Химия

**Лекция**

**Тема: Неметаллы, особенности строения атомов, окислительные**

**и восстановительные свойства**

План

1. Неметаллы, особенности строения и изменение свойств в ПСХЭ.

2. Нахождение неметаллов в природе.

3. Способы получения неметаллов.

4. Физические свойства неметаллов.

5. Химические свойства неметаллов.

**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.

**Химические элементы, которым соответствуют простые вещества — неметаллы**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Период | Группа | | | | | |
| IIIA | IVA | VA | VIA | VIIA | VIIIA |
| 1 |  |  |  |  | H | He |
| 2 | B | C | N | O | F | Ne |
| 3 |  | Si | P | S | Cl | Ar |
| 4 |  |  | As | Se | Br | Kr |
| 5 |  |  |  | Te | I | Xe |
| 6 |  |  |  |  | At | Rn |

*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 р-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 2р-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*** р-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*** р-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).*

**2. Нахождение неметаллов в природе**

Некоторые неметаллы в природе встречаются как в виде простых веществ, так и в виде соединений (кислород, азот, сера, углерод), другие — только в виде соединений.

***Кислород и кремний*** *— наиболее распространенные элементы, нa их долю* ***приходится около 70% массы земной коры****.* К числу ***редких элементов относятся иод, селен, теллур*** и некоторые другие, на их долю приходятся тысячные доли процента массы земной коры. Многие соединения неметаллов являются обязательной составной частью растительных и животных организмов. К **элементам*-органогенам*** («рождающим» органические вещества: белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты) относятся кислород (на его долю приходится около 60% массы тела человека), углерод, водород, азот, фосфор и сера. В небольших количествах в организмах животных и растений содержатся фтор, хлор и иод.

**3. Способы получения неметаллов**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Неметалл | Способы получения | |
| лабораторные | промышленные |
| Водород | 1. Взаимодействие металлов с растворами HCl, H2SO4:  Zn + 2HCl = ZnCl2 + H2  2. Электролиз воды:  2H2O Na2SO4 2H2 + O2 | 1. Электролиз воды  2. Конверсия метана:  CH4 + 2H2O Ni, t H2 + CO2  3. Конверсия углерода  C + H2O 1000 CO + H2  C + H2O 1000 CO + H2  4. Разложение метана:  СH4 Ni, Fe, 800 C + 2H2  5. Выделение из коксового газа |
| Кислород | Разложение солей кислородсодержащих кислот:  2KClO3 t, MnO2 2KCl + 3O2  2KMnO4 = K2MnO4 + MnO2 + O2  2NaNO3 = NaNO2 + O2 | 1. Электролиз воды  2. Фракционная перегонка жидкого воздуха: азот (tкип = -1960C) испаряется, а кислород (tкип = -1830C) остается в жидком состоянии |
| Хлор | Взаимодействие хлороводородной кислоты с окислителями:  4HCl + MnO2 = Cl2 + MnCl2 + 2H2O  16HCl + 2KMnO4 =5Cl2 +2MnCl2 + 2KCl + 8H2O  14HCl + K2Cr2O7 = 3Cl2 + 2KCl + 2CrCl3 + 7H2O  6HCl + KClO3 = 3Cl2 + 3H2O | Электролиз концентрированного раствора хлорида натрия:  2NaCl + 2H2O = Cl2  + H2  + 2NaOH |
| Бром, иод | Окисление бромидов и иодидов различными окислителями:  2NaBr + MnO2 + 2H2SO4 = Br2 + MnSO4 + Na2SO4 + 2H2O  10KI + 2KMnO4 + 8H2SO4 = 5I2 + 2MnSO4 + 6K2SO4 + 8H2O | Окисление бромидов и иодидов природных вод (буровых, сопутствующим нефтяным месторождениям) хлором:  2NaГ + Cl2 = Г2 + 2NaCl |
| Азот | Разложение солей аммония:  нитрита: NH4NO2 = N2 + H2O  дихромата:  (NH4)2Cr2O7 = Cr2O3  + N2 + 4H2O | Фракционная перегонка жидкого воздуха |
| Сера | Восстановление оксида серы (IV) сероводородом:  SO2 + 2H2S = 3S + 2H2O | 1. Нагревание серного колчедана (пирита) без доступа воздуха:  +2-1 +2 -2 0  FeS2 = FeS + S  2. Восстановление оксида серы (IV) (побочный продукт металлургической и коксовой промышленности) углеродом и сероводородом  SO2 + C = CO2 + S  SO2 + 2H2S = 3S + 2H2O |
| Фосфор |  | Прокаливание в электропечах смеси фосфорита или апатита (основной компонент – Ca3(PO4)2) с песком и углем  2Ca3(PO4)2 + 10C + 6SiO2 = 6CaSiO3 + P4 + 10CO |
| Кремний | Восстановление оксида кремния магнием или алюминием в электропечах:  SiO2 + 2Mg = Si + 2MgO | 1. Восстановление оксида кремния коксом в электропечах:  SiO2 + 2C = Si + 2CO  2. Восстановление тетрахлорида кремния парами цинка:  SiCl4 + 2Zn = Si + 2ZnCl2 |

**Вопросы и задания**

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

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

2. Все галогены могут проявлять в соединениях степень окисления:

а)+5; б) +1; в)+7; г)-1.

3. Электронная формула аниона ***Э2*** ...3s23p6 отвечает элементу:

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

4. Электронную конфигурацию, одинаковую с конфигурацией атомов аргона, имеет частица: а) Мg2+; б) S2- ; в) CI0; г) Ti2+.

5. Водород в промышленности ***не получают*** по схеме:

а) Na + Н20 ; в) Н20 эектролиз;

б) С + Н20 ; г) СН4 + Н2О .

6. Определите объем 2 М соляной кислоты, израсходованной на взаи­модействие с оксидом марганца(1\/), если известно, что выделив­шийся при этом хлор вытеснил из раствора иодида калия 25,4 г иода.

7. Рассчитайте объем водорода (н. у.), который можно получить из 200 см3 воды:

а)электролизом; б) действием натрия.

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

**4. 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 03, фосфор Р4, сера S8).*** 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:

= С = С = С = С = или — С = С — С = С —

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 С60, С70, С76 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 С60, 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.*

**5. 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, MgCl2), с дру­гими неметаллами — соединения с ковалентными полярными связями (S02, РС13, CS2).

**Окислительные свойства**

Неметаллы как окислители реагируют:

***1. С металлами и водородом***:

3Mg + 2P = Mg3P2 2Н2 + 02 = 2Н20

Zn + S = ZnS 2Са + Si = Ca2Si

ЗСа + N2 = Ca3N2 2Fe + 2C12 = 2FeCl3

*Водород* реагирует со щелочными и щелочно-земельными металлами:

2Na + Н2 = 2NaH Ва + Н2 = ВаН2

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

0 0 +2 -1 0 0 +4 -2

S + С12 = SC12 2S + С = CS2

0 0 +4-1 0 0 +3 -1 +5-1

Si + 2С12 = SiCl4 2Р + ЗС12 = 2РС13 (или РС15)

0 0 +4-4 0 0 +3 -2 +5 -2

Si + С = SiC 3S + 2P = P2S3 (или P2S5)

Хлор не реагирует непосредственно с кислородом, азотом и углеродом.

***3. С некоторыми сложными веществами:***

4NH3 + 302 = 2N2 + 6Н20

СН4 + 202 = С02 + 2Н20

2FeCl2 + Cl2 = 2FeCl3

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 соединении с ме­таллом и водородом:

2KI + Вг2 = 2КВг + 12

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

2Н20 + 2F2 = 4HF + 02

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:

2С + 02 = 2СО С + 2F2 = CF4

Недостаток

S + 02 = S02 Si + 2F2 = SiF4

4P + 502 = 2P203 S + 3F2 = SF6

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(1У):

С + 2H2S04 = 2S02 + C02 + 2Н20

конц.

S + 2H2S04 = 3S02 + 2Н20

конц.

2Р + 5H2S04 = 2Н3Р04 + 5S02 + 2Н20

конц.

При окислении серы концентрированной серной кислотой ок­сид серы(1У) 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(1У) N02:

S + 6HNO3 = H2S04 + 6N02  + 2Н20

Конц.

Р + 5HN03 = Н3Р04 + 5N02 + Н20

Конц.

С + 4HN03 = CO2 + 4NO2 + 2НаО

конц.

Восстановление концентрированной азотной кислоты только до оксида азота(1У) объясняется тем, что низшие оксиды азота концентрированная азотная кислота может окислить до N02:

NO + 2HN03 = 3N02 + H20

Разбавленная азотная кислота восстанавливается до оксида азота (П):

3С + 4HN03 = 3C02 + 4NO + 2Н20

разб.

3Р + 5HN03 + 2Н20 = 3Н3Р04 + 5NO

разб.

S + 2HN03 = H2S04 + 2N0

разб.

Кислоты-окислители не действуют на *кремний,* так как при контакте с ними на его поверхности образуется плотная оксидная пленка Si02:

3Si + 4HN03 = 3Si02 + 4NO + 2H20

разб.

Эту пленку растворяет только фтороводородная (плавиковая) кислота:

Si02  + 4HF = SiF4 + 2Н20

тетрафторид

кремния

Если просуммировать последние два уравнения (предвари­тельно умножив второе на три для уравнивания количества вещества оксида кремния(1У), то получим уравнение реакции кремния со смесью азотной и плавиковой кислот:

3Si + 12HF + 4HN03 = 3SiF4 + 4N0 + 8Н20

С избытком фтороводородной кислоты тетрафторид кремния образует гексафторосиликат (1У) водорода H2[SiF6]:

SiF4 + 2HF = H2[SiF6]

Следовательно, *кремний в отличие от других неметаллов взаимодействует только со смесью кислот* HN03 и HF.

3. Кремний реагирует с растворами щелочей:

Si + 2NaOH + Н20 = Na2Si03 + 2H2

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

СаО + 3С = СаС2 + CO Р205 + 5С = 2Р + 5CO

2Fe203 + ЗС = 4Fe + 3C02 W03 + ЗН2 = W + 3H20

С02 + С = 2СО 2NO + 2Н2 = N2 + 2Н20

Н20 + С = CO + H2 СuО + Н2 = Сu + Н20