе соотносится с химической активностью их простых веществ. Так, например, *активные* металлы (щелочные, щёлочноземельные, **Mg** и **Al**) и металлы *средней активности* (**Ni**, **Co**, **Fe**, **Cr**, **Zn**, **Mn**) встречаются в природе только в виде соединений. *Малоактивные* металлы (**Ag**, **Cu**, **Hg** и **Sn**) можно встретить как в виде различных соединений, так и в виде простых веществ. *Неактивные* металлы — золото **Au** и платина **Pt** в земной коре встречаются преимущественно в виде простых веществ.