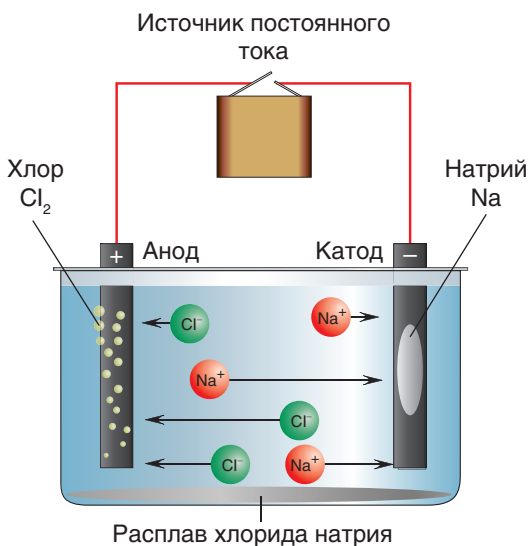


§ 51. Электролиз расплавов солей

Известные вам химические способы получения металлов основаны на их восстановлении из соединений углеродом, оксидом углерода(II), водородом или алюминием. Наряду с ними в металлургии широко используется и принципиально другой — **электрохимический способ**. Его суть заключается в том, что соединения металлов разлагаются электрическим током. Такой процесс имеет специальное название — **электролиз** (от греч. *lysis* — разложение). Он осуществляется при пропускании постоянного электрического тока через расплавы или растворы электролитов (солей, оснований, кислот).

Электролиз расплавов солей

При нагревании некоторые соли, например галогениды металлов, плавятся, т. е. переходят в жидкое состояние. При этом они, как сильные электролиты, полностью диссоциируют на ионы. Например, хорошо знакомый нам хлорид натрия (поваренная соль) при температуре $801\text{ }^{\circ}\text{C}$ превращается в расплав — бесцветную жидкость. Как и в водном растворе, в расплаве эта соль находится в виде ионов — катионов Na^+ и анионов Cl^- , которые совершают непрерывное хаотичное движение. Опустим в этот расплав угольные электроды (графитовые стержни), один из которых соединим с положительным, а другой — с отрицательным полюсом источника постоянного тока (рис. 147).



При этом находящиеся в растворе ионы сразу же примут направленное движение. Положительно заряженные ионы (**катионы**) Na^+ начнут двигаться к отрицательно заряженному электроду — **катоде**, а отрицательно заряженные ионы (**анионы**) Cl^- — к положительно заряженному электроду — **аноду**.

На катоде, имеющем избыток электронов, подошедшие к нему катионы натрия восстанавлива-

Рис. 147. Схема электролиза расплава NaCl

ются (принимают от него электроны) и образуют простое вещество натрий в виде серебристого металла:



Отрицательно заряженный электрод, на котором происходит процесс восстановления, называется катодом. Он играет роль восстановителя.

В то же время на аноде, имеющем недостаток электронов, анионы Cl^- окисляются (отдают ему электроны) и превращаются в атомы хлора:



Атомы хлора сразу же соединяются по два, образуя молекулы простого вещества хлора Cl_2 . Он выделяется на аноде в виде поднимающихся вверх пузырьков газа зеленовато-желтого цвета:



Положительно заряженный электрод, на котором происходит процесс окисления, называется анодом. Он играет роль окислителя.

Учитывая, что в результате электролиза расплава хлорида натрия образуются простые вещества натрий и хлор, суммарное уравнение этого процесса можно записать следующим образом:



По тому же принципу протекает электролиз расплавов и других галогенидов металлов, например CaF_2 , KBr , LiI . Как и хлорид натрия, они разлагаются на соответствующие простые вещества. Кроме солей, в расплавах электролизу подвергаются и щёлочи.

Электролиз протекает и в водных растворах, при этом в процессах на электродах могут участвовать молекулы воды. С этими процессами вы познакомитесь в курсе химии 11-го класса.

Поскольку при пропускании электрического тока через расплавы или растворы электролитов (солей, оснований, кислот) на электродах одновременно осуществляются два процесса — окисление и восстановление, электролизу можно дать следующее определение.



Электролиз — это окислительно-восстановительный процесс, протекающий на электродах при пропускании постоянного электрического тока через расплавы или растворы электролитов.

Применение электролиза

Электролиз широко применяется при получении *химически активных металлов* (калия **K**, натрия **Na**, кальция **Ca**, магния **Mg**, алюминия **Al**), а также *неметаллов* (фтора, хлора, водорода, кислорода) и ряда сложных веществ, например *щелочей*.

С помощью электролиза осуществляют **очистку металлов**. Электролиз также находит применение для полировки поверхности металлов, электрохимической заточки лезвий режущих инструментов (бритв, хирургических скальпелей).

Электролиз широко используется в промышленности для нанесения слоя одного металла на поверхность другого с целью защиты его от коррозии (*никелирование, хромирование, золочение, серебрение*). Процесс электролиза применяется также для создания на поверхности различных изделий токопроводящих покрытий, декоративных рисунков и т. п. Например, электролитическим путем наносят тонкие слои металла на электронные платы и другие детали, используемые в производстве современных телевизоров, компьютеров, телефонов и т. п. Отрасль промышленности, занимающаяся осаждением металлов на поверхности металлических и неметаллических изделий, называется **гальванотехникой**. Осаждение металла на поверхности изделий с помощью электролиза позволяет получать прочно связанные с поверхностью металлические покрытия (гальваностегия) или легко отделяемые точные слепки и копии поверхности этих изделий (гальванопластика).

Кроме перечисленных выше областей применения электролиза, в последние годы этот метод достаточно широко используется для обессоливания воды, очистки фруктовых соков и др.

Отрицательно заряженный электрод, на котором происходит процесс восстановления, называется катодом. Он играет роль восстановителя.

Положительно заряженный электрод, на котором происходит процесс окисления, называется анодом. Он играет роль окислителя.

Электролиз — совокупность процессов окисления и восстановления, протекающих на электродах при пропускании электрического тока через расплавы или растворы электролитов.

Электролиз широко применяется при получении химически активных металлов, неметаллов и ряда сложных веществ, для очистки металлов и нанесения металлических покрытий на разные изделия.



Вопросы и задания

1. Чем принципиально отличается электрохимический способ получения металлов от известных вам химических способов?
2. Какой электрод называется катодом? Составьте схемы восстановления на катоде катионов Ag^+ ; Hg^{2+} ; Au^{3+} .
3. Какой электрод называется анодом? Составьте схемы окисления на аноде анионов F^- ; S^{2-} .
4. На каком из электродов — катоде или аноде — может протекать каждый из процессов:
а) $\text{I}^- - 1\text{e}^- \rightarrow \text{I}^0$; б) $\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}^0$;
в) $\text{Cl}^- - 1\text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^0$; г) $\text{Ag}^+ + 1\text{e}^- \rightarrow \text{Ag}^0$.
5. Рассчитайте массу натрия и объем (н. у.) хлора, которые образуются при полном электролизе расплава хлорида натрия массой 1500 г.
6. Запишите схемы процессов, протекающих на катоде и аноде при электролизе расплава бромида цинка. Составьте суммарное уравнение электролиза данной соли. Рассчитайте массу бромида цинка, при электролизе которого образуется цинк химическим количеством 6,5 моль.
7. Для электролитического нанесения золотых покрытий на корпуса наручных часов используют соль хлорид золота(III). Рассчитайте массу этой соли, необходимой для золочения 500 корпусов, на каждом из которых масса золотого покрытия составляет 0,08 г.

§ 52. Применение металлов и сплавов

Жизнь и деятельность человека всегда была и остается неразрывно связана с использованием металлов и их сплавов. История их практического применения насчитывает несколько тысячелетий и берет свое начало в первобытном обществе. На заре развития цивилизации, еще в каменном веке, первобытный человек познакомился с золотом и серебром, которые встречаются в природе в самородном состоянии. Когда люди научились выплавлять медь и изготавливать из нее изделия, наступил медный век, который позже сменился бронзовым, а затем железным веком. Такие названия эпох древней цивилизации красноречиво свидетельствуют о роли металлов в ее развитии. Наше время условно можно назвать «веком всех металлов», поскольку сейчас применение находят практически все известные металлы.

Золото благодаря своей высокой химической стойкости и красивому внешнему виду широко применяется для изготовления различных украшений (рис. 148). Этот металл используется в радиоэлектронной



Серебро



Золото



Платина

Рис. 148. Украшения из драгоценных металлов

промышленности, а также в технике для изготовления элементов аппаратуры и приборов, предназначенных для работы в агрессивных средах. Иглы из радиоактивного золота применяют при лучевой терапии для разрушения злокачественных опухолей. Золото является важнейшим элементом мировой финансовой системы. Государства формируют запасы этого металла для обеспечения стабильности своих экономик.



Общая масса золота, хранящегося во всех банках мира, составляет примерно 32 тыс. т. Если все это золото сплавить, получится куб со стороной, равной всего лишь 12 м.

Платина широко используется в качестве катализатора в химической промышленности, в производстве устройств для очистки выхлопных газов автомобилей от вредных веществ. Значительная часть платины идет на изготовление ювелирных изделий (см. рис. 148). Этот металл применяется в производстве некоторых лекарственных препаратов.



Ученые Белорусского государственного университета разработали уникальный высокоэффективный лекарственный препарат «Цисплацел», содержащий соединение платины. Он предназначен для лечения злокачественных опухолей головного мозга, шеи и ротовой полости.

Серебро из-за высочайшей электропроводности применяется в электротехнике и электронике при изготовлении контактов и проводников, а также керамических конденсаторов. Значительное количество этого металла используется в производстве серебряно-цинковых и серебряно-кадмиевых аккумуляторных батарей, зеркал с высокой отражающей способностью, ювелирных украшений (см. рис. 148). Серебро находит применение и в качестве катализатора в химической промышленности, как обеззараживающее вещество используется в медицине.



Еще в древности люди заметили, что вода, находящаяся в серебряных сосудах, не портится при хранении, способствует заживлению ран. Если верить древнему историку, то во времена похода Александра Македонского в Индию офицеры его армии гораздо реже болели желудочно-кишечными заболеваниями, чем солдаты. Еда и питье у них были одинаковыми, а вот посуда — разной: офицеры пользовались посудой, изготовленной из серебра. Только спустя сотни лет ученые доказали, что частицы серебра, содержащиеся в воде в очень небольшой концентрации, обладают бактерицидными свойствами, т. е. убивают болезнетворные бактерии. Сегодня медицинские препараты, содержащие мелкодисперсное серебро, используются при лечении ран, порезов, ожогов, желудочно-кишечных заболеваний и т. д.

Медь из-за высокой электропроводности и пластичности широко используется в электротехнике для изготовления электрических проводов, силовых кабелей, токопроводящих деталей (рис. 149). Поскольку медь обладает еще и высокой теплопроводностью, ее применяют для изготовления различных теплоотводных устройств — радиаторов охлаждения автомобилей, кондиционеров, компьютерных кулеров (вентиляторов, охлаждающих системные блоки). Еще одно ценное свойство меди — отсутствие намагничиваемости — используется при изготовлении приборов для метеорологических наблюдений. В качестве конструкционных материалов применяются сплавы меди — латунь и бронза.

Железо — один из самых используемых металлов, на долю которого приходится до 95 % мирового



Рис. 149. Изделия из меди

металлургического производства. Чистое железо применяют для изготовления сердцевин трансформаторов электромоторов, электромагнитов, потому что оно способно быстро намагничиваться и размагничиваться.

Железо является основным компонентом чугуна и сталей — важнейших *конструкционных материалов* современности. Чугун используют при сооружении доменных, мартеновских, термических и газовых печей, при изготовлении радиаторов отопления, компрессорного оборудования, дизельных двигателей, прокатных станков, деталей турбин, в машиностроении. Углеродистые стали применяются для изготовления каркасных сооружений, режущего инструмента. Широчайшее применение находят стали, легированные различными металлами — хромом, ванадием, никелем, кобальтом, титаном и др. Они обладают высокой прочностью, устойчивы в морской воде, не поддаются коррозии, выдерживают действие высоких температур и агрессивных сред. Такие стали используются для изготовления металлопроката, водопроводных, газопроводных и канализационных труб, корпусов и деталей машин, шарикоподшипников. Они также применяются в производстве кухонного оборудования (плит, духовок, микроволновых печей), посуды и столовых приборов, медицинского инструментария. Многочисленные соединения железа широко используются в современной фармацевтике.

Алюминий, обладающий способностью к штамповке, высокой теплопроводностью, коррозионной устойчивостью и пластичностью, применяется при изготовлении различного проката, кухонной посуды, алюминиевой фольги (рис. 150). Из-за высокой электропроводности и относительной дешевизны этот металл находит применение в электротехнике при изготовлении проводов. Он используется в алюмотермическом получении некоторых металлов, а также как компонент ракетного топлива.

Алюминий является компонентом многих сплавов. Важнейшие из них — дюраль и фехраль. Дюраль представляет собой сплав алюминия с медью, магнием и марганцем. Это основной легкий и прочный конструкционный материал в авиации и космонавтике. Фехраль — сплав алюминия с хромом и железом, применяющийся для изготовления спиралей электронагревательных приборов.



Рис. 150. Изделия из алюминия

Алюминий используется при изготовлении аппаратуры для масляной, сахарной, кондитерской, пивоваренной промышленности, применяется в производстве «серебристой» металлизированной ткани и краски «серебрянка», состоящей из алюминиевой пудры и олифы.



В середине XIX в. алюминий ценился дороже золота и считался «металлом роскоши». Французский император Наполеон III, желая продемонстрировать свое превосходство, заказал себе камзол с алюминиевыми пуговицами, который надевал исключительно во время дипломатических приемов. Кроме того, по приказу императора были изготовлены алюминиевые столовые приборы, которые на торжественных обедах подавались членам императорской семьи и самым почетным гостям. Другие же гости пользовались «обычными» приборами из золота и серебра.

В результате развития науки и техники практическое применение в самых разных отраслях нашли и такие металлы, как титан **Ti**, цирконий **Zr**, бериллий **Be**, индий **In**, ниобий **Nb**, вольфрам **W**, уран **U**, плутоний **Pu** и др.

Несмотря на то что в последнее время в качестве конструкционных материалов вместо металлов все чаще используются их «заменители» — пластмассы, производство металлов постоянно возрастает.

Домашний эксперимент

Некоторые реакции с участием алюминия сопровождаются выделением большого количества теплоты. Это свойство лежит в основе работы одноразовой химической грелки. Для ее изготовления вам понадобятся поваренная соль **NaCl**, медный купорос **CuSO₄·5H₂O**, мелкие древесные опилки, алюминиевая проволока, вода и пол-литровая стеклянная банка. Насыпьте в банку 3 столовые ложки поваренной соли, 5 столовых ложек медного купороса и 2 столовые ложки древесных опилок. Полученную смесь тщательно перемешайте. Из куска проволоки длиной 30—40 см сделайте пружинку диаметром 2—3 см и поместите ее в банку со смесью так, чтобы пружинки не было видно. Чтобы привести грелку в действие, добавьте к смеси полстакана воды. Примерно через 3 мин температура внешних стенок банки поднимется до 50—60 °С.

Практическая работа 4

Решение экспериментальных задач по теме «Металлы»

Цель работы: обобщить и закрепить знания о химических свойствах металлов, научиться экспериментально исследовать свойства металлов.

Вариант 1

Задача 1. Определите, где — до или после водорода — в электрохимическом ряду напряжений находится выданный вам металл, проявляющий в своих соединениях валентность, равную 2. Если он может реагировать с хлороводородной кислотой, составьте соответствующее уравнение реакции, укажите окислитель и восстановитель, назовите образующиеся вещества.

Задача 2. В двух пробирках находятся хлорид бария и хлорид натрия. Опытным путем распознайте эти вещества. Составьте уравнения соответствующих химических реакций в молекулярном и ионном виде.

Задача 3. Осуществите экспериментально следующие химические превращения:

хлорид алюминия $\rightarrow$ гидроксид алюминия $\rightarrow$ сульфат алюминия.

Составьте уравнения реакций в молекулярном и сокращенном ионном виде.

Вариант 2

Задача 1. Определите, где — до или после водорода — в электрохимическом ряду напряжений находится выданный вам металл, проявляющий в своих соединениях валентность, равную 3. Если он может реагировать с хлороводородной кислотой, составьте соответствующее уравнение реакции, укажите окислитель и восстановитель, назовите образующиеся вещества.

Задача 2. В двух пробирках находятся хлорид кальция и хлорид натрия. Опытным путем распознайте эти вещества. Составьте уравнения соответствующих химических реакций в молекулярном и ионном виде.

Задача 3. Осуществите экспериментально следующие химические превращения:

хлорид меди(II) $\rightarrow$ гидроксид меди(II) $\rightarrow$ сульфат меди(II).

Составьте уравнения реакций в молекулярном и сокращенном ионном виде.