

## Лекция 21

Металлы. Строение, физические и химические свойства. Особенности строения атомов неметаллов. Окислительно - восстановительные свойства.

### Задания

Ознакомиться с материалами лекции

Выполнить задания самостоятельной работы:

Задания для самостоятельной работы

1. Атому магния в степени окисления +2 соответствует электронная конфигурация:

а)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ; в)  $1s^2 2s^2 2p^4$ ;

б)  $1s^2 2s^2 2p^6$ ; г)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ;

2. При частичном восстановлении водородом 30 г оксида кобальта. В получили смесь оксида и металла массой 26,8 г. Определите количество вещества водорода, вступившего в реакцию, и массовую долю кобальта в полученной смеси.

3. При электролизе раствора сульфата меди (II) в растворе образовалась кислота (около анода), на нейтрализацию которой затрачен раствор объемом 16 см ( $\rho = 1,05 \text{ г/см}^3$ ) с массовой долей гидроксида калия 6%. Вычислите массу меди, которая выделилась на катоде.

4. Для восстановления марганца из оксида марганца(IV) путем алюмотермии было смешано 10,8 г алюминия и 26,2 г оксида. Определите, какое из исходных веществ осталось и какова его масса.

5. В основном состоянии наибольшее число неспаренных электронов в атоме:

а) хлора; б) кремния; в) фосфора; г) серы.

6. Все галогены могут проявлять в соединениях степень окисления:

а) +5; б) +1; в) +7; г) -1.

7. Электронная формула аниона Э2 ... $3s^2 3p^6$  отвечает элементу:

а) сере; б) хлору; в) углероду; г) фосфору.

8. Электронную конфигурацию, одинаковую с конфигурацией атомов аргона, имеет частица: а)  $Mg^{2+}$ ; б)  $S^{2-}$ ; в)  $ClO$ ; г)  $Ti^{2+}$ .

9. Водород в промышленности не получают по схеме:

а)  $Na + H_2O$ ; в)  $H_2O$  электролиз;

б)  $C + H_2O$ ; г)  $CH_4 + H_2O$ .

10. Определите объем 2 М соляной кислоты, израсходованной на взаимодействие с оксидом марганца(IV), если известно, что выделившийся при этом хлор вытеснил из раствора иодида калия 25,4 г иода.

11. Рассчитайте объем водорода (н. у.), который можно получить из 200 см<sup>3</sup> воды:

а) электролизом; б) действием натрия.

12. Вычислите массу фосфорита, содержащего 62 % фосфата кальция, необходимого для получения 124 кг фосфора. Определите массу углерода, который будет израсходован для этой цели.

Готовые работы присылать на почту [vitalina2517@mail.ru](mailto:vitalina2517@mail.ru) не позднее 30.05.2023

Если у вас возникли вопросы, обращайтесь по телефону 0721401876

Особенности строения атомов металлов:

небольшое число электронов на внешнем энергетическом уровне (как правило, один-три электрона). Исключение — атомы p-элементов IV-VI групп;

малые заряды ядер и большие радиусы атомов по сравнению с атомами неметаллов данного периода;

сравнительно слабая связь валентных электронов с ядром;

низкие значения электроотрицательности.

В связи с этим атомы металлов легко отдают валентные электроны и превращаются в положительно заряженные ионы, т. е. металлы - восстановители.

Однако способность отдавать электроны проявляется у металлов неодинаково. В периодах с увеличением зарядов ядер атомов уменьшаются их радиусы, увеличивается число электронов на внешнем уровне и усиливается связь валентных электронов с ядром. Поэтому в периодах слева направо восстановительная способность атомов металлов уменьшается.

В главных подгруппах с возрастанием атомных номеров элементов увеличиваются радиусы их атомов и уменьшается притяжение (валентных электронов к ядру. Поэтому в главных подгруппах сверху вниз восстановительная активность атомов металлов возрастает. Следовательно, наиболее активными восстановителями являются щелочные и щелочно-земельные металлы.

Только некоторые металлы (золото, платина) находятся в природе в виде простых веществ (в самородном состоянии). Металлы, расположенные в электрохимическом ряду напряжений между оловом и золотом, встречаются как в виде простых веществ, так и в составе соединений. Большинство же металлов находятся в природе в виде соединений —

оксидов, сульфидов, карбонатов и т. д. Распространенность металлов в природе уменьшается в ряду:

Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti, Mn, Cr, Ni, Zn, Cu, Sn, Pb, W, Hg, Ag, Au

Содержание в земной коре (массовая доля, %) уменьшается

#### Физические свойства металлов

Все металлы обладают металлической кристаллической решеткой, особенности которой определяют их общие физические и механические свойства.

Общие свойства металлов:

- 1). Все металлы являются твердыми веществами, за исключением ртути.
- 2). Металлический блеск и непрозрачность металлов — результат отражения световых лучей.
- 3). Электро- и теплопроводность обусловлены наличием в металлических решетках свободных электронов.

С повышением температуры электропроводность металлов уменьшается, а с понижением температуры — увеличивается. Около абсолютного нуля для многих металлов характерно явление сверхпроводимости.

Металлы обладают ковкостью и пластичностью. По определению М. В. Ломоносова, «металлом называется светлое тело, которое ковать можно». Металлы легко прокатываются в листы, вытягиваются в проволоку, поддаются ковке, штамповке, прессованию.

#### Химические свойства металлов

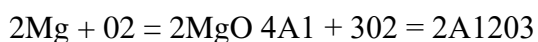
Если атомы большинства неметаллов могут как отдавать, так и присоединять электроны, проявляя окислительно-восстановительную двойственность, то атомы металлов способны только отдавать валентные электроны, проявляя восстановительные свойства:  $Me - ne = Me^{n+}$ (окисление)

восстановитель

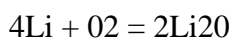
Как восстановители металлы взаимодействуют с неметаллами, водой, растворами щелочей, кислот и солей.

- 1). Взаимодействие металлов с простыми веществами — неметаллами

Металлы при определенных условиях взаимодействуют с неметаллами, например с кислородом образуют оксиды:

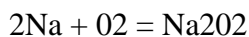


Из щелочных металлов только литий сгорает на воздухе с образованием оксида:



оксид лития

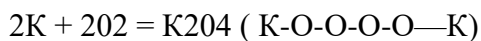
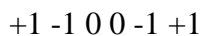
Основной продукт окисления натрия — пероксид:



пероксид

натрия

При горении других щелочных металлов образуются супероксиды, например:



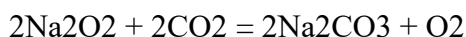
супероксид

калия

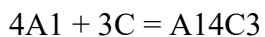
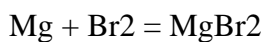
Оксиды натрия и калия могут быть получены при нагревании смеси пероксида с избытком металла в отсутствие кислорода:



На реакции пероксида натрия с оксидом углерода (IV) основана регенерация воздуха в изолированных помещениях (например, на подводных лодках):



При нагревании металлы реагируют с другими неметаллами:

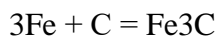


бромид

карбид

магния

алюминия

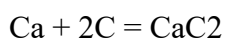
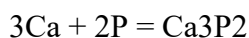


нитрид

карбид

алюминия

железа

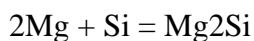
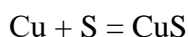


фосфид

карбид

кальция

кальция



сульфид

силицид

меди (II) магния

Если металл проявляет переменную степень окисления, то активные неметаллы (фтор, хлор, бром, кислород) окисляют его до более высокой степени окисления, в которой он образует устойчивое в данных условиях соединение, а менее активные — до более низкой степени окисления. Так, железо проявляет в соединениях степени окисления +2 и +3 (иногда +6), из них +3 наиболее устойчива. В связи с этим при взаимодействии железа с хлором, бромом оно окисляется до степени окисления +3, а при взаимодействии с серой или иодом — до степени окисления +2:



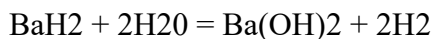
Щелочные и щелочно-земельные металлы при нагревании вступают в реакцию с водородом, образуя гидриды. Атомы водорода в данных соединениях имеют отрицательную степень окисления:



гидрид гидрид

натрия бария

Гидриды представляют собой кристаллические тугоплавкие солеобразные вещества белого цвета. Они активные восстановители за счет водорода в минимальной степени окисления (-1). Так, гидриды горят в атмосфере хлора, кислорода, энергично разлагаются водой с образованием щелочи и выделением водорода:



Гидриды применяют для получения водорода в полевых условиях (для водородной сварки), восстановления металлов из их оксидов, а также в органическом синтезе.

## 1 Неметаллы, особенности строения, изменение свойств в ПСХЭ

Неметаллы — это простые вещества, образованные р-элементами (исключение — водород и гелий, образованы s-элементами). В Периодической системе элементов они расположены в конце малых и больших периодов, т. е. занимают правый верхний угол в главных подгруппах.

Свойства неметаллов обусловлены особенностями строения их атомов. Внешний электронный слой атомов неметаллов содержит 4-8 электронов (исключение составляют бор, водород, гелий).

Валентными являются электроны s- и p-подуровней внешнего энергетического уровня. Общее число их соответствует номеру группы, в которой расположен элемент.

Однако максимальная валентность атомов неметаллов может не соответствовать номеру группы, в которой расположен элемент. Так, вам известно, что для атомов неметаллов второго периода максимальная валентность равна четырем, так как на внешнем уровне атомы 2p-элементов имеют четыре валентные орбитали.

Максимальная положительная степень окисления соответствует номеру группы (исключение — кислород, фтор и гелий), а минимальная определяется по разности: номер группы - 8.

В простых веществах атомы неметаллов находятся в промежуточной степени окисления, поэтому они проявляют как окислительные, так и восстановительные свойства (исключение — фтор и благородные газы).

В периодах с увеличением атомного номера p-элементов уменьшаются радиусы атомов, увеличивается число электронов на внешнем уровне и возрастает электроотрицательность, поэтому ослабевают восстановительные и усиливаются окислительные свойства простых веществ, образованных атомами этих элементов, возрастают их неметаллические свойства.

В подгруппах с увеличением атомного номера p-элементов радиусы атомов увеличиваются, электроотрицательность уменьшается, поэтому усиливаются восстановительные свойства и ослабевают окислительные и неметаллические свойства простых веществ.

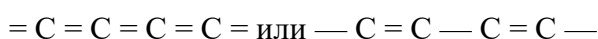
Таким образом, атомы неметаллов содержат большее, чем атомы металлов, число электронов на внешнем уровне, имеют более высокие заряды ядер и значительно меньшие радиусы, вследствие этого более высокие значения электроотрицательности и большую способность к присоединению электронов (окислительную способность).

## Физические свойства неметаллов

Как вы знаете, молекулы простых веществ — неметаллов могут быть одноатомными (благородные газы), двухатомными (галогены, кислород, азот и водород), а также содержать большее число атомов (озон O<sub>3</sub>, фосфор P<sub>4</sub>, сера S<sub>8</sub>). Атомы некоторых неметаллов (углерод, кремний, фосфор, сера) способны образовывать цепи. Например, атомы углерода образуют цепи практически неограниченной длины, кремния — короткие (до шести атомов). Такие неметаллы, как сера, углерод, кремний, фосфор, кислород, существуют в виде нескольких аллотропных модификаций. Так, фосфор бывает белый, красный и черный; углерод известен в виде алмаза и графита.

Помимо известных вам алмаза и графита существуют и другие аллотропные модификации углерода — карбин и фуллерены.

Карбин представляет собой белое кристаллическое вещество (иногда встречается в графите в виде белых прожилок) или мелкокристаллический черный порошок. Кристаллическая решетка его построена из линейных углеродных цепочек двух видов:



Впервые карбин был получен синтетически, а уже позднее найден в природе. По электрической проводимости карбин занимает промежуточное положение между алмазом (диэлектрик) и графитом (проводник): он полупроводник. Карбин обладает рядом свойств, весьма ценных для использования в медицине: отсутствием токсичности, высокой биологической совместимостью. Это делает его перспективным для применения в реконструктивной хирургии, урологии, стоматологии.

Фуллерены — семейство веществ, состоящих из сферообразных или эллипсоидных молекул, построенных из пяти- и шестиугольников, которые образованы атомами углерода. Состав молекул отвечает формулам C<sub>60</sub>, C<sub>70</sub>, C<sub>76</sub> и др. Обнаружены молекулы, содержащие до двухсот атомов углерода. Фуллерены синтезированы из графита в 80-х гг. прошлого века. Наиболее устойчивое вещество состоит из сферических молекул C<sub>60</sub>, по форме напоминающих футбольный мяч. В незначительных количествах фуллерены образуются при переходе газообразного углерода в твердое состояние. С момента открытия и по настоящее время проводятся многочисленные исследования по получению фуллеренов, описанию их структур и свойств. В 1996 г. ученые, открывшие их, были удостоены Нобелевской премии по химии.

Фуллерены представляют собой твердые кристаллические вещества. В отличие от других аллотропных модификаций углерода — алмаза, графита и карбина — они

растворимы в органических растворителях, при этом образуются ярко окрашенные растворы.

Как выяснилось, фуллерены содержатся и в земных породах. Правда, это стало известно уже после их открытия. Считают, что наиболее богаты фуллеренами шунгитовые породы, залежи которых находятся в Карелии. Именно в карельских шунгитах были впервые обнаружены земные фуллерены. В настоящее время с этой особенностью шунгитов связывают целебное действие открытых в 1714 г. марциальных вод, которыми лечился еще Петр Великий (поселок Марциальные воды находится в 50 км от Петрозаводска).

При обычных условиях неметаллы находятся в разных агрегатных состояниях: газообразном (водород, кислород, азот, фтор, хлор, неон, гелий и др.), жидком (бром), твердом (иод, бор, углерод, кремний, сера, фосфор и др.).

При низкой температуре и повышенном давлении все неметаллы могут быть получены в кристаллическом состоянии. Одни из них (бор, углерод, кремний) имеют атомные кристаллические решетки, поэтому обладают большой твердостью, высокими температурами кипения и плавления. Другие имеют молекулярные кристаллические решетки (кислород, озон, водород, галогены, азот, сера), они при обычных условиях газы, жидкости или твердые вещества с низкими температурами кипения и плавления. В кристаллических решетках неметаллов, как правило, нет свободных электронов. В связи с этим большинство твердых неметаллов не проводят тепло и электричество. Однако кремний и черный фосфор обладают полупроводниковыми свойствами, а графит — тепло- и электропроводностью. Твердые неметаллы не обладают и пластичностью.

В воде они нерастворимы или малорастворимы. Некоторые из них (галогены, сера) лучше растворяются в органических растворителях, а белый фосфор — в сероуглероде. Фтор в воде растворять нельзя, так как он бурно реагирует с ней.

Неметаллы имеют различную окраску (желтая сера, черный графит, красный и белый фосфор и т. д.), причем в подгруппах сверху вниз интенсивность окраски усиливается: фтор — светло-зеленый газ, хлор — желто-зеленый газ, бром — красно-бурая жидкость, иод — темно-фиолетовые кристаллы.

Следовательно, простые вещества — неметаллы характеризуются большим разнообразием физических свойств, что обусловлено различным их строением.

#### Химические свойства неметаллов

В окислительно-восстановительных реакциях неметаллы могут выступать как в роли окислителей, так и в роли восстановителей в зависимости от того, с каким веществом они вступают во взаимодействие (исключение — фтор и некоторые благородные



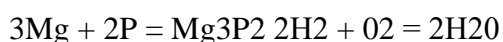
газы). Такие неметаллы, как кислород, азот, хлор, бром, являются преимущественно окислителями, водород и углерод — восстановителями.

При взаимодействии с металлами неметаллы, как правило, образуют соединения с ионным видом связи (CaO, MgCl<sub>2</sub>), с другими неметаллами — соединения с ковалентными полярными связями (SO<sub>2</sub>, PCl<sub>3</sub>, CS<sub>2</sub>).

#### Окислительные свойства

Неметаллы как окислители реагируют:

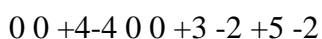
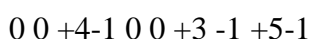
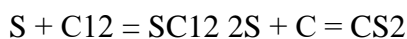
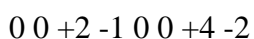
1. С металлами и водородом:



Водород реагирует со щелочными и щелочно-земельными металлами:

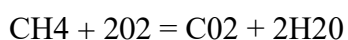
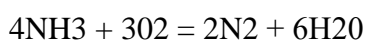


2. С неметаллами, атомы которых имеют более низкое значение электроотрицательности:

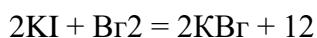


Хлор не реагирует непосредственно с кислородом, азотом и углеродом.

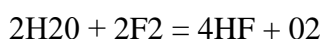
3. С некоторыми сложными веществами:



Одни неметаллы (более сильные окислители) способны вытеснять другие (слабые окислители) из растворов их солей. Так, вам известно, что каждый предыдущий галоген вытесняет последующий из его соединения с металлом и водородом:



При взаимодействии иода с бромидом калия бром не выделяется. Такой сильный окислитель, как фтор, вытесняет даже кислород из воды:



Вода горит во фторе красивым голубым пламенем, поэтому фтор нельзя использовать для вытеснения менее активного галогена из раствора его соли.

#### Восстановительные свойства

1. Неметаллы как восстановители реагируют с другими неметаллами, атомы которых более электроотрицательны:



Недостаток



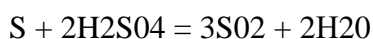
Галогены (за исключением фтора) непосредственно с кислородом не реагируют. Кислородные соединения галогенов получают косвенным путем.

2. Углерод, сера, фосфор и другие неметаллы взаимодействуют с кислотами-окислителями (азотная и концентрированная серная).

Концентрированная серная кислота восстанавливается при этом до оксида серы(IV):



конц.



конц.



конц.

При окислении серы концентрированной серной кислотой оксид серы(IV) является продуктом и окисления, и восстановления.

Азотная кислота окисляет серу, углерод, фосфор и другие неметаллы до соответствующих кислот, а степень восстановления азотной кислоты зависит от ее концентрации. Концентрированная азотная кислота, как правило, восстанавливается до оксида азота(IV)  $NO_2$ :



Конц.

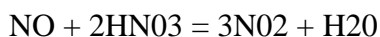


Конц.



конц.

Восстановление концентрированной азотной кислоты только до оксида азота(IV) объясняется тем, что низшие оксиды азота концентрированная азотная кислота может окислить до  $NO_2$ :



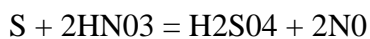
Разбавленная азотная кислота восстанавливается до оксида азота (II):



разб.



разб.



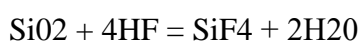
разб.

Кислоты-окислители не действуют на кремний, так как при контакте с ними на его поверхности образуется плотная оксидная пленка  $SiO_2$ :



разб.

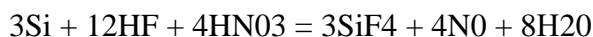
Эту пленку растворяет только фтороводородная (плавиковая) кислота:



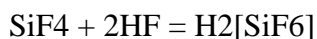
тетрафторид

кремния

Если просуммировать последние два уравнения (предварительно умножив второе на три для уравнивания количества вещества оксида кремния(IV), то получим уравнение реакции кремния со смесью азотной и плавиковой кислот:

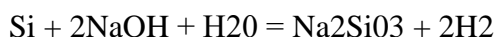


С избытком фтороводородной кислоты тетрафторид кремния образует гексафторосиликат (IV) водорода  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ :



Следовательно, кремний в отличие от других неметаллов взаимодействует только со смесью кислот  $\text{HNO}_3$  и  $\text{HF}$ .

3. Кремний реагирует с растворами щелочей:



4. Для углерода и водорода как восстановителей характерно взаимодействие с оксидами:

