元素及其化合物·五·「铝(Al)及其化合物」

1. 铝的性质

物理性质:具有银白色金属光泽的固体,密度、硬度均较小,熔点较低,有良好的导电、导热性

2. 化学性质

- 与非金属单质反应
 - 与 O_2 反应: $4\,\mathrm{Al} + 3\,\mathrm{O}_2 \stackrel{\mathrm{fight}}{=\!=\!=\!=} 2\,\mathrm{Al}_2\mathrm{O}_3$
 - 与 Cl_2 反应: $2\operatorname{Al} + 3\operatorname{Cl}_2 \stackrel{\text{点燃}}{=\!=\!=\!=} 2\operatorname{AlCl}_3$
 - 与 S 反应: $2 \operatorname{Al} + 3 \operatorname{S} \stackrel{\Delta}{=\!=\!=} \operatorname{Al}_2 \operatorname{S}_3$
- 与 H_2O 反应: $2 Al + 6 H_2O = 2 Al(OH)_3 + 3 H_2 \uparrow$
- 铝在冷的浓硫酸或浓硝酸中钝化
- 铝与强碱发生反应: $2\,\mathrm{Al} + 2\,\mathrm{NaOH} + 6\,\mathrm{H}_2 \ = \ 2\,\mathrm{NaAlO}_2 + 4\,\mathrm{H}_2\mathrm{O} + 3\,\mathrm{H}_2$ \uparrow
- 铝热反应:可以与 FeO、 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 、 Cr_2O_3 、 MnO_2 、 V_2O_5 等氧化物反应。 $\text{用于焊接金属、冶炼难溶金属} \begin{cases} 2\,Al + Fe_2O_3 \overset{\text{高温}}{\longrightarrow} Al_2O_3 + 2\,Fe \\ 2\,Al + Cr_2O_3 \overset{\text{高温}}{\longrightarrow} Al_2O_3 + 2\,Cr \end{cases}$

3. 制备:
$$2\operatorname{Al}_2\operatorname{O}_3(\operatorname{l}) \stackrel{\text{通电}}{=_{\text{冰晶石}}} 4\operatorname{Al} + 3\operatorname{O}_2 \uparrow$$

2. 铝、氧化铝和氢氧化铝

 $AlO_2^- \longleftarrow [Al, Al_2O_3, Al(OH)_3, Al^{3+}, AlO_2^-] \longrightarrow Al^{3+}$

2.1 与酸反应

- $2\,\mathrm{Al} + 6\,\mathrm{H}^+ \,=\, 2\,\mathrm{Al}^{3+} + 3\,\mathrm{H}_2$ ↑ (非氧化性酸)
- $\bullet \ \, \mathrm{Al_2O_3} + 6\,\mathrm{H^+} \ = \ 2\,\mathrm{Al^{3+}} + 3\,\mathrm{H_2O}$
- $Al(OH)_3 + 3H^+ = Al^{3+} + 3H_2O$

2.2 与强碱反应

- $2 \text{ Al} + 2 \text{ OH}^- + 2 \text{ H}_2 \text{O} = 2 \text{ AlO}_2^- + 3 \text{ H}_2 \uparrow$
- $Al_2O_3 + 2OH^- = 2AlO_2^- + H_2O$
- $Al(OH)_3 + OH^- = AlO_2^- + 2H_2O$

$2.3 \text{ Al}(OH)_3$ 的电离

•
$$Al(OH)_3 \stackrel{H_2O}{\Longrightarrow} H^+ + AlO_2^- + H_2O$$

•
$$\mathrm{Al}(\mathrm{OH})_3 \stackrel{\mathrm{H}_2\mathrm{O}}{\Longrightarrow} \mathrm{Al}^{3+} + \mathrm{OH}^-$$

2.4 铝离子

- 1. 与 NaOH 的相互滴加缓慢滴加并搅拌
 - 将NaOH滴入Al³⁺溶液中
 - 1. 先出现白色沉淀: $\mathrm{Al}^{3+} + 3\,\mathrm{OH}^- = \mathrm{Al}(\mathrm{OH})_3\downarrow$
 - 2. 后沉淀消失: $Al(OH)_3 + OH^- = AlO_2^- + 2H_2O$
 - 将Al³⁺滴入NaOH溶液中
 - 1. 先无明显现象: $Al^{3+} + 4OH^{-} = AlO_{2}^{-} + H_{2}O$
 - 2. 后产生白色沉淀: ${
 m Al}^{3+} + 3\,{
 m AlO}_2^- + 6\,{
 m H}_2{
 m O} \ = \ 4\,{
 m Al}({
 m OH})_3 \downarrow$
- 2. 与氨水反应

$$\mathrm{Al^{3+}} + \mathrm{NH_{3}} \cdot \mathrm{H_{2}O} \ = \ \mathrm{Al(OH)_{3}} \downarrow \ + 3 \, \mathrm{NH_{4}}^{+}$$

- 3. 双水解反应
 - $Al^{3+} + 3HCO_3^- = Al(OH)_3 \downarrow + 3CO_2 \uparrow$
 - $Al^{3+} + 3CO_3^{2-} + 3H_2O = Al(OH)_3 \downarrow + 3HCO_3^{-}$
 - ${
 m Al}^{3+} + 3\,{
 m AlO}_2^- + 6\,{
 m H}_2{
 m O} \,=\, 4\,{
 m Al}({
 m OH})_3 \downarrow$
 - $2 \, \mathrm{Al^{3+}} + 3 \, \mathrm{S^{2-}} + 6 \, \mathrm{H_2O} \, = \, 2 \, \mathrm{Al(OH)_3} \downarrow \, + 3 \, \mathrm{H_2S} \uparrow$
 - $AlO_2^- + NH_4^+ + H_2O = 4Al(OH)_3 \downarrow + NH_3 \uparrow$
 - $2 \, \mathrm{Al^{3+}} + 3 \, \mathrm{SiO_3^{2-}} + 6 \, \mathrm{H_2O} \, = \, 2 \, \mathrm{Al(OH)_3} \downarrow \, + 3 \, \mathrm{H_2SiO_3} \downarrow$

2.5 偏铝酸根

- 1. 与强酸相互滴加,缓慢滴加并搅拌
 - 将 $\mathrm{H}_2\mathrm{SO}_4$ 滴入 AlO_2^- 溶液中
 - 1. 先出现白色沉淀: $\mathrm{AlO}_2^- + \mathrm{H}^+ + \mathrm{H}_2\mathrm{O} = \mathrm{Al}(\mathrm{OH})_3 \downarrow$
 - 2. 后沉淀消失: $Al(OH)_3 + 3H^+ = Al^{3+} + 3H_2O$
 - 将 AlO_2^- 滴入 H_2SO_4 溶液中
 - 1. 先无明显现象: ${
 m AlO_2^-} + 4{
 m \, H^+} = {
 m Al^{3+}} + 2{
 m \, H_2O}$
 - 2. 后产生白色沉淀: ${
 m Al}^{3+} + 3\,{
 m AlO}_2^- + 6\,{
 m H}_2{
 m O} \,=\, 4\,{
 m Al}({
 m OH})_3 \downarrow$
- 2. 与碳酸反应

立即生成 $Al(OH)_3$ 沉淀且不溶解。

- CO_2 过量: $\mathrm{AlO}_2^- + 2\,\mathrm{H}_2\mathrm{O} + \mathrm{CO}_2 \,=\, \mathrm{Al}(\mathrm{OH})_3 \downarrow \,+\, \mathrm{HCO}_3^-$
- CO_2 少量: $2\,\mathrm{AlO}_2^- + 3\,\mathrm{H}_2\mathrm{O} + \mathrm{CO}_2 = 2\,\mathrm{Al}(\mathrm{OH})_3\downarrow + \mathrm{CO}_3^{2-}$
- 3. 与铵盐溶液反应

$$\mathrm{NH_4}^+ + \mathrm{AlO}_2^- + \mathrm{H_2O} \ = \ \mathrm{Al}(\mathrm{OH})_3 \downarrow \ + \mathrm{NH}_3 \uparrow$$

2.6 氢氧化铝

制备

- $Al^{3+} + NH_3 \cdot H_2O = Al(OH)_3 \downarrow + 3NH_4^+$
- $AlO_2^- + 2H_2O + CO_2 = Al(OH)_3 \downarrow + HCO_3^-$
- $Al^{3+} + 3AlO_2^- + 6H_2O = 4Al(OH)_3 \downarrow$

2.7 用途

- 1. Al:铝合金, 航空航天材料
- 2. Al_2O_3 :耐热材料;炼铝原料;刚玉(红宝石、蓝宝石)
- 3. Al(OH)₃:净水剂;制酸剂(治疗胃酸过多);阻燃剂
- 4. 可溶性铝盐: 净水剂 (明矾: KAl(SO₄)₂·12 H₂O)

3. 铝及其重要化合物的转化

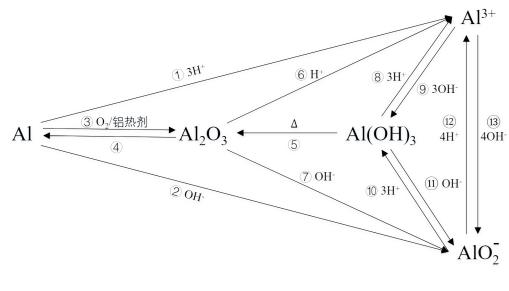


Figure 3-1

1.
$$2 \,\mathrm{Al} + 6 \,\mathrm{H}^{+} \,=\, 2 \,\mathrm{Al}^{3+} + 3 \,\mathrm{H}_{2} \uparrow$$

2.
$$2 \, \mathrm{Al} + 2 \, \mathrm{OH}^- + 2 \, \mathrm{H}_2 \mathrm{O} \ = \ 2 \, \mathrm{AlO}_2^- + 3 \, \mathrm{H}_2 \, \uparrow \quad (记忆: 4213, 四个 2、一个 3)$$

$$egin{aligned} \mathbf{3.} \ 4 \ \mathrm{Al} + 3 \ \mathrm{O}_2 & \stackrel{\mathrm{点燃}}{=\!\!\!=\!\!\!=} \ 2 \ \mathrm{Al}_2 \mathrm{O}_3 \ 2 \ \mathrm{Al} + \mathrm{Fe}_2 \mathrm{O}_3 & \stackrel{\mathrm{点燃}}{=\!\!\!=\!\!\!=} \ \mathrm{Al}_2 \mathrm{O}_3 + 2 \ \mathrm{Fe} \end{aligned}$$

5.
$$2 \operatorname{Al}(OH)_3 \stackrel{\Delta}{=\!=\!=} \operatorname{Al}_2O_3 + 3 \operatorname{H}_2O$$

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

7.
$$Al_2O_3 + 2OH^- = 2AlO_2^- + H_2O$$

8.
$$Al(OH)_3 + 3H^+ = AlO^{3+} + 3H_2O$$

9.
$$Al^{3+} + 3OH^{-} = Al(OH)_3 \downarrow$$

10.
$$AlO_2^- + H^+ + H_2O = Al(OH)_3 \downarrow$$

11.
$$Al(OH)_3 + OH^- = AlO_2^{-+} + 2H_2O$$

12.
$$AlO_2^- + 4H^+ = Al^{3+} + 2H_2O$$

13.
$$Al^{3+} + 4OH^{-} = AlO^{2-} + 2H_2O$$

氧化铝无法一步反应为氢氧化铝