高中化学方程式

一、非金属单质（F_2，Cl_2,O_2,S,N_2,P,C,Si，H）

1、氧化性：

F_2+H_2===2HF (阴暗处爆炸)

F_2+Xe(过量)==XeF_2

$2F_2$(过量)+Xe==XeF_4　(XeF_4 是强氧化剂，能将 Mn^{2+}氧化为 MnO_4^-)

nF_2+2M===2MFn(M 表示大部分金属)

$2F_2+2H_2O$===4HF+O_2 (水是还原剂)

$2F_2+2NaOH$===2NaF+OF_2+H_2O

$F_2+2NaCl$===2NaF+Cl_2

$F_2+2NaBr$===2NaF+Br_2

F_2+2NaI===2NaF+I_2

$7F_2$(过量)+I_2===2IF_7

F_2+Cl_2(等体积)===2ClF (ClF 属于类卤素：$ClF+H_2O$==HF+HClO)

$3F_2$(过量)+Cl_2===2ClF_3 (ClF_3+3H_2O==3HF+$HClO_3$)

$Cl_2+H_2\xrightarrow{点燃}$2HCl (将 H_2 在 Cl_2 点燃；混合点燃、加热、光照发生爆炸)

$3Cl_2+2P\xrightarrow{点燃}2PCl_3$　　$Cl_2+PCl_3\xrightarrow{\triangle}PCl_5$　　$Cl_2+2Na\xrightarrow{\triangle}$2NaCl

$3Cl_2+2Fe\xrightarrow{点燃}2FeCl_3$　　$Cl_2+Cu\xrightarrow{点燃}CuCl_2$

$Cl_2+2FeCl_2$===2$FeCl_3$　(在水溶液中：Cl_2+2Fe^{2+}===2Fe^{3+}+3Cl^-)

$Cl_2+2NaBr$===2NaCl+Br_2　　**$Cl_2+2Br^-=2Cl^-+Br_2$**

Cl_2+2KI===2KCl+I_2　　**$Cl_2+2I^-=2Cl^-+I_2$**

$3Cl_2$(过量)+$2KI+3H_2O$===6HCl+KIO_3

$3Cl_2+I^-+3H_2O=6H^++6Cl^-+IO_3^-$

$5Cl_2+I_2+6H_2O$===2HIO_3+10HCl

$5Cl_2+I_2+6H_2O=10Cl^-+IO_3^-+12H^+$

Cl_2+Na_2S===2NaCl+S↓　　**$Cl_2+S^{2-}=2Cl^-+S$↓**

Cl_2+H_2S===2HCl+S↓　　(水溶液中：**$Cl_2+H_2S=2H^++2Cl^-+S$↓**

$Cl_2+SO_2+2H_2O$===H_2SO_4+2HCl

$Cl_2+SO_2+2H_2O=4H^++SO_4^{2-}+2Cl^-$

$Cl_2+H_2O_2$===2HCl+O_2　　**$Cl_2+H_2O_2=2H^++Cl^-+O_2$**

$2O_2+3Fe\xrightarrow{点燃}Fe_3O_4$　　O_2+K===KO_2

$S+H_2\xrightarrow{\triangle}H_2S$　　$2S+C\xrightarrow{\triangle}CS_2$　　$S+Zn\xrightarrow{\triangle}$ZnS

S+Fe $\xrightarrow{\triangle}$ FeS (既能由单质制取，又能由离子制取)

$S+2Cu\xrightarrow{\triangle}Cu_2S$ (只能由单质制取，不能由离子制取)

$3S+2Al\xrightarrow{\triangle}Al_2S_3$ (只能由单质制取，不能由离子制取)

$N_2+3H_2\underset{高温高压}{\overset{催化剂}{\rightleftharpoons}}2NH_3$　　$N_2+3Mg\xrightarrow{点燃}Mg_3N_2$　　$N_2+3Ca\xrightarrow{\triangle}Ca_3N_2$

$N_2+3Ba\xrightarrow{\triangle}Ba_3N_2$　　$N_2+6Na\xrightarrow{\triangle}2Na_3N$　　$N_2+6K\xrightarrow{\triangle}2K_3N$

$N_2+6Rb\xrightarrow{\triangle}2Rb_3N$　　$N_2+2Al\xrightarrow{高温}2AlN$

$P_4+6H_2\xrightarrow{\triangle}4PH_3$　　$P+3Na\xrightarrow{\triangle}Na_3P$　　$2P+3Zn\xrightarrow{\triangle}Zn_3P_2$

$H_2+2Li\xrightarrow{\triangle}2LiH$

2、还原性

$S+O_2\xrightarrow{点燃}SO_2$　　$S+H_2SO_4(浓)\xrightarrow{\triangle}3SO_2\uparrow+2H_2O$

$S+6HNO_3(浓)\xrightarrow{\triangle}H_2SO_4+6NO_2\uparrow+2H_2O$

$S+4H^++6==6NO_2\uparrow+2H_2O+SO_4^{2-}$

$3S+4HNO_3(稀)\xrightarrow{\triangle}3SO_2+4NO\uparrow+2H_2O$

$3S+4H^++4NO_3^-\xrightarrow{\triangle}3SO_2+4NO\uparrow+2H_2O$

$N_2+O_2\xrightarrow{放电}2NO$

$4P+5O_2\xrightarrow{点燃}P_4O_{10}$(常写成 P_2O_5)

$2P+3X_2\xrightarrow{点燃}2PX_3$（X 表示 F_2，Cl_2，Br_2）　　$PX_3+X_2\xrightarrow{\triangle}PX_5$

$P_4+20HNO_3(浓)\xrightarrow{\triangle}4H_3PO_4+20NO_2\uparrow+4H_2O$

$C+2F_2\xrightarrow{\triangle}CF_4$　　$C+2Cl_2\xrightarrow{\triangle}CCl_4$

$C+O_2(足量)\xrightarrow{点燃}CO_2$　　$2C+O_2(少量)\xrightarrow{点燃}2CO$

$C+CO_2\xrightarrow{\triangle}2CO$　　$C+H_2O\xrightarrow{\triangle}CO+H_2$(生成水煤气)

$2C+SiO_2\xrightarrow{\triangle}Si+2CO$(制得粗硅)

$Si(粗)+2Cl_2\xrightarrow{\triangle}SiCl_4$　　($SiCl_4+2H_2===Si(纯)+4HCl$)

$Si(粉)+O_2\xrightarrow{点燃}SiO_2$　　$Si+C\xrightarrow{高温}SiC$(金刚砂)

$Si+2NaOH+H_2O==Na_2SiO_3+2H_2\uparrow$　　**($Si+2OH^-+H_2O=SiO_3^{2-}+2H_2\uparrow$)**

3、歧化反应

$Cl_2+H_2O==HCl+HClO$（加碱或光照促进歧化：　**($Cl_2+H_2O\rightleftharpoons H^++Cl^-+HClO$**）

$Cl_2+2NaOH==NaCl+NaClO+H_2O$　　**($Cl_2+2OH^-=Cl^-+ClO^-+H_2O$)**

$Cl_2+2Ca(OH)_2==CaCl_2+Ca(ClO)_2+2H_2O$　　**($Cl_2+2OH^-=Cl^-+ClO^-+H_2O$)**

$3Cl_2+6KOH(浓)\xrightarrow{\triangle}5KCl+KClO_3+3H_2O$　　**($3Cl_2+6OH^-\xrightarrow{\triangle}5Cl^-+ClO_3^-+3H_2O$)**

$3S+6NaOH\xrightarrow{\triangle}2Na_2S+Na_2SO_3+3H_2O$　　**($3S+6OH^-\xrightarrow{\triangle}2S^{2-}+SO_3^{2-}+3H_2O$)**

$4P+3KOH(浓)+3H_2O==PH_3\uparrow+3KH_2PO_2$　　**($4P+3OH^-+3H_2O==PH_3\uparrow+3H_2PO_2^-$)**

$11P+15CuSO_4+24H_2O==5Cu_3P+6H_3PO_4+15H_2SO_4$

$3C+CaO\xrightarrow{电弧}CaC_2+CO\uparrow$

$3C+SiO_2\xrightarrow{高温}SiC+2CO\uparrow$

二．金属单质（Na,Mg,Al,Fe,Cu）的还原性

$2Na+H_2\xrightarrow{\triangle}2NaH$　　$4Na+O_2==2Na_2O$　　$2Na_2O+O_2\xrightarrow{\triangle}2Na_2O_2$

$2Na+O_2\xrightarrow{点燃}Na_2O_2$　　$2Na+S==Na_2S$（爆炸）

$2Na+2H_2O==2NaOH+H_2\uparrow$　　$\mathbf{2Na+2H_2O=2Na^++2OH^-+H_2\uparrow}$

$2Na+2NH_3==2NaNH_2+H_2\uparrow$　　$\mathbf{2Na+2NH_3=2Na^++2NH_2^-+H_2\uparrow}$

$4Na+TiCl_4\xrightarrow{熔融}4NaCl+Ti$　　$Mg+Cl_2\xrightarrow{点燃}MgCl_2$　　$Mg+Br_2\xrightarrow{\triangle}MgBr_2$

$2Mg+O_2\xrightarrow{点燃}2MgO$　　$Mg+S\xrightarrow{\triangle}MgS$

$2Cu+S\xrightarrow{\triangle}Cu_2S$　(Cu_2S 只能由单质制备)

$Mg+2H_2O\xrightarrow{\triangle}Mg(OH)_2+H_2\uparrow$

$2Mg+TiCl_4\xrightarrow{熔融}Ti+2MgCl_2$　　$Mg+2RbCl\xrightarrow{熔融}MgCl_2+2Rb$

$2Mg+CO_2\xrightarrow{点燃}2MgO+C$　　$2Mg+SiO_2\xrightarrow{\triangle}2MgO+Si$

$Mg+H_2S==MgS+H_2$

$Mg+H_2SO_4==MgSO_4+H_2\uparrow$　　$\mathbf{(Mg+2H^+=Mg^{2+}+H_2\uparrow)}$

$2Al+3Cl_2\xrightarrow{点燃}2AlCl_3$

$4Al+3O_2===2Al_2O_3$　(常温生成致密氧化膜而钝化，在氧气中燃烧)

$4Al(Hg)+3O_2+2xH_2O===2(Al_2O_3.xH_2O)+4Hg$（铝汞齐）

$4Al+3MnO_2\xrightarrow{高温}2Al_2O_3+3Mn$　　$2Al+Cr_2O_3\xrightarrow{高温}Al_2O_3+2Cr$ (铝热反应)

$2Al+Fe_2O_3\xrightarrow{高温}Al_2O_3+2Fe$　　$2Al+3FeO\xrightarrow{高温}Al_2O_3+3Fe$

$2Al+6HCl===2AlCl_3+3H_2\uparrow$　　$\mathbf{2Al+6H^+=2Al^{3+}+3H_2\uparrow}$

$2Al+3H_2SO_4===Al_2(SO_4)_3+3H_2\uparrow$　　$\mathbf{2Al+6H^+=2Al^{3+}+3H_2\uparrow}$

$2Al+6H_2SO_4(浓)===Al_2(SO_4)_3+3SO_2+6H_2O$　(Al,Fe 在冷,浓的 H_2SO_4,HNO_3 中钝化)

$Al+4HNO_3(稀)===Al(NO_3)_3+NO\uparrow+2H_2O$　　$\mathbf{Al+4H^++NO_3^-=Al^{3+}+NO\uparrow+2H_2O}$

$2Al+2NaOH+2H_2O===2NaAlO_2+3H_2\uparrow$　　$\mathbf{2Al+2OH^-+2H_2O=2AlO_2^-+3H_2\uparrow}$

$2Fe+3Br_2===2FeBr_3$　　$3Fe+2O_2\xrightarrow{点燃}Fe_3O_4$　　$2Fe+O_2\xrightarrow{高温}2FeO$ (炼钢过程)

$Fe+I_2\xrightarrow{\triangle}FeI_2$

$Fe+S\xrightarrow{\triangle}FeS$ (FeS 既能由单质制备，又能由离子制备)

$3Fe+4H_2O(g)\xrightarrow{\triangle}Fe_3O_4+4H_2\uparrow$

$Fe+2HCl===FeCl_2+H_2\uparrow$　　$\mathbf{Fe+2H^+=Fe^{2+}+H_2\uparrow}$

$Fe+CuCl_2===FeCl_2+Cu$　　$\mathbf{Fe+Cu^{2+}=Fe^{2+}+Cu\downarrow}$

$Fe+SnCl_4===FeCl_2+SnCl_2$(铁在酸性环境下,不能把四氯化锡完全还原为单质锡

$Fe+SnCl_2==FeCl_2+Sn\downarrow$　　$\mathbf{Fe+Sn^{2+}=Fe^{2+}+Sn\downarrow}$

三．非金属氢化物(HF,HCl,H_2O,H_2S,NH_3)　金属氢化物(NaH)

1、还原性:

$4HCl(浓)+MnO_2\xrightarrow{\triangle}MnCl_2+Cl_2\uparrow+2H_2O$

$\mathbf{4H^++2Cl^-+MnO_2\xrightarrow{\triangle}Mn^{2+}+Cl_2\uparrow+2H_2O}$

$4HCl(浓)+PbO_2\xrightarrow{\triangle}PbCl_2+Cl_2\uparrow+2H_2O$

$\mathbf{4H^++2Cl^-+PbO_2\xrightarrow{\triangle}Pb^{2+}+Cl_2\uparrow+2H_2O}$

$4HCl(g)+O_2\xrightarrow{\triangle}2Cl_2+2H_2O$

$16HCl+2KMnO_4===2KCl+2MnCl_2+5Cl_2\uparrow+8H_2O$

$\mathbf{16\ H^++10Cl^-+2MnO_4^-=2Mn^{2+}+5Cl_2\uparrow+8H_2O}$

$6HCl+KClO_3==KCl+3Cl_2\uparrow+3H_2O$

$\mathbf{6H^++5Cl^-+ClO_3^-=3Cl_2\uparrow+3H_2O}$

$14HCl+K_2Cr_2O_7===2KCl+2CrCl_3+3Cl_2\uparrow+7H_2O$

$\mathbf{14H^++6Cl^-+Cr_2O_7^{2-}=2Cr^{3+}+5Cl_2\uparrow+7H_2O}$

$2H_2O+2F_2===4HF+O_2$

$2HCl+F_2=2HF+Cl_2$ (F_2 气与 HCl、HBr、HI、H_2S、NH_3 气体不能共存)

$2HBr+Cl_2=2HCl+Br_2$ (Cl_2 气与 HBr、HI、H_2S、NH_3 气体不能共存)

$2H_2S+3O_2(足量)\xrightarrow{点燃}2SO_2+2H_2O$　　$2H_2S+O_2(少量)\xrightarrow{点燃}2S\downarrow+2H_2O$

$2H_2S+SO_2===3S\downarrow+2H_2O$　　$H_2S+H_2SO_4(浓)===S\downarrow+SO_2\uparrow+2H_2O$

$3H_2S+2HNO_3(稀)===3S\downarrow+2NO\uparrow+4H_2O$

$\mathbf{3H_2S+2H^++2NO_3^-=3S\downarrow+2NO\uparrow+4H_2O}$

$5H_2S+2KMnO_4+3H_2SO_4===2MnSO_4+K_2SO_4+5S\downarrow+8H_2O$

$\mathbf{5H_2S+2MnO_4^-+6H^+=2Mn^{2+}+5S\downarrow+8H_2O}$

$3H_2S+K_2Cr_2O_7+4H_2SO_4===Cr_2(SO_4)_3+K_2SO_4+3S\downarrow+7H_2O$

$\mathbf{3H_2S+Cr_2O_7^{2-}+8H^+===2Cr^{3+}+3S\downarrow+7H_2O}$

$H_2S+4Na_2O_2+2H_2O===Na_2SO_4+6NaOH$

$\mathbf{H_2S+4Na_2O_2+2H_2O=8Na^++SO_4^{2-}+OH^-}$

$2NH_3+3CuO\xrightarrow{加热}3Cu+N_2+3H_2O$

$2NH_3+3Cl_2===N_2+6HCl$　　$8NH_3+3Cl_2===N_2+6NH_4Cl$

$NH_3+NaNO_2+HCl==NaCl+N_2\uparrow+2H_2O$

$\mathbf{NH_3+NO_2^-+H^+=N_2\uparrow+2H_2O}$

$4NH_3+3O_2(纯氧)\xrightarrow{点燃}2N_2+6H_2O$　　$4NH_3+5O_2\xrightarrow[\triangle]{催化剂}4NO+6H_2O$

$4NH_3+6NO===5N_2+6H_2O$　(用氨清除 NO)

$NaH+H_2O===NaOH+H_2\uparrow$　　(生氢剂)

$\mathbf{NaH+H_2O=Na^++OH^-+H_2\uparrow}$

$4NaH+TiCl_4\xrightarrow{加热}Ti+4NaCl+2H_2\uparrow$　　$CaH_2+2H_2O=Ca(OH)_2\downarrow+2H_2\uparrow$

2、酸性:

$4HF+SiO_2===SiF_4+2H_2O$（可测定矿样或钢样中 SiO_2 的含量，玻璃雕刻）

$4HF+Si===SiF_4+2H_2\uparrow$

$2HF+CaCl_2===CaF_2+2HCl$　　$H_2S+Fe===FeS\downarrow+H_2\uparrow$

$H_2S+CuCl_2===CuS\downarrow+2HCl$ (弱酸制强酸的典型反应)

$\mathbf{H_2S+Cu^{2+}=CuS\downarrow+2H^+}$

$H_2S+2AgNO_3===Ag_2S\downarrow+2HNO_3$

$H_2S+2Ag^+=Ag_2S\downarrow+2H^+$

$H_2S+HgCl_2===HgS\downarrow+2HCl$

$H_2S+Hg^{2+}=HgS\downarrow+2H^+$

$H_2S+Pb(NO_3)_2===PbS\downarrow+2HNO_3$ (铅试纸检验空气中 H_2S)

$H_2S+Pb^{2+}=PbS\downarrow+2H^+$

$H_2S+2Ag===Ag_2S+H_2\uparrow$（银器在空气中变黑的原因）

$2NH_3$(液)$+2Na==2NaNH_2+H_2\uparrow$　　($NaNH_2+H_2O===NaOH+NH_3\uparrow$)

3、NH_3 的碱性：

$NH_3+HX===NH_4X$ (X：F、Cl、Br、I、S)

$NH_3+HNO_3===NH_4NO_3$　　**$NH_3+H^+=NH_4^+$**

$2NH_3+H_2SO_4===(NH_4)_2SO_4$　　**$NH_3+H^+=NH_4^+$**

$NH_3+NaCl+H_2O+CO_2===NaHCO_3+NH_4Cl$（侯德榜制碱：用于工业制备小苏打，苏打）

$NH_3+H_2S==NH_4HS$　　**$NH_3+H_2S=NH_4^++HS^-$**

4、不稳定性：

$2HF\xlongequal{高温}H_2+F_2$　　$2HCl\xlongequal{高温}H_2+Cl_2$　　$2H_2O\xlongequal{高温}2H_2+O_2$

$2H_2O_2===2H_2O+O_2$　　$H_2S\xlongequal{加热}H_2+S$　　$2NH_3\underset{}{\overset{催化剂}{\rightleftharpoons}}N_2+3H_2$

$2HI\overset{\triangle}{\rightleftharpoons}H_2+I_2$

四．非金属氧化物(SO_3、SO_2、N_2O、NO、N_2O_3、NO_2、N_2O_4、N_2O_5、CO、CO_2、SiO_2、P_2O_3、P_2O_5、Cl_2O、Cl_2O_3、Cl_2O_5、Cl_2O_7、ClO_2)

1、低价态的还原性：(SO_2、CO、NO)

$2SO_2+O_2+2H_2O===2H_2SO_4$（这是 SO_2 在大气中缓慢发生的环境化学反应）

$2SO_2+O_2\underset{加热}{\overset{催化剂}{\rightleftharpoons}}2SO_3$　　$SO_2+NO_2===SO_3+NO$

$SO_2+Cl_2+2H_2O===H_2SO_4+2HCl$　　**$Cl_2+SO_2+2H_2O=4H^++SO_4^{2-}+2Cl^-$**

$SO_2+Br_2+2H_2O===H_2SO_4+2HBr$　　**$Br_2+SO_2+2H_2O=4H^++SO_4^{2-}+2Br^-$**

$SO_2+I_2+2H_2O===H_2SO_4+2HI$　　**$I_2+SO_2+2H_2O=4H^++SO_4^{2-}+2I^-$**

$2NO+O_2===2NO_2$

$NO+NO_2+2NaOH===2NaNO_2$（用于制硝酸工业中吸收尾气中的 NO 和 NO_2）

$NO+NO_2+2OH^-=2NO_2^-$

$2CO+O_2\xlongequal{点燃}2CO_2$　　$CO+CuO\xlongequal{加热}Cu+CO_2$

$3CO+Fe_2O_3\xlongequal{加热}2Fe+3CO_2$　　$CO+H_2O\underset{加热}{\overset{催化剂}{\rightleftharpoons}}CO_2+H_2$

2、氧化性：

$SO_2+2H_2S===3S+2H_2O$

$SO_3+2KI\xlongequal{加热}K_2SO_3+I_2$

$NO_2+2KI+H_2O===NO+I_2+2KOH$（不能用淀粉 KI 溶液鉴别溴蒸气和 NO_2）

$4NO_2+H_2S===4NO+SO_3+H_2O$

$2NO_2+Cu\xrightarrow{加热}4CuO+N_2$　　$N_2O+Zn\xrightarrow{加热}ZnO+N_2$

$CO_2+2Mg\xrightarrow{点燃}2MgO+C$　(CO_2 不能用于扑灭由 Mg,Ca,Ba,Na,K 等燃烧的火灾)

$SiO_2+2H_2\xrightarrow{加热}Si+2H_2O$　　$SiO_2+2Mg\xrightarrow{加热}2MgO+Si$

3、与水的作用:

$SO_2+H_2O===H_2SO_3$

$SO_3+H_2O===H_2SO_4$　　$\mathbf{SO_3+H_2O=2H^++SO_4^{2-}}$

$3NO_2+H_2O===2HNO_3+NO$ (NO_2 不是硝酸的酸酐)

$N_2O_5+H_2O===2HNO_3$　　$\mathbf{N_2O_5+H_2O=2H^++2NO_3^-}$

$P_2O_5+H_2O$(冷水)$===2HPO_3$

$P_2O_5+3H_2O$(热水)$===2H_3PO_4$　(P_2O5 极易吸水,可作气体干燥剂)

$P_2O_5+3H_2SO_4$(浓)$===2H_3PO_4+3SO_3$

$CO_2+H_2O===H_2CO_3$

$Cl_2O+H_2O==2HClO$

$Cl_2O_7+H_2O==2HClO_4$　　$\mathbf{Cl_2O_7+H_2O=2H^++2ClO_4^-}$

4、与碱性物质的作用:

$SO_2+2NH_3+H_2O===(NH_4)_2SO_3$

$SO_2+(NH_4)_2SO_3+H_2O===2NH_4HSO_3$

$2NH_4HSO_3+H_2SO_4===(NH_4)_2SO_4+2H_2O+2SO_2\uparrow$(硫酸工业尾气处理)

$SO_2+Ca(OH)_2===CaSO_3\downarrow+H_2O$　(不能用澄清石灰水鉴别 SO_2 和 CO_2.可用品红鉴别)

$SO_3+MgO===MgSO_4$

$SO_3+Ca(OH)_2===CaSO_4\downarrow+H_2O$

$CO_2+NH_3+H_2O===NH_4HCO_3$

CO_2+2NH_3(过量)$+H_2O===(NH_4)_2CO_3$　　$(NH_4)_2CO_3\xrightarrow{催化剂}(NH_2)_2CO+2H_2O$

$CO_2+2NH_3\xrightarrow{催化剂}(NH_2)_2CO+H_2O$　(工业制取尿素)

$CO_2+2NaOH$(过量)$==Na_2CO_3+H_2O$　　$\mathbf{2OH^-+CO_2=CO_3^{2-}+H_2O}$

CO_2(过量)$+NaOH==NaHCO_3$　　$\mathbf{OH^-+CO_2=HCO_3^-}$

$CO_2+Ca(OH)_2$(过量)$==CaCO_3+H_2O$　　$\mathbf{Ca^{2+}+2OH^-+CO_2=CaCO_3\downarrow+H_2O}$

$2CO_2$(过量)$+Ca(OH)_2==Ca(HCO_3)_2$　　$\mathbf{OH^-+CO_2=HCO_3^-}$

$CO_2+CaCO_3+H_2O==Ca(HCO_3)_2$　　$\mathbf{CO_2+CaCO_3+H_2O=Ca^{2+}+2HCO_3^-}$

CO_2(不足)$+2NaAlO_2+3H_2O===2Al(OH)_3\downarrow+Na_2CO_3$

$\mathbf{CO_2+3H_2O+AlO_2^-=Al(OH)_3\downarrow+CO_3^{2-}}$

CO_2(足)$+NaAlO_2+2H_2O===Al(OH)_3\downarrow+NaHCO_3$

$\mathbf{CO_2+2H_2O+AlO_2^-=Al(OH)_3\downarrow+HCO_3^-}$

$CO_2+C_6H_5ONa+H_2O===C_6H_5OH\downarrow+NaHCO_3$

$\mathbf{CO_2+C_6H_5O^-+H_2O=C_6H_5OH\downarrow+HCO_3^-}$

$SiO_2+CaO\xrightarrow{高温}CaSiO_3$ (炼钢造渣)

$SiO_2+2NaOH===Na_2SiO_3+H_2O$(常温下强碱缓慢腐蚀玻璃)

$SiO_2+Na_2CO_3 \xrightarrow{高温} Na_2SiO_3+CO_2$ (制取玻璃)

$SiO_2+CaCO_3 \xrightarrow{高温} CaSiO_3+CO_2$ (制取玻璃)

$2NO_2+2NaOH==NaNO_2+NaNO_3+H_2O$

$2NO_2+2OH^-=NO_3^-+NO_2^-+H_2O$

$NO+NO_2+2NaOH==2NaNO_2+H_2O$ (制取硝酸工业尾气吸收)

$NO+NO_2+2OH^-=2NO_3^-+H_2O$

五．金属氧化物

1、低价态的还原性:

$6FeO+O_2===2Fe_3O_4$

$FeO+4HNO_3===Fe(NO_3)_3+NO_2+2H_2O$

$FeO+4H^++NO_3^-=Fe^{3+}+NO_2\uparrow+2H_2O$

2、氧化性:

$Na_2O_2+2Na \xrightarrow{\triangle} 2Na_2O$（此反应用于制备 Na_2O）

MgO，Al_2O_3 几乎没有氧化性，很难被还原为 Mg，Al.一般通过电解制 Mg 和 Al.

$Fe_2O_3+3H_2 \xrightarrow{\triangle} 2Fe+3H_2O$(制还原铁粉)

$Fe_3O_4+4H_2 \xrightarrow{\triangle} 3Fe+4H_2O$ $CuO+H_2 \xrightarrow{\triangle} Cu+H_2O$

$2Fe_3O_4+16HI==6FeI_2+8H_2O+2I_2$

$2Fe_3O_4+16H^++4I^-=6Fe^{2+}+8H_2O+2I_2$

$Fe_2O_3+Fe \xrightarrow{高温} 3FeO$ (炼钢过程中加入废钢作氧化剂)

$FeO+C \xrightarrow{高温} Fe+CO$ (高温炼钢调节 C 含量)

$2FeO+Si \xrightarrow{高温} 2Fe+SiO_2$ (高温炼钢调节 Si 含量)

3、与水的作用:

$Na_2O+H_2O==2NaOH$

$Na_2O+H_2O=2Na^++2OH^-$

$2Na_2O_2+2H_2O===4NaOH+O_2\uparrow$

$2Na_2O_2+2H_2O=4Na^++4OH^-+O_2\uparrow$

(此反应分两步:$Na_2O_2+2H_2O===2NaOH+H_2O_2$;$2H_2O_2===2H_2O+O_2$ H_2O_2 的制备可利用类似的反应:$BaO_2+H_2SO_4$(稀)$===BaSO_4+H_2O_2$)

$MgO+H_2O===Mg(OH)_2$(缓慢反应)

4、与酸性物质的作用:

$Na_2O+SO_3==Na_2SO_4$ $Na_2O+CO_2==Na_2CO_3$ $MgO+SO_3===MgSO_4$

$Na_2O+2HCl==2NaCl+H_2O$

$Na_2O+2H^+=2Na^++H_2O$

$2Na_2O_2+2CO_2==2Na_2CO_3+O_2\uparrow$

$Na_2O_2+H_2SO_4$(冷,稀)$===Na_2SO_4+H_2O_2$

$MgO+H_2SO_4===MgSO_4+H_2O$

$MgO+2H^+=Mg^{2+}+H_2O$

$Al_2O_3+3H_2SO_4===Al_2(SO_4)_3+3H_2O$

$Al_2O_3+6H^+=2Al^{3+}+3H_2O$

$Al_2O_3+2NaOH===2NaAlO_2+H_2O$　　(Al_2O_3两性氧化物)

$Al_2O_3+2OH^-=2AlO_2^-+H_2O$

$FeO+2HCl===FeCl_2+H_2O$

$FeO+2H^+=Fe^{2+}+H_2O$

$Fe_2O_3+6HCl===2FeCl_3+3H_2O$

$Fe_2O_3+6H^+=2Fe^{3+}+3H_2O$

$Fe_3O_4+8HCl===FeCl_2+2FeCl_3+4H_2O$

$Fe_3O_4+8H^+=2Fe^{3+}+Fe^{2+}+4H_2O$

六．含氧酸

1、氧化性:

$4HClO_3+3H_2S===3H_2SO_4+4HCl$

$ClO_3^-+3H_2S=6H^++SO_4^{2-}+Cl^-$

$HClO_3+HI===HIO_3+HCl$

$ClO_3^-+I^-=IO_3^-+Cl^-$

$3HClO+HI===HIO_3+3HCl$

$3HClO+I^-=IO_3^-+3H^++Cl^-$

$HClO+H_2SO_3===H_2SO_4+HCl$

$HClO+H_2SO_3=3H^++SO_4^{2-}+Cl^-$

$HClO+H_2O_2===HCl+H_2O+O_2\uparrow$

$HClO+H_2O_2=H^++Cl^-+H_2O+O_2\uparrow$

(氧化性:$HClO>HClO_2>HClO_3>HClO_4$,但浓,热的$HClO_4$氧化性很强)

$2H_2SO_4(浓)+C\xrightarrow{\triangle}CO_2\uparrow+2SO_2\uparrow+2H_2O$

$2H_2SO_4(浓)+S\xrightarrow{\triangle}3SO_2\uparrow+2H_2O$

$H_2SO_4+Fe(Al)$室温下钝化　　$6H_2SO_4(浓)+2Fe\xrightarrow{\triangle}Fe_2(SO_4)_3+3SO_2\uparrow+6H_2O$

$2H_2SO_4(浓)+Cu\xrightarrow{\triangle}CuSO_4+SO_2\uparrow+2H_2O$

$H_2SO_4(浓)+2HBr===SO_2\uparrow+Br_2+2H_2O$　　(不能用浓硫酸与 NaBr 制取 HBr)

$H_2SO_4(浓)+2HI===SO_2\uparrow+I_2+2H_2O$　　(不能用浓硫酸与 NaI 制取 HI)

$H_2SO_4(稀)+Fe===FeSO_4+H_2\uparrow$

$2H^++Fe=Fe^{2+}+H_2\uparrow$

$H_2SO_3+2H_2S===3S\downarrow+3H_2O$

$4HNO_3(浓)+C\xrightarrow{\triangle}CO_2\uparrow+4NO_2\uparrow+2H_2O$

$6HNO_3(浓)+S\xrightarrow{\triangle}H_2SO_4+6NO_2\uparrow+2H_2O$

$5HNO_3(浓)+P\xrightarrow{\triangle}H_3PO_4+5NO_2\uparrow+H_2O$

$5HNO_3(稀)+3P+2H_2O\xrightarrow{\triangle}3H_3PO_4+5NO\uparrow$

$5H^++5NO_3^-+3P+2H_2O\xrightarrow{\triangle}3H_3PO_4+5NO\uparrow$

$6HNO_3(浓足)+Fe===Fe(NO_3)_3+3NO_2\uparrow+3H_2O$

$4HNO_3(浓)+Fe(足)===Fe(NO_3)_2+NO_2\uparrow+2H_2O$(先得$Fe^{3+}$,在 Fe 过量时再生成$Fe^{2+}$的盐)

$4HNO_3(稀足)+Fe===Fe(NO_3)_3+NO\uparrow+2H_2O$

$4H^++NO_3^-+Fe=Fe^{3+}+NO\uparrow+2H_2O$

$30HNO_3+8Fe===8Fe(NO_3)_3+3N_2O\uparrow+15H_2O$

$30H^++6NO_3^-+8Fe=8Fe^{3+}+3N_2O\uparrow+15H_2O$

$36HNO_3+10Fe===10Fe(NO_3)_3+3N_2\uparrow+18H_2O$

$36H^+ + 6NO_3^- + 10Fe = 8Fe^{3+} + 3N_2\uparrow + 18H_2O$

$30HNO_3 + 8Fe = 8Fe(NO_3)_3 + 3NH_4NO_3 + 9H_2O$

$30H^+ + 3NO_3^- + 8Fe = 8Fe^{3+} + 3NH_4^+ + 9H_2O$

$4Zn + 10HNO_3(稀) = 4Zn(NO_3)_2 + N_2O\uparrow + 5H_2O$

$4Zn + 10H^+ + 2NO_3^- = 4Zn^{2+} + N_2O\uparrow + 5H_2O$

$4Zn + 10HNO_3(稀) = 4Zn(NO_3)_2 + NH_4NO_3 + 3H_2O$

$4Zn + 10H^+ + NO_3^- = 4Zn^{2+} + NH_4^+ + 5H_2O$

2、还原性:

$H_2SO_3 + X_2 + H_2O = H_2SO_4 + 2HX$ (X 表示 Cl_2, Br_2, I_2)

$H_2SO_3 + X_2 + H_2O = 4H^+ + SO_4^{2-} + X^-$

$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$

$2H_2SO_3 + O_2 = 4H^+ + SO_4^{2-}$

$H_2SO_3 + H_2O_2 = H_2SO_4 + H_2O$

$H_2SO_3 + H_2O_2 = 2H^+ + SO_4^{2-} + H_2O$

$5H_2SO_3 + 2KMnO_4 = 2MnSO_4 + K_2SO_4 + 2H_2SO_4 + 3H_2O$

$5H_2SO_3 + 2MnO_4^- = 2Mn^{2+} + 4H^+ + 3SO_4^{2-} + 3H_2O$

$H_2SO_3 + 2FeCl_3 + H_2O = H_2SO_4 + 2FeCl_2 + 2HCl$

$H_2SO_3 + 2Fe^{3+} + H_2O = 4H^+ + 2Fe^{2+} + SO_4^{2-}$

3、酸性:

$H_2SO_4(浓) + CaF_2 \xrightarrow{\triangle} CaSO_4 + 2HF\uparrow$ (不挥发性酸制取挥发性酸)

$H_2SO_4(浓) + NaCl \xrightarrow{\triangle} NaHSO_4 + HCl\uparrow$ (不挥发性酸制取挥发性酸)

$H_2SO_4(浓) + 2NaCl \xrightarrow{\triangle} Na_2SO_4 + 2HCl\uparrow$ (不挥发性酸制取挥发性酸)

$H_2SO_4(浓) + NaNO_3 \xrightarrow{\triangle} NaHSO_4 + HNO_3\uparrow$ (不挥发性酸制取挥发性酸)

$3H_2SO_4(浓) + Ca_3(PO_4)_2 \xrightarrow{\triangle} 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$ (强酸制弱酸酸)

$2H_2SO_4(浓) + Ca_3(PO_4)_2 \xrightarrow{\triangle} 2CaSO_4 + Ca(H_2PO_4)_2$ (工业制磷肥)

$3HNO_3 + Ag_3PO_4 = H_3PO_4 + 3AgNO_3$

$3H^+ + Ag_3PO_4 = H_3PO_4 + 3Ag^+$

$2HNO_3 + CaCO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O + CO_2\uparrow$

$2H^+ + CaCO_3 = Ca^{2+} + H_2O + CO_2\uparrow$

（用 HNO_3 和浓 H_2SO_4 不能制备 H_2S，HI，HBr， SO_2 等还原性气体）

$4H_3PO_4 + Ca_3(PO_4)_2 \xrightarrow{\triangle} 3Ca(H_2PO_4)_2$ （重钙）

$H_3PO_4(浓) + NaBr \xrightarrow{\triangle} NaH_2PO_4 + HBr\uparrow$ (不挥发性酸制取挥发性酸,磷酸是非氧化性酸)

H_3PO_4（浓）$+ NaI \xrightarrow{\triangle} NaH_2PO_4 + HI\uparrow$

4、不稳定性：

$2HClO \xrightarrow{光照} 2HCl + O_2\uparrow$（保存在棕色瓶中）

$4HNO_3 \xrightarrow{光照} 4NO_2\uparrow + O_2\uparrow + 2H_2O$（保存在棕色瓶中）

$H_2SO_3 \xrightarrow{\triangle} H_2O + SO_2\uparrow$ (在加热或酸性条件下分解)

$H_2CO_3 \xrightarrow{\triangle} H_2O + CO_2\uparrow$ (在加热或酸性条件下分解)

$H_4SiO_4 \xrightarrow{\triangle} H_2SiO_3 + H_2O$ $H_2SiO_3 \xrightarrow{\triangle} SiO_2\downarrow + H_2O$

$H_2S_2O_3 \xrightarrow{\triangle} H_2O + S\downarrow + SO_2\uparrow$ (在加热或酸性条件下分解)

七．碱

1、低价态的还原性：

$4Fe(OH)_2+O_2+2H_2O===4Fe(OH)_3$

2、与酸性物质的作用：

$2NaOH+SO_2(少量)==Na_2SO_3+H_2O$

$OH^-+SO_2=SO_3^{2-}+H_2O$

$NaOH+SO_2(足)==NaHSO_3$

$OH^-+SO_2(足)=HSO_3^-$

$2NaOH+SiO_2==Na_2SiO_3+H_2O$

$OH^-+SiO_2=SiO_3^{2-}+H_2O$

$2NaOH+Al_2O_3==2NaAlO_2+H_2O$

$2OH^-+Al_2O_3=2AlO_2^-+H_2O$

$2KOH+Cl_2==KCl+KClO+H_2O$

$Cl_2+2OH^-=Cl^-+ClO^-+H_2O$

$NaOH+HCl==NaCl+H_2O$

$H^++OH^-=H_2O$

$NaOH+H_2S(足)==NaHS+H_2O$

$OH^-+H_2S=HS^-+H_2O$

$2NaOH+H_2S(少量)==Na_2S+2H_2O$

$2OH^-+H_2S=S^{2-}+2H_2O$

$3NaOH+AlCl_3==Al(OH)_3\downarrow+3NaCl$

$3OH^-+Al^{3+}=Al(OH)_3\downarrow$

$NaOH+Al(OH)_3==NaAlO_2+2H_2O$　　（$AlCl_3$ 和 $Al(OH)_3$ 哪个酸性强？）

$OH^-+Al(OH)_3=AlO_2^-+2H_2O$

$Ca(OH)_2+2NH_4Cl\xlongequal{\triangle}2CaCl_2+2NH_3\uparrow+2H_2O$ (实验室制 NH_3)

$NaOH+NH_4Cl\xlongequal{\triangle}NaCl+NH_3\uparrow+H_2O$

$Mg(OH)_2+2NH_4Cl==MgCl_2+2NH_3\cdot H_2O$　　($Al(OH)_3+NH_4Cl$ 不溶解)

$Ba(OH)_2+H_2SO_4==BaSO_4\downarrow+2H_2O$

$2H^++2OH^-+Ba^{2+}+SO_4^{2-}=BaSO_4\downarrow 2H_2O$

3、不稳定性:

$Mg(OH)_2\xlongequal{\triangle}MgO+H_2O$　　$2Al(OH)_3\xlongequal{\triangle}Al_2O_3+3H_2O$

$2Fe(OH)_3\xlongequal{\triangle}Fe_2O_3+3H_2O$　　$Cu(OH)_2\xlongequal{\triangle}CuO+H_2O$　　$2AgOH==Ag_2O+H_2O$

八．盐

1、氧化性：(在水溶液中)

$2FeCl_3+Fe==3FeCl_2$　　**$2Fe^{3+}+Fe=3Fe^{2+}$**

$2FeCl_3+Cu===2FeCl_2+CuCl_2$ (用于雕刻铜线路版)　　**$2Fe^{3+}+Cu=2Fe^{2+}+Cu^{2+}$**

$2FeCl_3+Zn(少量)===2FeCl_2+ZnCl_2$　　**$2Fe^{3+}+Zn=2Fe^{2+}+Zn^{2+}$**

$FeCl_3+Ag===FeCl_2+AgCl\downarrow$　　**$2Fe^{3+}+Cl^-+2Ag=2Fe^{2+}+2AgCl\downarrow$**

$Fe_2(SO_4)_3+2Ag===FeSO_4+Ag_2SO_4\downarrow$ (较难反应) $Fe(NO_3)_3+Ag$ 不反应

$2FeCl_3+H_2S===2FeCl_2+2HCl+S\downarrow$　　**$2Fe^{3+}+H_2S=2Fe^{2+}+2H^++S\downarrow$**

$2FeCl_3+2KI===2FeCl_2+2KCl+I_2$　　**$2Fe^{3+}+2I^-=2Fe^{2+}+I_2$**

$FeCl_2+Mg===Fe+MgCl_2$　　**$Fe^{2+}+Mg=Fe+Mg^{2+}$**

$NaNO_2+NH_4Cl==NaCl+N_2\uparrow+2H_2O$ (实验室制氮气) **$NH_4^++NO_2^-=N_2\uparrow+2H_2O$**

2、还原性：

$2FeCl_2+3Cl_2===2FeCl_3$ (在水溶液中不需加热)

$2Fe^{2+}+3Cl_2=2Fe^{3+}+6Cl^-$

$3Na_2S+8HNO_3$(稀)$===6NaNO_3+2NO\uparrow+3S+4H_2O$

$3S^{2-}+8H^++2NO_3^-=2NO\uparrow+3S+4H_2O$

$3Na_2SO_3+2HNO_3$(稀)$===3Na_2SO_4+2NO\uparrow+H_2O$

$3SO_3^{2-}+2H^++2NO_3^-=3SO_4^{2-}+2NO\uparrow+H_2O$

$2Na_2SO_3+O_2===2Na_2SO_4$ (Na_2SO_3 在空气中易变质)

$Na_2SO_3+S\xlongequal{\triangle}Na_2S_2O_3$

$Na_2S+Cl_2==2NaCl+S\downarrow$ (在水溶液中) **$S^{2-}+Cl_2=2Cl^-+S\downarrow$**

3、与碱性物质的作用：

$Ca(OH)_2+CuSO_4==Cu(OH)_2\downarrow+CaSO_4\downarrow$ （波尔多液）

$MgCl_2+2NH_3\cdot H_2O===Mg(OH)_2\downarrow+2NH_4Cl$

$Mg^{2+}+2NH_3\cdot H_2O=Mg(OH)_2\downarrow+2NH_4^+$

$AlCl_3+3NH_3\cdot H_2O===Al(OH)_3\downarrow+3NH_4Cl$

$Al^{3+}+3NH_3\cdot H_2O=Al(OH)_2\downarrow+3NH_4^+$

$FeCl_3+3NH_3\cdot H_2O===Fe(OH)_3\downarrow+3NH_4Cl$

$Fe^{3+}+3NH_3\cdot H_2O=Fe(OH)_3\downarrow+3NH_4^+$

$CuSO_4+2NH_3\cdot H_2O$(不足)$==Cu(OH)_2\downarrow+(NH_4)_2SO_4$

$Cu^{2+}+2NH_3\cdot H_2O=Cu(OH)_2\downarrow+2NH_4^+$

$Cu(OH)_2+4NH_3\cdot H_2O=Cu(NH_3)_4(OH)_2+4H_2O$

$Cu(OH)_2+4NH_3\cdot H_2O=[Cu(NH_3)_4]^{2+}+2OH^-+4H_2O$ 铜氨溶液

$CuSO_4+4NH_3\cdot H_2O$(足)$==Cu(NH_3)_4SO_4+4H_2O$ 总方程式

$Cu^{2+}+4NH_3\cdot H_2O=[Cu(NH_3)_4]^{2+}+4H_2O$ 铜氨溶液

$AgNO_3+NH_3\cdot H_2O==AgOH\downarrow+NH_4NO_3$ $2AgOH=Ag_2O$(灰黑色)$+H_2O$

$Ag_2O+4NH_3\cdot H_2O=2[Ag(NH_3)_2]^++2OH^-+3H_2O$ 银氨溶液

$AgNO_3+2NH_3\cdot H_2O==Ag(NH_3)_2NO_3+2H_2O$

$Ag^++2NH_3\cdot H_2O=[Ag(NH_3)_2]^++2H_2O$ 总方程式

$ZnSO_4+2NH_3\cdot H_2O$(不足)$==Zn(OH)_2\downarrow+(NH_4)_2SO_4$

$Zn^{2+}+2NH_3\cdot H_2O=Zn(OH)_2\downarrow+2NH_4^+$

$Zn(OH)_2+4NH_3\cdot H_2O=Zn(NH_3)_4(OH)_2+4H_2O$

$ZnSO_4+4NH_3\cdot H_2O$(足)$==Zn(NH_3)_4SO_4+4H_2O$

$Zn^{2+}+4NH_3\cdot H_2O=[Zn(NH_3)_4]^{2+}+4H_2O$ 总方程式

4、与酸性物质的作用：强酸制弱酸，或不挥发性酸制挥发性酸

$Na_3PO_4+2HCl===Na_2HPO_4+2NaCl$ **$PO_4^{3-}+2H^+=H_2PO_4^-$**

$Na_2HPO_4+HCl===NaH_2PO_4+NaCl$ **$HPO_4^{2-}+H^+=H_2PO_4^-$**

$NaH_2PO_4+HCl===H_3PO_4+NaCl$ **$H_2PO_4^-+H^+=H_3PO_4$**

$Na_2CO_3+HCl===NaHCO_3+NaCl$ **$CO_3^{2-}+H^+=HCO_3^-$**

$NaHCO_3+HCl===NaCl+H_2O+CO_2\uparrow$ **$HCO_3^-+H^+=CO_2\uparrow+H_2O$**

$3Na_2CO_3+2AlCl_3+3H_2O==2Al(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow+6NaCl$ (物质之间的双水解反应)

$3CO_3^{2-}+2Al^{3+}+3H_2O=2Al(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow$

$3Na_2CO_3+2FeCl_3+3H_2O===2Fe(OH)_3\downarrow+3CO_2+6NaCl$ (物质之间的双水解反应)

$3CO_3^{2-}+2Fe^{3+}+3H_2O=2Fe(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow$

$3NaHCO_3+AlCl_3===Al(OH)_3\downarrow+3CO_2\uparrow$ (物质之间的双水解反应)

$3HCO_3^- + Al^{3+} = 2Al(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow$

$3NaHCO_3 + FeCl_3 = = = Fe(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow$ (物质之间的双水解反应)

$3HCO_3^- + Fe^{3+} = 2Fe(OH)_3\downarrow + 3CO_2\uparrow$

$3Na_2S + Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O = = = 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$ (物质之间的双水解反应)

$3S^{2-} + 2Al^{3+} + 3H_2O = 2Al(OH)_3\downarrow + 3H_2S\uparrow$

$3NaAlO_2 + AlCl_3 + 6H_2O = = 4Al(OH)_3\downarrow + 3NaCl$ (物质之间的双水解反应)

$3AlO_2^- + Al^{3+} + 6H_2O = 4Al(OH)_3\downarrow$

$3NaAlO_2 + FeCl_3 + 6H_2O = = 3Al(OH)_3\downarrow + Fe(OH)_3\downarrow + 3NaCl$

$3AlO_2^- + Fe^{3+} + 6H_2O = 3Al(OH)_3\downarrow + Fe(OH)_3\downarrow$

$NaAlO_2 + NH_4Cl + 2H_2O = = Al(OH)_3\downarrow + NH_3\cdot H_2O + NaCl$

$AlO_2^- + NH_4^+ + 2H_2O = Al(OH)_3\downarrow + NH_3\cdot H_2O$

$Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 = = = 2NaHCO_3$

$CO_3^{2-} + H_2O + CO_2 = 2HCO_3^-$

$Na_2CO_3 + H_2O + 2SO_2 = = 2NaHSO_3 + CO_2\uparrow$ (1:2)

$CO_3^{2-} + H_2O + 2SO_2 = 2HSO_3^- + CO_2\uparrow$

$2Na_2CO_3$(足)$+ H_2O + SO_2 = = Na_2SO_3 + 2NaHCO_3$ (CO_2 中的 SO_2 不能用 Na_2CO_3 洗气)

$2CO_3^{2-} + H_2O + SO_2 = SO_3^{2-} + 2HCO_3^-$ (2:1)

$Na_2CO_3 + SO_2 = = Na_2SO_3 + CO_2$ (1:1)

$CO_3^{2-} + SO_2 = SO_3^{2-} + CO_2$

$NaHCO_3 + SO_2 = = = NaHSO_3 + CO_2$ (CO_2 中的 SO_2 可能用 $NaHCO_3$ 洗气)

$2HCO_3^- + SO_2 = 2HSO_3^- + CO_2$

$2NaHCO_3 + SO_2 = = Na_2SO_3 + 2CO_2 + H_2O$

$2HCO_3^- + SO_2 = SO_3^{2-} + 2CO_2 + H_2O$

$Na_2SiO_3 + 2HCl = = = H_2SiO_3\downarrow + NaCl$ 或 $Na_2SiO_3 + 2HCl + H_2O = = = H_4SiO_4\downarrow + 2NaCl$

$SiO_3^{2-} + 2H^+ = H_2SiO_3\downarrow$ 或 **$SiO_3^{2-} + 2H^+ + H_2O = H_4SiO_4\downarrow$**

$Na_2SiO_3 + CO_2 + 2H_2O = = = H_2SiO_3\downarrow + Na_2CO_3$

$SiO_3^{2-} + CO_2 + 2H_2O = H_4SiO_4\downarrow + CO_3^{2-}$

5、盐与盐复分解反应

$Na_2SO_4 + BaCl_2 = = BaSO_4\downarrow + 2NaCl$(沉淀不溶于盐酸、硝酸)

$SO_3^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_4\downarrow$

$Na_2SO_3 + BaCl_2 = = BaSO_3\downarrow + 2NaCl$ (沉淀溶于盐酸,在硝酸中生成新的沉淀,沉淀不消失)

$SO_3^{2-} + Ba^{2+} = BaSO_3\downarrow$

$Na_2CO_3 + BaCl_2 = = BaCO_3\downarrow + 2NaCl$(沉淀溶于盐酸、沉淀消失)

$CO_3^{2-} + Ba^{2+} = BaCO_3\downarrow$

$Na_2CO_3 + CaCl_2 = = CaCO_3\downarrow + 2NaCl$ ($NaHCO_3$ 不反应)

$CO_3^{2-} + Ca^{2+} = CaCO_3\downarrow$

$AgNO_3 + NaCl = = AgCl\downarrow + NaNO_3$ **$Ag^+ + Cl^- = AgCl\downarrow$**

$AgNO_3 + NaBr = = AgBr\downarrow + NaNO_3$ **$Ag^+ + Br^- = AgBr\downarrow$**

$AgNO_3 + KI = = AgCl\downarrow + KNO_3$ **$Ag^+ + I^- = AgI\downarrow$**

$3AgNO_3 + Na_3PO_4 = = Ag_3PO_4\downarrow + 3NaNO_3$ **$3Ag^+ + PO_4^{3-} = Ag_3PO_4\downarrow$**

$CuSO_4 + Na_2S = = CuS\downarrow + Na_2SO_4$ **$Cu^{2+} + S^{2-} = CuS\downarrow$**

$FeCl_3 + 3KSCN = = Fe(SCN)_3 + 3KCl$

$Fe^{3+} + 3SCN^- = Fe(SCN)_3$ (血红色，用于 Fe^{3+} 的特性检验)

6、不稳定性:

$Na_2S_2O_3+H_2SO_4===Na_2SO_4+S\downarrow+SO_2\uparrow+H_2O$

$S_2O_3^{2-}+2H^+=S\downarrow+SO_2\uparrow+H_2O$

$NH_4Cl\xlongequal{\triangle}NH_3\uparrow+HCl\uparrow$

$NH_4I\xlongequal{\triangle}NH_3\uparrow+HI\uparrow$　　$2HI\rightleftharpoons H_2+I_2$

$NH_4I\xlongequal{\triangle}NH_3\uparrow+H_2\uparrow+I_2\uparrow$

$NH_4HCO_3\xlongequal{\triangle}NH_3\uparrow+H_2O+CO_2\uparrow$

$2KNO_3\xlongequal{\triangle}2KNO_2+O_2\uparrow$

$2Cu(NO_3)_3\xlongequal{\triangle}2CuO+4NO_2\uparrow+O_2\uparrow$

$2AgNO_3\xlongequal{光照}2Ag+2NO_2\uparrow+O_2\uparrow$（保存在棕色瓶中）

$5NH_4NO_3\xlongequal{\triangle}4N_2\uparrow+2HNO_3+9H_2O$

$10NH_4NO_3\xlongequal{\triangle}8N_2\uparrow+4NO_2\uparrow+O_2\uparrow+20H_2O\uparrow$(硝酸铵爆炸反应)

$2KMnO_4\xlongequal{\triangle}K_2MnO_4+MnO_2+O_2\uparrow$

$2KClO_3\xlongequal{\triangle}2KCl+3O_2\uparrow$

$2NaHCO_3\xlongequal{\triangle}Na_2CO_3+H_2O+CO_2\uparrow$

$Ca(HCO_3)_2\xlongequal{\triangle}CaCO_3+H_2O+CO_2\uparrow$

$CaCO_3\xlongequal{高温}CaO+CO_2\uparrow$　　$MgCO_3\xlongequal{高温}MgO+CO_2\uparrow$

九、电离方程式

1、酸的电离(H_2SO_4、HNO_3、HCl、HBr、HI、H_3PO_4、HF、H_2SO_3、CH_3COOH、H_2CO_3、H_2S、HNO_2、C_6H_5OH、HCN、HClO)

$H_2SO_4==2H^++SO_4^{2-}$　或：$H_2SO_4+2H_2O==2H_3O^++SO_4^{2-}$

$HNO_3==H^++NO_3^-$　或：$HNO_3+H_2O==H_3O^++NO_3^-$　(以下雷同)

$HCl==H^++Cl^-$

$HBr==H^++Br^-$

$HI==H^++I^-$

$H_3PO_4\rightleftharpoons H^++H_2PO_4^-$　$H_2PO_4^-\rightleftharpoons H^++HPO_4^{2-}$　$HPO_4^{2-}\rightleftharpoons H^++PO_4^{3-}$

$HF\rightleftharpoons H^++F^-$

$H_2SO_3\rightleftharpoons H^++HSO_3^-$　$HSO_3^-\rightleftharpoons H^++SO_3^{2-}$

$CH_3COOH\rightleftharpoons H^++CH_3COO^-$

$H_2CO_3\rightleftharpoons H^++HCO_3^-$　$HCO_3^-\rightleftharpoons H^++CO_3^{2-}$

$H_2S\rightleftharpoons H^++HS^-$　$HS^-\rightleftharpoons H^++S^{2-}$

$HNO_2\rightleftharpoons H^++NO_2^-$　$C_6H_5OH\rightleftharpoons H^++C_6H_5O^-$ (苯酚不是酸，显酸性)

$HCN\rightleftharpoons H^++CN^-$

$HClO\rightleftharpoons H^++ClO^-$

$H_2O\rightleftharpoons H^++OH^-$

$2H_2O\rightleftharpoons H_3O^++OH^-$

2、碱的电离(NaOH、KOH、$Ba(OH)_2$、$Mg(OH)_2$、$Al(OH)_3$、$NH_3\cdot H_2O$)

$NaOH==Na^{+}+OH^{-}$　　$KOH==K^{+}+OH^{-}$　　$Ba(OH)_2==Ba^{2+}+2OH^{-}$

$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{2+}+2OH^{-}$

$Al(OH)_3 \rightleftharpoons Al^{3+}+3OH^{-}$　酸式电离：$Al(OH)_3 \rightleftharpoons H^{+}+AlO_2^{-}+H_2O$

$NH_3 \cdot H_2O \rightleftharpoons NH_4^{+}+2OH^{-}$

$Ca(OH)_2==Ca^{2+}+2OH^{-}$ (澄清石灰水)

$Ca(OH)_2 \rightleftharpoons Ca^{2+}+2OH^{-}$ (石灰悬浊液)

3、盐的电离($NaCl$、Na_2SO_4、$NaHSO_4$、Na_2SO_3、$NaHSO_3$、$MgSO_4$、$CaSO_4$、$Al_2(SO_4)_3$、$CuSO_4$、$AlCl_3$、$AgNO_3$、CH_3COONa、NH_4NO_3、$FeCl_3$、Na_2CO_3、$NaHCO_3$、Na_2S、$NaHS$、NaH_2PO_4、Na_2HPO_4、Na_3PO_4、KI、$NaBr$、$NaClO$、$AgCl$、$CaCO_3$)

$NaCl==Na^{+}+Cl^{-}$

$Na_2SO_4==2Na^{+}+SO_4^{2-}$

$NaHSO_4==H^{+}+Na^{+}+SO_4^{2-}$

$Na_2SO_3==2Na^{+}+SO_4^{2-}$

$NaHSO_3==Na^{+}+HSO_3^{-}$ (错误书写：$NaHSO_3==Na^{+}+H^{+}+SO_4^{2-}$)

$MgSO_4==Mg^{2+}+SO_4^{2-}$

$Al_2(SO_4)_3==2Al^{3+}+3SO_4^{2-}$

$CuSO_4==Cu^{2+}+SO_4^{2-}$

$AlCl_3==Al^{3+}+3Cl^{-}$

$AgNO_3==Ag^{+}+NO_3$

$CH_3COONa==CH_3COO^{-}+Na^{+}$

$NH_4NO_3==NH_4^{+}+NO_3^{-}$

$FeCl_3==Fe^{3+}+3Cl^{-}$

$Na_2CO_3==2Na^{+}+CO_3^{2-}$

$NaHCO_3==Na^{+}+HCO_3^{-}$　(错误书写：$NaHCO_3==Na^{+}+H^{+}+CO_3^{2-}$)

$Na_2S==2Na^{+}+S^{2-}$

$NaHS==Na^{+}+HS^{-}$　(错误书写：$NaHS==Na^{+}+H+S^{2-}$)

$NaH_2PO_4==Na^{+}+H_2PO_4^{-}$

$Na_2HPO_4==2Na^{+}+HPO_4^{2-}$ (错误书写：$Na_2HPO_4==2Na^{+}+H^{+}+PO_4^{3-}$)

$Na_3PO_4==3Na^{+}+PO_4^{3-}$

$KI==K^{+}+I^{-}$　　$NaBr==Na^{+}+Br^{-}$　　$NaClO==Na^{+}+ClO^{-}$

$AgCl \rightleftharpoons Ag^{+}+Cl^{-}$ (难溶、微溶物质在水中发生微弱电离)

$CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{2+}+CO_3^{2-}$ (错误书写：$CaCO_3==Ca^{2+}+CO_3^{2-}$)

$CaSO_4 \rightleftharpoons Ca^{2+}+SO_4^{2-}$ (错误书写：$CaSO_4==Ca^{2+}+SO_4^{2-}$)

3、熔融电离

$NaCl \xlongequal{熔融} Na^+ + Cl^-$　　$MgCl_2 \xlongequal{熔融} Mg^{2+}+2\,Cl^-$

$Na_2O \xlongequal{熔融} 2Na^+ + O^{2-}$　　$Al_2O_3 \xlongequal{熔融} 2Al^{3+}+3O^{2-}$

十、水解反应

1、单水解---可逆水解

$NH_4Cl+H_2O \rightleftharpoons NH_3 \cdot H_2O+HCl$　　$\mathbf{NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons H^+ + NH_3 \cdot H_2O}$

$FeCl_3+3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3+3HCl$　　$\mathbf{Fe^{3+}+3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3+3H^+}$

$AlCl_3+3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3+3HCl$　　$\mathbf{Al^{3+}+3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3+3H^+}$

$CuSO_4+2H_2O \rightleftharpoons Cu(OH)_2+H_2SO_4$ (金属活动顺序表中 Mg^{2+}以后的阳离子均水解)

$NaHCO_3+H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3+NaOH$ ($NaHSO_4$ 不水解，$NaHSO_3$ 电离大于水解)

$Na_2CO_3+H_2O \rightleftharpoons NaHCO_3+NaOH$　　$\mathbf{CO_3^{2-}+H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-}$

$NaHCO_3+H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3+NaOH$(第一步远远大于第二步，二步不能叠加)

$Na_2SO_3+H_2O \rightleftharpoons NaHSO_3+NaOH$　　$\mathbf{SO_3^{2-}+H_2O \rightleftharpoons HSO_3^- + OH^-}$

$NaHSO_3+H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3+NaOH$(第一步远远大于第二步，二步不能叠加)

$\mathbf{HSO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2SO_3 + OH^-}$

$Na_2S+H_2O \rightleftharpoons NaHS+NaOH$　　$\mathbf{S^{2-}+H_2O \rightleftharpoons HS^- + OH^-}$

$NaHS+H_2O \rightleftharpoons H_2S+NaOH$(第一步远远大于第二步，二步不能叠加)

$\mathbf{HS^- + H_2O \rightleftharpoons H_2S + OH^-}$

$Na_3PO_4+H_2O \rightleftharpoons Na_2HPO_4+NaOH$　　$\mathbf{PO_4^{3-}+H_2O \rightleftharpoons HPO_4^{2-}+OH^-}$

$Na_2HPO_4+H_2O \rightleftharpoons NaH_2PO_4+NaOH$　　$\mathbf{HPO_4^{2-}+H_2O \rightleftharpoons H_2PO_4^- + OH^-}$

$NaH_2PO_4+H_2O \rightleftharpoons H_3PO_4+NaOH$　　$\mathbf{H_2PO_4^- + H_2O \rightleftharpoons H_3PO_4 + OH^-}$

$CH_3COONa+H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH+NaOH$　　$\mathbf{CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-}$

$C_6H_5ONa+H_2O \rightleftharpoons C_6H_5OH+NaOH$　　$\mathbf{C_6H_5O^- + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5OH + OH^-}$

2、双水解

$CH_3COONH_4+H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH+NH_3 \cdot H_2O$

$NH_4F+H_2O \rightleftharpoons HF+NH_3 \cdot H_2O$

$Al_2S_3+6H_2O==Al(OH)_3\downarrow+H_2S\uparrow$ （隔绝空气，密封保存）

$Mg_3N_2+6H_2O==Mg(OH)_2\downarrow+NH_3\uparrow$（隔绝空气，密封保存）

$Na_3P+3H_2O==3NaOH+PH_3\uparrow$（隔绝空气，密封保存）

$Zn_3P_2+6H_2O==Zn(OH)_2\downarrow+PH_3\uparrow$（$Zn_3P_2$ 一种老鼠药，PH_3 剧毒神经毒剂）

$CaC_2+2H_2O==Ca(OH)_3\downarrow+C_2H_2\uparrow$（隔绝空气，密封保存）

$C_2H_5ONa+H_2O==C_2H_5OH+NaOH$

十一、电解及电极方程式

1、电解质溶液在惰性电极条件下，或阴极是较活泼金属电极，阳极是惰性电极条件下的电解

$2NaCl+2H_2O \xlongequal{电解} 2NaOH+H_2\uparrow+Cl_2\uparrow$

(−)$2H_2O+2e^-==H_2\uparrow+2OH^-$　或　$2H^++2e^-==H_2\uparrow$

(+)$2Cl^--2e^-==Cl_2\uparrow$

$2Cl^-+2H_2O \xrightarrow{电解} 2OH^-+H_2\uparrow+Cl_2\uparrow$

$CuCl_2 \xrightarrow{电解} Cu+Cl_2\uparrow$

$(-)Cu^{2+}+2e^-==Cu\downarrow$

$(+)2Cl^- -2e^-==Cl_2\uparrow$

$Cu^{2+}+2Cl^- \xrightarrow{电解} Cu\downarrow+Cl_2\uparrow$

$2CuSO_4+2H_2O \xrightarrow{电解} 2Cu\downarrow+O_2\uparrow+2H_2SO_4$

$(-)2Cu^{2+}+4e^-==2Cu\downarrow$

$(+)2H_2O-4e^-==O_2\uparrow+4H^+$ 或：$4OH^- -4e^-==O_2\uparrow+2H_2O$ $4H_2O \rightleftharpoons 4H^++4OH^-$

$2Cu^{2+}+2H_2O \xrightarrow{电解} 2Cu\downarrow+O_2\uparrow+4H^+$

$2H_2O \xrightarrow{电解} 2H_2\uparrow+O_2\uparrow$

$(-)4H^++4e^-==2H_2\uparrow$

$(+)4OH^- -4e^-==O_2\uparrow+2H_2O$

中性电解 $4H_2O \rightleftharpoons 4H^++4OH^-$

$2H_2O \xrightarrow{电解} H_2\uparrow+O_2\uparrow$

酸性水解：

$(-)4H^++4e^-==2H_2\uparrow$

$(+)2H_2O-4e^-==O_2\uparrow+4H^+$ $4OH^- -4e^-==O_2\uparrow+2H_2O$

$2H_2O \xrightarrow{电解} H_2\uparrow+O_2\uparrow$

碱性水解：

$(-)4H_2O+4e^-==2H_2\uparrow+4OH^-$ 或：$4H^++4e^-==2H_2\uparrow$

$(+)4OH^- -4e^-==O_2\uparrow+2H_2O$

$2H_2O \xrightarrow{电解} H_2\uparrow+O_2\uparrow$

2、电镀：镀件作阴极，被镀金属作阳极，被镀金属的含氧酸盐作电解质溶液

镀铜：$CuSO_4$ 电镀液

镀件$(-)\ Cu^{2+}+2e^-==Cu\downarrow$

纯铜$(+)\ Cu-2e^-==Cu^{2+}$

镀锌：$ZnSO_4$ 电镀液

镀件$(-)\ Zn^{2+}+2e^-==Zn\downarrow$

纯锌$(+)\ Zn-2e^-==Zn^{2+}$

镀银：$AgNO_3$ 电镀液

镀件$(-)\ Ag^++e^-==Ag\downarrow$

纯银$(+)\ Ag-e^-==Ag^+$

镀镍：$NiSO_4$ 电镀液

镀件$(-)\ Ni^{2+}+2e^-==Ni\downarrow$

纯镍(+) $Ni - 2e^- == Ni^{2+}$

3、熔融状态下的电解：

$2NaCl(熔融) \xlongequal{电解} 2Na+Cl_2\uparrow$

(−)$2Na^+ + 2e^- == 2Na$

(+)$2Cl^- - 4e^- == Cl_2\uparrow$

$2Na^+ + 2Cl^-(熔融) \xlongequal{电解} 2Na+Cl_2\uparrow$

$2Al_2O_3(熔融) \xlongequal{电解} 4Al+2O_2\uparrow$

(−)$4Al^{3+} + 12e^- == 4Al$

(+)$6O^{2-} - 12e^- == 3O_2\uparrow$

$4Al^{3+} + 6O^{2-} \xlongequal[Na_3AlF_6]{熔融电解} 4Al+3O_2\uparrow$

$NaHF_2(熔融) \xlongequal{电解} H_2\uparrow + F_2\uparrow$

(−)$2H^+ + 2e^- == H_2\uparrow$

(+)$2F^- - 2e^- == F_2\uparrow$

$2HF \xlongequal{电解} H_2\uparrow + F_2\uparrow$

十二、原电池反应 X—Y(电解质溶液) 或 X//电解质溶液//Y

(1)不可逆电池

苏打电池：Zn—Cu(H_2SO_4)

Zn 极(−) $Zn - 2e^- == Zn^{2+}$ (氧化反应)

Cu 极(+) $2H^+ + 2e^- == H_2\uparrow$ (还原反应)

离子方程式 $Zn + 2H^+ == H_2\uparrow + Zn^{2+}$

化学方程式 $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$

铁碳电池：Fe—C(H_2CO_3)

Fe 极(−) $Fe - 2e^- == Fe^{2+}$ (氧化反应)

C 极 (+) $2H^+ + 2e^- == H_2\uparrow$ (还原反应)

离子方程式 $Fe + 2H^+ == H_2\uparrow + Fe^{2+}$ (析氢腐蚀)

铁碳电池：Fe—C(H_2O、O_2)

Fe 极(−) $2Fe - 4e^- == 2Fe^{2+}$ (氧化反应)

C 极 (+) $O_2 + 2H_2O + 4e^- == 4OH^-$ (还原反应)

化学方程式 $2Fe + O_2 + 2H_2O == 2Fe(OH)_2$ (吸氧腐蚀)

$4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O == 4Fe(OH)_3$

$2Fe(OH)_3 == Fe_2O_3 \cdot nH_2O + (3-n)H_2O$ (铁锈的生成过程)

铝镍电池：Al—Ni(NaCl 溶液、O_2)

Al 极(−) $4Al - 12e^- == 4Al^{3+}$ (氧化反应)

Ni 极(+)$3O_2 + 6H_2O + 12e^- == 12OH^-$ (还原反应)

化学方程式 $4Al + 3O_2 + 6H_2O == 4Al(OH)_3$ (海洋灯标电池)

干电池：Zn—MnO_2(NH_4Cl 糊状物) $NH_4Cl + H_2O == NH_3 \cdot H_2O + HCl$

Zn 极(−) $Zn - 2e^- == Zn^{2+}$ (氧化反应)

Cu 极(+) $2MnO_2+2H^++2e^-==Mn_2O_3+H_2O$ (还原反应)

化学方程式 $Zn+2NH_4Cl+2MnO_2=ZnCl_2+Mn_2O_3+2NH_3\uparrow$

(2)可逆电池

铅蓄电池：Pb—PbO_2(浓硫酸)放电

Pb 极 (−) $Pb+H_2SO_4-2e^-==PbSO_4+2H^+$ (氧化反应)

PbO_2 极 (+)$PbO_2+H_2SO_4+2H^++2e^-==PbSO_4+2H_2O$ (还原反应)

化学方程式 $Pb+PbO_2+2H_2SO_4==2PbSO_4+2H_2O$

Pb—PbO_2(浓硫酸)充电

Pb 极 (−) $PbSO_4+2H^+-2e^-==Pb+H_2SO_4$ (还原反应)

PbO_2 极 (+)$PbSO_4+2H_2O+2e^-==PbO_2+H_2SO_4+2H^+$ (氧化反应)

化学方程式 $2PbSO_4+2H_2O==Pb+PbO_2+2H_2SO_4$

$$Pb+PbO_2+2H_2SO_4 \underset{\text{充电}}{\overset{\text{放电}}{\rightleftharpoons}} 2PbSO_4+2H_2O$$

锂电池：Li—$LiMnO_2$(固体介质)

(−) $Li-e^-==Li^+$ (氧化反应)

(+) $MnO_2+Li^++e^-==LiMnO_2+H_2O$ (还原反应)

化学方程式 $Li+MnO_2==LiMnO_2$

$$Li+MnO_2 \underset{\text{充电}}{\overset{\text{放电}}{\rightleftharpoons}} LiMnO_2$$

银锌电池：Zn—Ag_2O(NaOH)

Zn 极(−) $Zn+2OH^--2e^-==ZnO+H_2O$ (氧化反应)

Cu 极(+) $Ag_2O+H_2O+2e^-==2Ag+2OH^-$ (还原反应)

化学方程式 $Zn+Ag_2O==ZnO+2Ag$

(3)高能燃料电池：

H_2—O_2(NaOH)

Pt 极(−) $2H_2+4OH^--4e^-==4H_2O$ (氧化反应)

Pt 极(+) $O_2+2H_2O+4e^-==4OH^-$ (还原反应)

化学方程式 $2H_2+O_2==2H_2O$

CH_4—O_2(NaOH)

Pt 极(−) $CH_4+10OH^--8e^-==CO_3^{2-}+7H_2O$ (氧化反应)

Pt 极(+) $2O_2+4H_2O+8e^-==8OH^-$ (还原反应)

化学方程式 $CH_4+2O_2+2NaOH==Na_2CO_3+3H_2O$

十三、热化学方程式

$C(s)+1/2O_2(g)==CO(g)$； △H=－393.5kJ/mol

$C(s)+O_2(g)==CO_2(g)$； △H=－110.5kJ/mol

$CO(g)+1/2O_2(g)==CO_2(g)$； △H=－283.0kJ/mol

$H_2(g)+1/2O_2(g)==H_2O(g)$； △H=－241.8kJ/mol

$H_2(g)+1/2O_2(g)==H_2O(l)$； △H=－285.8kJ/mol

$2H_2(g)+O_2(g)==2H_2O(g)$； △H=－483.6kJ/mol

$2H_2(g)+O_2(g)==2H_2O(l)$； △H=－571.6kJ/mol

$CH_4(g)+2O_2(g)==CO_2(g)+2H_2O(l)$；△H=－890.3kJ/mol

$C_8H_{18}(l)+12.5O_2(g)==8CO_2(g)+9H_2O(l)$；△H=－5518kJ/mol

$C_6H_{12}O_6(s)+6O_2(g)==6CO_2(g)+6H_2O(l)$；△H=－2800kJ/mol

$N_2H_4(g)+O_2(g)==N_2(g)+2H_2O(g)$；△H=－534kJ/mol

$S(s)+O_2(g)==SO_2(g)$；　　△H=－297kJ/mol

$FeS_2(s)+11/4O_2(g)==1/2Fe_2O_3(s)+2SO_2(g)$；△H=-853kJ/mol

$SO_2(s)+1/2O_2(g)==SO_3(g)$；△H=－98.3kJ/mol

$SO_3(g)+H_2O(l)==H_2SO_4(l)$；△H=－130.8kJ/mol

$H_2(g)+Cl_2(g)==2HCl(g)$；△H=－184.6kJ/mol

$C(s)+H_2O(g)==H_2(g)+CO_2(g)$；△H=+131.5kJ/mol

$3H_2(g)+N_2(g)==2NH_3(g)$；△H=－92.2kJ/mol

$2O_2(g)+N_2(g)==2NO_2(g)$；△H=+68kJ/mol

$O_2(g)+N_2(g)==2NO(g)$；△H=　　－kJ/mol

$O_2(g)+2NO(g)==2NO_2(g)$；△H=　　－kJ/mol

$2NO_2(g)==N_2O_4(g)$；△H=　　－kJ/mol

$Cu(s)+1/2O_2(g)==CuO(s)$；△H=－157kJ/mol

$CaCO_3(s)+==CaO(s)+CO_2(g)$；△H=+1777kJ/mol

$C_{(石墨)} + O_2(g) === CO_2(g)$；　△H = －393.51kJ mol^{-1}

$C_{(金刚石)} + O_2(g) === CO_2(g)$；　△H = －395.41kJ mol^{-1}

$C_{(石墨)} ===C_{(金刚石)}$；　△H = +1.9kJ mol^{-1}

$NaOH(aq)+HCl(aq)=NaCl(aq)+H_2O(l)$；△H=－57.3kJ/mol

$KOH(aq)+HNO_3(aq)=NaNO_3(aq)+H_2O(l)$；△H=－57.3kJ/mol

$NaOH(aq)+1/2H_2SO_4(aq)=1/2Na_2SO_4(aq)+H_2O(l)$；△H=－57.3kJ/mol