

Дисциплина: Химия, группа Л-11, 12.02.24. Преподаватель Шлякис А.А.  
**Уважаемые студенты, вам необходимо составить конспект лекции на основании предоставленного материала.**

## 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 *p*-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 2*p*-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** 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).

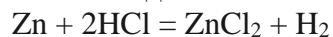
## 2. Нахождение неметаллов в природе

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

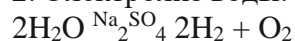
**Кислород и кремний** — наиболее распространенные элементы, на их долю приходится около 70% массы земной коры. К числу редких элементов относятся иод, селен, теллур и некоторые другие, на их долю приходится тысячные доли процента массы земной коры. Многие соединения неметаллов являются обязательной 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

1. Взаимодействие металлов с растворами HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:



2. Электролиз воды:

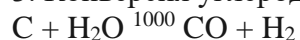


1. Электролиз воды

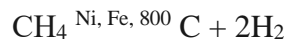
2. Конверсия метана:



3. Конверсия углерода



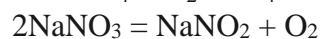
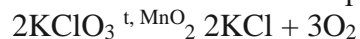
4. Разложение метана:



5. Выделение из коксового газа

Кислород

Разложение солей кислородсодержащих кислот:



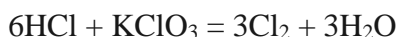
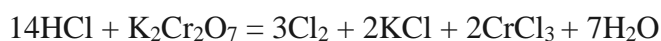
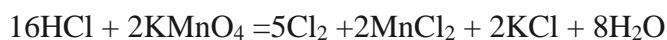
1. Электролиз воды

2. Фракционная перегонка жидкого воздуха: азот ( $t_{\text{кип}} = -196^\circ\text{C}$ ) испаряется, а кислород ( $t_{\text{кип}} = -183^\circ\text{C}$ ) остается в жидком состоянии

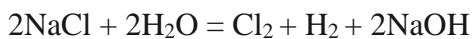
Хлор

Взаимодействие хлороводородной кислоты с окислителями:



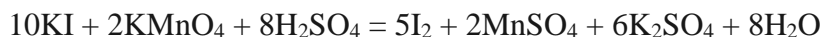
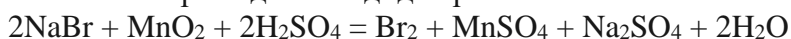


Электролиз концентрированного раствора хлорида натрия:

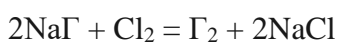


Бром, иод

Окисление бромидов и иодидов различными окислителями:



Окисление бромидов и иодидов природных вод (буровых, сопутствующим нефтяным месторождениям) хлором:



Азот

Разложение солей аммония:



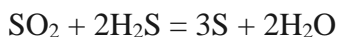
дихромата:



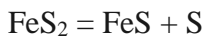
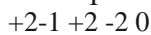
Фракционная перегонка жидкого воздуха

Сера

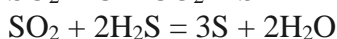
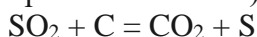
Восстановление оксида серы (IV) сероводородом:



1. Нагревание серного колчедана (пирита) без доступа воздуха:

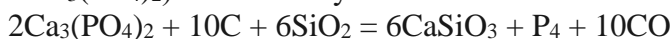


2. Восстановление оксида серы (IV) (побочный продукт металлургической и коксовой промышленности) углеродом и сероводородом



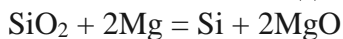
Фосфор

Прокаливание в электропечах смеси фосфорита или апатита (основной компонент –  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) с песком и углем

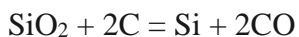


Кремний

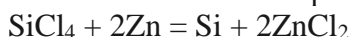
Восстановление оксида кремния магнием или алюминием в электропечах:



1. Восстановление оксида кремния коксом в электропечах:



2. Восстановление тетрахлорида кремния парами цинка:



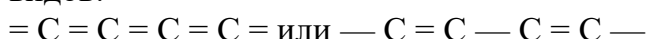
#### 4. Физические свойства неметаллов

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  $O_3$ , фосфор  $P_4$ , сера  $S_8$ )*. 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  $C_{60}$ ,  $C_{70}$ ,  $C_{76}$  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  $C_{60}$ , 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*.

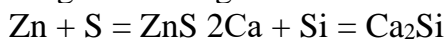
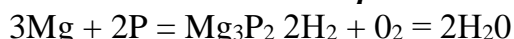
## 5. Химические свойства неметаллов

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, MgCl<sub>2</sub>), с другими неметаллами — соединения с ковалентными полярными связями (SO<sub>2</sub>, PCl<sub>3</sub>, CS<sub>2</sub>).

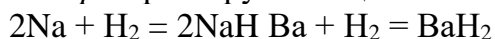
### Окислительные свойства

Неметаллы как окислители реагируют:

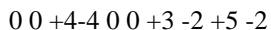
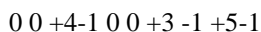
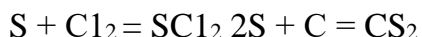
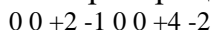
#### 1. С металлами и водородом:



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

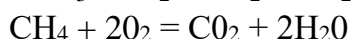
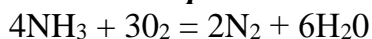


2. *С неметаллами*, атомы которых имеют более низкое значение электроотрицательности:

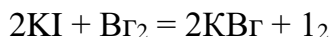


Хлор не реагирует непосредственно с кислородом, азотом и углеродом.

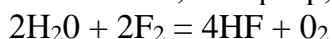
### 3. С некоторыми сложными веществами:



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:



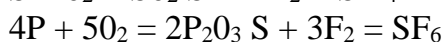
Вода горит во фторе красивым голубым пламенем, поэтому фтор нельзя использовать для вытеснения менее активного галогена из раствора его соли.

### Восстановительные свойства

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



Недостаток



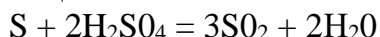
Галогены (за исключением фтора) непосредственно с кислородом не реагируют. Кислородные соединения галогенов получают косвенным путем.

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.



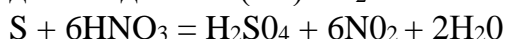
конц.



конц.

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

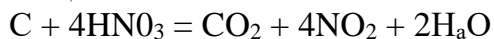
*Азотная кислота* окисляет серу, углерод, фосфор и другие неметаллы до соответствующих кислот, а степень восстановления азотной кислоты зависит от ее концентрации. Концентрированная азотная кислота, как правило, восстанавливается до оксида азота(IV)  $\text{NO}_2$ :



Конц.

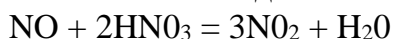


Конц.



конц.

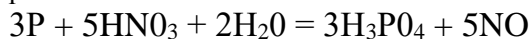
Восстановление концентрированной азотной кислоты только до оксида азота(IУ) объясняется тем, что низшие оксиды азота концентрированная азотная кислота может окислить до  $\text{NO}_2$ :



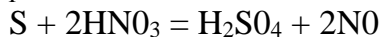
Разбавленная азотная кислота восстанавливается до оксида азота (II):



разб.



разб.



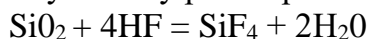
разб.

Кислоты-окислители не действуют на *кремний*, так как при контакте с ними на его поверхности образуется плотная оксидная пленка  $\text{SiO}_2$ :



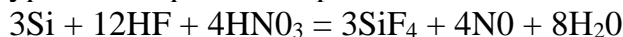
разб.

Эту пленку растворяет только фтороводородная (плавиковая) кислота:

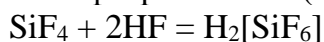


тетрафторид  
кремния

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

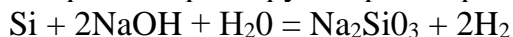


С избытком фтороводородной кислоты тетрафторид кремния образует гексафторосиликат (IУ) водорода  $\text{H}_2[\text{SiF}_6]$ :



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:**

