# ОСНОВЫ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

# Определение

**Немета́ллы** — химические элементы с типично неметаллическими свойствами, которые занимают правый верхний угол Периодической системы. Расположение их в главных подгруппах соответствующих периодов следующее:

| Период / группа | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | B | C | N | O | F | He |
| 2 | | | | Si | P | S | Cl | Ne |
| 3 | | | | | As | Se | Br | Ar |
| 4 | | | | | | Te | I | Kr |
| 5 | | | | | | | At | Xe |
| 6 | | | | | | | | Rn |

# Химические свойства

Для атомов неметаллов, а следовательно, и для образованных ими простых веществ характерны как окислительные, так и восстановительные свойства.

**Увеличиваются окислительные свойства**

$$F_2 > O_3 > Cl_2 > O_2 > I_2 > C > Si > P > N_2 > S > H_2$$

**Увеличиваются восстановительные свойства**

# Окислительные свойства

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 = Na_2^+S$$

сульфид натрия

$$3Mg^0 + N_2^0 = Mg_3^{+2}N_2^{-3}$$

нитрид магния

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{-2}$$

$$2Fe^0 + 3Cl_2^0 = 2Fe^{+3}Cl_3^-$$

хлорид железа(III)

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

# Окислительные свойства

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 \xrightarrow{t^\circ} Na^+_2S$$

сероводород

$$3Mg^0 + N^0_2 \xrightarrow{p, t^\circ, \text{катал.}} Mg^{+2}_3N^{-3}_2$$

аммиак

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{\ 2}$$

$$2Fe^0 + 3Cl^0_2 \xrightarrow{\text{свет}} 2Fe^{+3}Cl^-_3$$

хлороводород

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

# Окислительные свойства

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

**H, Si, As, P, Se, C, S, I, Br, Cl, N, O, F**

$$2Na^0 + S^0 = Na^+_2S \qquad 3Mg^0 + N^0_2 = Mg^{+2}_3N^{-3}_2$$

**Усиление электроотрицательности**

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{-2} \qquad 2Fe^0 + 3Cl^0_2 = 2Fe^{+3}Cl^-_3$$

сульфид фосфора (V)

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

# Окислительные свойства

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 = Na_2^+S \qquad 3Mg^0 + N_2^0 = Mg_3^{+2}N_2^{-3}$$

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{-2} \qquad 2Fe^0 + 3Cl_2^0 = 2Fe^{+3}Cl_3^-$$

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

# Окислительные свойства

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 = Na^+_2S^{-2}$$

$$3Mg^0 + N^0_2 = Mg^{+2}_3N^{-3}_2$$

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{-2}$$

$$2Fe^0 + 3Cl^0_2 = 2Fe^{+3}Cl^-_3$$

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

# Окислительные свойства

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 = Na_2^+S$$

$$3Mg^0 + N_2^0 = Mg_3^{+2}N_2^{-3}$$

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S$$

$$2Fe^0 + 3Cl_2^0 = 2Fe^{+3}Cl_3^-$$

$$\xrightarrow{\text{свет}}$$

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

# Восстановительные свойства

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 = Na^+_2S \qquad 3Mg^0 + N^0_2 = Mg^{+2}_3N^{-3}_2$$

$$Fe^0 + S^0 \xrightarrow{t^\circ} Fe^{+2}S^{-2}$$

солеобразующий кислотный оксид

$$2Fe^0 + 3Cl^0_2 \xrightleftharpoons{t^\circ} 2Fe^{+3}Cl^-_3$$

несолеобразующий оксид

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

# Восстановительные свойства

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 \xrightarrow{t^\circ} Na_2^+S$$

$$3Mg^0 + N_2^0 = Mg_3^{+2}N_2^{-3}$$

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{2}$$

$$2Fe^0 + 3Cl_2^0 = 2Fe^{+3}Cl_3^-$$

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

# Восстановительные свойства

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 = Na_2^+S \rightleftarrows \qquad 3Mg^0 + N_2^0 = Mg_3^{+2}N_2^{-3}$$

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{\ 2} \longrightarrow \qquad 2Fe^0 + 3Cl_2^0 = 2Fe^{+3}Cl_3^-$$

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

## *ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С КИСЛОТАМИ*

**Концентрированная *серная кислота* очень активно взаимодействует с неметаллами, окисляя их до высшей степени окисления.**

**Реакцию растворения углерода в горячей концентрированной серной кислоте можно представить уравнением:**

$$C + 2\,H_2SO_4 = CO_2 + 2\,SO_2 + 2\,H_2O$$

**При окислении серы горячей концентрированной серной кислотой в качестве продукта окисления и продукта восстановления образуется диоксид серы:**

$$S + 2\,H_2SO_4 = 3\,SO_2 + 2\,H_2O$$

## *Азотная кислота*

**как сильный окислитель окисляет неметаллы до соответствующих кислот. Концентрированная (более 60%) азотная кислота восстанавливается до $NO_2$, при концентрации 15-20% - до NO:**

$$4HNO_3 + C \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O + 4\,NO_2$$

$$5\,HNO_3 + 3\,P + 2\,H_2O \rightarrow 3\,H_3PO_4 + + 5\,NO$$

# Химические свойства

Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 = Na_2^+S \qquad 3Mg^0 + N_2^0 = Mg_3^{+2}N_2^{-3}$$

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{\ 2} \qquad 2Fe^0 + 3Cl_2^0 = 2Fe^{+3}Cl_3^-$$

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

# Химические свойства

1. Чем левее стоит металл в этом ряду, тем более сильным восстановителем он является.
2. Каждый металл способен вытеснять (восстанавливать) из солей в растворе те металлы, которые в ряду напряжений стоят после него (правее).
3. Металлы, находящиеся в ряду напряжений левее водорода, способны вытеснять его из кислот в растворе.

Восстановительная активность металла, определённая по электрохимическому ряду, не всегда соответствует положению его в Периодической системе. Это объясняется тем, что при определении положения металла в ряду напряжений учитывают не только энергию отрыва электронов от отдельных атомов, но и энергию, затрачиваемую на разрушение кристаллической решётки, а также энергию, выделяющуюся при гидратации ионов.

# Химические свойства

Металлы, являющиеся самыми сильными восстановителями (щелочные и щелочноземельные), в любых водных растворах взаимодействуют прежде всего с водой.

Например, литий более активен в водных растворах, чем натрий (хотя по положению в Периодической системе Na – более активный металл). Дело в том, что энергия гидратации ионов $Li^+$ значительно больше, чем энергия гидратации $Na^+$ , поэтому первый процесс является энергетически более выгодным.

**МЕТАЛЛЫ**

**Простые вещества**

$+O_2$ → Оксиды, **искл.** Ще Ме, кроме Li

$+ HaL_2$ → Соли, галогениды

$+ H_2$ → Гидриды (щелочные и щелочноземельные металлы)

$+ S$ → Соли, сульфиды ($t^0$)

**Сложные вещества**

$+ H_2O$ → Активные Ме образуют $MeOH+H_2\uparrow$

$+ H_2O$ → Ме ср. активности реагируют с парами воды, образуя $Me_xO_y+H_2\uparrow$

+ растворы кислот → Соль + водород (Ме, стоящие до $H_2$)

+ растворы солей → Соль + менее активный Ме (**искл.** щелочные и щелочноземельные металлы)

+ расплавы амф. оксидов и солей → Соль + менее активный Ме $Me_xO_y$ + менее активный Ме

**Задание 2.** Заполните таблицу: Химические свойства металлов

**Примечание:** используйте для ответа знаки «+» реагирует и «-» не реагирует

| **металл**<br>**реагент** | Na | Ca | Zn | Fe | Cu | Au |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $O_2$ | | | | | | |
| $CI_2$ | | | | | | |
| $H_2O$ | | | | | | |
| $H_2SO_4$ (р-р) | | | | | | |
| $CuSO_4$ (р-р) | | | | | | |

# Проверь себя!

| металл<br>реагент | Na | Ca | Zn | Fe | Cu | Au |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $O_2$ | + | + | + | + | + | - |
| $CI_2$ | + | + | + | + | + | - |
| $H_2O$ | + | + | + | + | - | - |
| $H_2SO_4$ (р-р) | + | + | + | + | - | - |
| $CuSO_4$ (р-р) | - | - | + | + | - | - |

# Взаимодействие металлов с кислородом

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

пероксид натрия

$$2Na^0 + S^0 = Na_2^+S \qquad 3Mg^0 + N_2^0 = Mg_3^{+2}N_2^{-3}$$

оксид натрия (основный оксид)

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S \qquad 2Fe^0 + 3Cl_2^0 = 2Fe^{+3}Cl_3^-$$

t°

t°

оксид лития

оксид кальция

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

# Взаимодействие металлов с неметаллами

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 = Na^+_2S$$

хлорид магния

$$3Mg^0 + N^0_2 = Mg^{+2}_3N^{-3}_2$$

хлорид железа (III)

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{\ 2}$$

$$2Fe^0 + 3Cl^0_2 = 2Fe^{+3}Cl^-_3$$

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, $t^\circ$ который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

гидрид кальция

# Взаимодействие металлов с неметаллами

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 \xrightarrow{t^\circ} Na_2^{+}S$$

сульфид железа (II)

$$3Mg^0 + N_2^0 = Mg_3^{+2}N_2^{-3}$$

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{\ 2}$$

$$2Fe^0 + 3Cl_2^0 = 2Fe^{+3}Cl_3^{-}$$

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

нитрид лития

# Взаимодействие металлов со сложными веществами

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 = Na_2^+S$$

гидроксид натрия

$$3Mg^0 + N_2^0 = Mg_3^{+2}N_2^{-3}$$

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{2}$$

гидроксид бария

$$2Fe^0 + 3Cl_2^0 = 2Fe^{+3}Cl_3^-$$

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

гидроксид алюминия

# Взаимодействие металлов со сложными веществами

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 = Na^+_2S$$

$$3Mg^0 + N^0_2 = Mg^{+2}_3N^{-3}_2$$

гидроксид магния

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{\ 2}$$

$$2Fe^0 + 3Cl^0_2 = 2Fe^{+3}Cl^-_3$$

$$\xrightarrow[H_2O,\ пар]{t^\circ}$$

железная окалина

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

# Взаимодействие металлов со сложными веществами

- Окислительные свойства неметаллов проявляются, в первую очередь, при их взаимодействии с металлами (металлы всегда восстановители):

$$2Na^0 + S^0 = Na_2^+S \qquad 3Mg^0 + N_2^0 = Mg_3^{+2}N_2^{-3}$$

$$Fe^0 + S^0 = Fe^{+2}S^{\ 2} \qquad 2Fe^0 + 3Cl_2^0 = 2Fe^{+3}Cl_3^-$$

Окислительные свойства хлора $Cl_2$ выражены сильнее, чем у серы, поэтому и металл Fe, который имеет в соединениях устойчивые степени окисления +2 и +3, окисляется им до более высокой степени окисления

# *Взаимодействие металлов со сложными веществами*

**С солями менее активных металлов в растворе.** В результате такой реакции образуется соль более активного металла и выделяется менее активный металл в свободном виде. Например:

$$Fe^{0} + Cu^{+2}SO_{4} = Fe^{+2}SO_{4} + Cu$$

Нужно помнить, что реакция идёт в тех случаях, когда образующаяся соль растворима. Вытеснение металлов из их соединений другими металлами впервые подробно изучил Н.Н. Бекетов – русский физик-химик.

*Таблица 5*

**Характерные химические свойства солеобразующих оксидов**

| Группа оксидов / Свойства | Оснóвные оксиды | Кислотные оксиды | Амфотерные оксиды |
|---|---|---|---|
| Образуют соль и воду в реакции обмена при взаимодействии | С кислотами | С основаниями | И с кислотами, и с основаниями |
| Образуют соль в реакции соединения при взаимодействии | С кислотными и амфотерными оксидами | С оснóвными и амфотерными оксидами | С оснóвными и кислотными оксидами |
| Образуют растворимый гидроксид при взаимодействии с водой | Щёлочи | Кислородсодержащие кислоты | Не взаимодействуют с водой |

3. Химические свойства кислот:

1) кислота + основание $\xrightarrow{\text{реакция обмена}}$ соль + вода

2) кислота + оксид металла $\xrightarrow{\text{реакция обмена}}$ соль + вода

3) кислота + металл $\xrightarrow{\text{реакция замещения}}$ соль + водород

4) кислота + соль $\xrightarrow{\text{реакция обмена}}$ новая кислота + новая соль

4. Химические свойства оснований:

1) основание + кислота $\xrightarrow{\text{реакция обмена}}$ соль + вода

2) щёлочь + оксид неметалла $\longrightarrow$ соль + вода

3) щёлочь + соль $\xrightarrow{\text{реакция обмена}}$ новое основание + новая соль

5. Химические свойства оксидов:

1) основный оксид + кислота $\xrightarrow{\text{реакция обмена}}$ соль + вода

2) кислотный оксид + щёлочь $\longrightarrow$ соль + вода

3) кислотный оксид + основный оксид $\xrightarrow{\text{реакция соединения}}$ соль

4) кислотный или основный оксид + вода $\xrightarrow{\text{реакция соединения}}$ растворимый гидроксид

6. Химические свойства средних солей:

1) соль + кислота $\xrightarrow{\text{реакция обмена}}$ другая соль + другая кислота

2) соль + щёлочь $\xrightarrow{\text{реакция обмена}}$ другая соль + другое основание

3) $\text{соль}_1 + \text{соль}_2 \xrightarrow{\text{реакция обмена}} \text{соль}_3 + \text{соль}_4$

4) соль + металл $\xrightarrow{\text{реакция замещения}}$ другая соль + другой металл