

1 Определения

Степень окисления

- 2 группы реакций
 - $2\text{HCl} + \text{K}_2\text{O} = 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ – обменная
 - $4\text{HCl} + \text{MnO}_2 = \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ – ОВР
- *Степень окисления* (СО) – гипотетический заряд атома
- Правила вычисления степени окисления
 - сумма СО всех атомов в частице равна ее заряду
 - Li, Na, K, Rb, Cs: +1
 - Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd: +2
 - F : –1
 - H: +1 с неметаллами и –1 с металлами
 - Cl, Br, I: –1 в бинарных соединениях с металлами
 - O : –2 в большинстве соединений; исключения легко выявляются
($\overset{+1}{\text{K}} \overset{-1/3}{\text{O}}_3, \overset{+1}{\text{H}}_2\overset{-1}{\text{O}}_2$)
- Примеры $\overset{+1}{\text{K}}_2\overset{+6}{\text{Cr}}_2\overset{-2}{\text{O}}_7, \overset{+1}{\text{H}}_2\overset{+6}{\text{S}}\overset{-2}{\text{O}}_4, \overset{+3}{\text{Fe}}_2(\overset{+6}{\text{S}}\overset{-2}{\text{O}}_4)_3$

Реакции с изменением степени окисления

- Окисление – процесс отдачи электронов
- Восстановление – процесс присоединения электронов
- Окислитель восстанавливается, восстановитель окисляется
$$16 \underbrace{\overset{-1}{\text{H}}\overset{-1}{\text{Cl}}}_{\text{восст.}} + 2 \underbrace{\overset{+7}{\text{K}}\overset{+7}{\text{Mn}}\overset{-2}{\text{O}}_4}_{\text{окислитель}} = 2\overset{+2}{\text{Mn}}\overset{0}{\text{Cl}}_2 + 5\overset{0}{\text{Cl}}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 2\overset{+1}{\text{K}}\overset{0}{\text{Cl}}$$
- Окислитель: частица KMnO_4 , ион MnO_4^- , атом Mn (+7)
- 3 группы ОВР
 - межмолекулярные: $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$
 - диспропорционирование: $2\overset{0}{\text{K}}\overset{0}{\text{O}}\overset{0}{\text{H}} + \overset{0}{\text{Cl}}_2 = \overset{-1}{\text{K}}\overset{-1}{\text{Cl}} + \overset{+1}{\text{K}}\overset{+1}{\text{Cl}}\overset{0}{\text{O}} + \text{H}_2\text{O}$
 - конпропорционирование: $\overset{-3}{\text{N}}\overset{+5}{\text{H}}_4\overset{+5}{\text{N}}\overset{0}{\text{O}}_3 = \overset{+1}{\text{N}}_2\overset{0}{\text{O}} + 2\text{H}_2\text{O}$

1.1 Окислители и восстановители

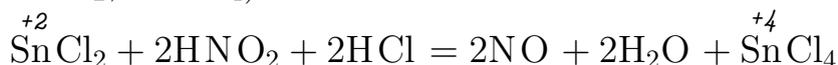
- Окисление соответствует повышению степени окисления центрального атома, а восстановление – ее понижению
- Атом в высшей степени окисления может быть только окислителем, а в низшей – только восстановителем
- *Высшая степень окисления* элемента совпадает с номером его группы
 - Примеры: S(+6), P(+5), Mn(+7)
 - Исключения: F(0), O(+2), Fe(+6), Co(+3), Ni(+3)
- *Низшая степень окисления*:
 - 0 для металлов
 - (номер группы – 8) для неметаллов
 - Примеры: Co(0), F(-1), K(0), P(-3)
 - Исключения: B(-3), благородные газы
- *Возможность* проявления окислительных свойств не означает, что атом действительно будет их проявлять
- Окислительная активность частицы характеризуется значением электродного потенциала (E°), например:
 - $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ В}$.
Вывод: MnO_4^- – сильный окислитель
 - $E^\circ(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ В}$.
Вывод: Zn^{2+} – слабый окислитель
 - Справедливо и обратное: Mn^{2+} – слабый окислитель, Zn – сильный восстановитель
- Условие протекания ОВР: $E_{\text{ок}} > E_{\text{восст}}$:
$$2\overset{+7}{\text{K}}\overset{+7}{\text{Mn}}\text{O}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\overset{0}{\text{Zn}} = 2\overset{+2}{\text{Mn}}\text{SO}_4 + 5\overset{+2}{\text{Zn}}\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O}$$

1.2 Важнейшие восстановители

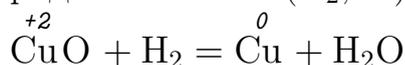
К основным восстановителям относятся:

- активные металлы (Al, Mg, Ca, Na, Zn)
$$\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\overset{0}{\text{Al}} = 2\text{Cr} + \overset{+3}{\text{Al}}_2\text{O}_3$$
 – алюмотермия

- соединения некоторых металлов в низких степенях окисления (FeSO_4 , SnCl_2 , CrSO_4)



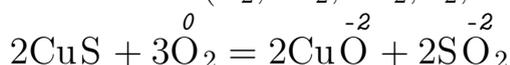
- ряд неметаллов (H_2 , C) и их соединений (CO)



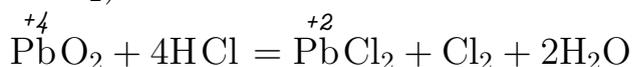
1.3 Важнейшие окислители

К основным окислителям относятся:

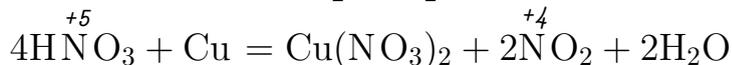
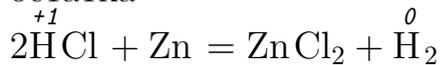
- неметаллы (F_2 , Cl_2 , Br_2 , I_2 , O_2 , S) и их производные (O_3 , SO_2Cl_2)



- производные металлов в высших степенях окисления (KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, PbO_2)



- кислоты – неокисляющие за счет H^+ , а окисляющие – за счет кислотного остатка



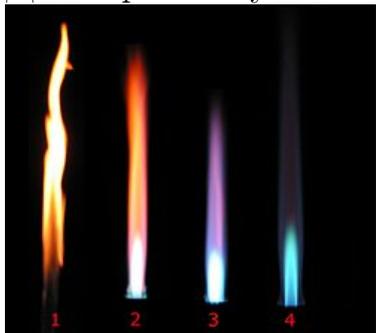
1.4 Горение

- *Горение* – особый вид ОВР:

- в реакции выделяется много тепла;
- интенсивное горение – наблюдается пламя

- До 90% энергии человечество получает за счёт сжигания разного топлива

- Для горения нужно как топливо, так и окислитель



Сжигание природного газа в горелке:

- 1, 2 – недостаток окислителя (кислорода)
- 3 – идеальное соотношение компонентов
- 4 – избыток окислителя

Если окислитель смешать с топливом заранее, а затем поджечь – возможен взрыв!

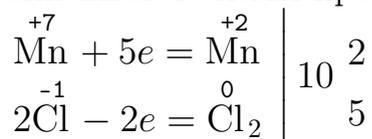
- Для начала горения смесь нужно нагреть до некоторой температуры – *температуры воспламенения*

2 Расстановка коэффициентов в ОВР

- Находят элементы, меняющие степень окисления



- Записывают схемы процессов окисления и восстановления



- Устанавливают баланс по числу электронов
 - Полученные множители переносят в уравнение
- $$\text{HCl} + 2\text{KMnO}_4 = 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{KCl}$$

- Расставляют оставшиеся коэффициенты перед

- атомами металлов (К)
- ионами кислотных остатков (Cl^-)
- атомами водорода

- $16\text{HCl} + 2\text{KMnO}_4 = 2\text{MnCl}_2 + 5\text{Cl}_2 + 8\text{H}_2\text{O} + 2\text{KCl}$

3 Примеры

3.1 Пример 1

Оцените возможные окислительно-восстановительные свойства следующих частиц: KMnO_4 , K_2S , NaNO_2 , Fe

- В KMnO_4 центральным атомом является Mn

– $\overset{+1}{\text{K}}\overset{+7}{\text{Mn}}\overset{-2}{\text{O}_4}$ – определили степени окисления

– Mn – металл VII группы, поэтому минимальная степень окисления равна 0, а максимальная +7

– степень окисления Mn в соединении KMnO_4 является максимальной, поэтому KMnO_4 может проявлять только окислительные свойства

- В K_2S центральным атомом является S

– $\overset{+1}{\text{K}_2}\overset{-2}{\text{S}}$ – определили степени окисления

- S – неметалл VI группы, поэтому минимальная степень окисления равна -2 , а максимальная $+6$
- степень окисления S в соединении K_2S является минимальной, поэтому K_2S может проявлять только восстановительные свойства

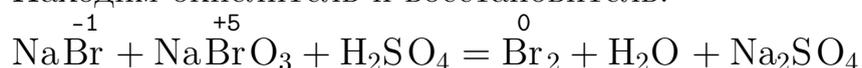
Оцените возможные окислительно-восстановительные свойства следующих частиц: $KMnO_4$, K_2S , $NaNO_2$, Fe

- В $NaNO_2$ центральным атомом является N
 - $NaNO_2$ – определили степени окисления $+1$ $+3$ -2
 - N – неметалл V группы, поэтому минимальная степень окисления равна -3 , а максимальная $+5$
 - степень окисления N в соединении $NaNO_2$ является промежуточной, поэтому $NaNO_2$ может проявлять как окислительные, так и восстановительные свойства
- В Fe имеется единственный атом
 - Fe^0 – степень окисления в простом веществе
 - Fe – металл VIII группы, поэтому минимальная степень окисления равна 0, а максимальная $+6$ (исключение из общего правила!)
 - степень окисления Fe в простом веществе является минимальной – возможно проявление только восстановительных свойств

3.2 Пример 2



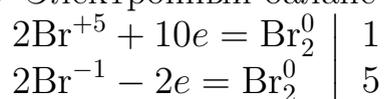
- Находим окислитель и восстановитель:



- Схемы окисления и восстановления:



- Электронный баланс



- Расставляем коэффициенты:

- $10\text{NaBr} + 2\text{NaBrO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 6\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{SO}_4$
- $10\text{NaBr} + 2\text{NaBrO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 6\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} + 6\text{Na}_2\text{SO}_4$
- $10\text{NaBr} + 2\text{NaBrO}_3 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 = 6\text{Br}_2 + \text{H}_2\text{O} + 6\text{Na}_2\text{SO}_4$
- $10\text{NaBr} + 2\text{NaBrO}_3 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 = 6\text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{Na}_2\text{SO}_4$
- $5\text{NaBr} + \text{NaBrO}_3 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{Na}_2\text{SO}_4$

3.3 Пример 3

- $\text{SeO}_2 + \text{NH}_3 = \text{Se} + \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Находим окислитель и восстановитель:

$$\overset{+4}{\text{Se}}\text{O}_2 + \overset{-3}{\text{N}}\text{H}_3 = \overset{0}{\text{Se}} + \overset{0}{\text{N}}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Схемы окисления и восстановления:
 - $2\text{N}^{-3} - 6e = \text{N}_2$ - окисление
 - $\text{Se}^{+4} + 4e = \text{Se}$ - восстановление
- Электронный баланс

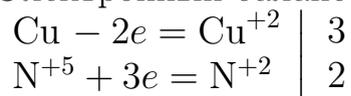
$$\begin{array}{l|l} 2\text{N}^{-3} - 6e = \text{N}_2^0 & 2 \\ \text{Se}^{+4} + 4e = \text{Se}^0 & 3 \end{array}$$
- Расставляем коэффициенты:
 - $3\text{SeO}_2 + 4\text{NH}_3 = 3\text{Se} + 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
 - металлы, не изменяющие степень окисления, отсутствуют
 - кислотные остатки отсутствуют
 - $3\text{SeO}_2 + 4\text{NH}_3 = 3\text{Se} + 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$
 - $3\text{SeO}_2 + 4\text{NH}_3 = 3\text{Se} + 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$

3.4 Пример 4

- $\text{Cu} + \text{HNO}_3 = \text{NO} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Находим окислитель и восстановитель:

$$\overset{0}{\text{Cu}} + \overset{+5}{\text{N}}\text{H}\overset{+2}{\text{N}}\overset{+2}{\text{O}}_3 = \overset{+2}{\text{N}}\text{O} + \overset{+2}{\text{Cu}}(\overset{+2}{\text{N}}\text{O}_3)_2 + \text{H}_2\text{O}$$
- Схемы окисления и восстановления:
 - $\text{Cu} - 2e = \text{Cu}^{+2}$ - окисление
 - $\text{N}^{+5} + 3e = \text{N}^{+2}$ - восстановление

- Электронный баланс



- Расставляем коэффициенты:



- металлы, не изменяющие степень окисления, отсутствуют



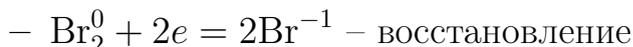
3.5 Пример 5

- $\text{CrCl}_3 + \text{Br}_2 + \text{KOH} = \text{KBr} + \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{KCl}$

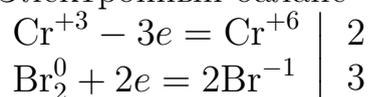
- Находим окислитель и восстановитель:



- Схемы окисления и восстановления:



- Электронный баланс



- Расставляем коэффициенты:



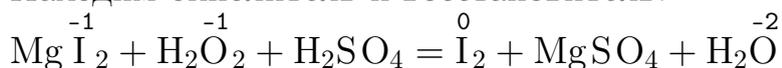
- незадействованных кислотных остатков нет



3.6 Пример 6

- $\text{MgI}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{I}_2 + \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

- Находим окислитель и восстановитель:



- Схемы окисления и восстановления:

- $2\text{I}^{-1} - 2e = \text{I}_2^0$ - окисление
- $2\text{O}^{-1} + 2e = 2\text{O}^{-2}$ - восстановление

- Электронный баланс

$$\begin{array}{l|l} 2\text{I}^{-1} - 2e = \text{I}_2^0 & 1 \\ 2\text{O}^{-1} + 2e = 2\text{O}^{-2} & 1 \end{array}$$

- Расставляем коэффициенты:

- $1\text{MgI}_2 + 1\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 1\text{I}_2 + \text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $1\text{MgI}_2 + 1\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = 1\text{I}_2 + 1\text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $1\text{MgI}_2 + 1\text{H}_2\text{O}_2 + 1\text{H}_2\text{SO}_4 = 1\text{I}_2 + 1\text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- $1\text{MgI}_2 + 1\text{H}_2\text{O}_2 + 1\text{H}_2\text{SO}_4 = 1\text{I}_2 + 1\text{MgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{MgI}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{I}_2 + \text{MgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$