

元素及其化合物 · 五 · 「铝 (Al) 及其化合物」

铝的性质

1. 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 O₂ 反应： $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{Al}_2\text{O}_3$
 - 与 Cl₂ 反应： $2\text{Al} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{AlCl}_3$
 - 与 S 反应： $2\text{Al} + 3\text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{Al}_2\text{S}_3$
 - 与 H₂O 反应： $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$
 - 铝在冷的浓硫酸或浓硝酸中钝化
 - 铝与强碱发生反应： $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaAlO}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{H}_2 \uparrow$
 - 铝热反应：可以与 FeO、Fe₂O₃、Fe₃O₄、Cr₂O₃、MnO₂、V₂O₅ 等氧化物反应。用于焊接金属、冶炼难溶金属
 - $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$
 - $2\text{Al} + \text{Cr}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Cr}$
3. 制备： $2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{l}) \xrightarrow[\text{冰晶石}]{\text{通电}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2 \uparrow$

铝、氧化铝和氢氧化铝



与酸反应

- $2\text{Al} + 6\text{H}^+ = 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2 \uparrow$ （非氧化性酸）
- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ = 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$

与强碱反应

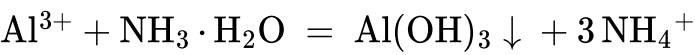
- $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2 \uparrow$
- $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- = 2\text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$

Al(OH)₃ 的电离

- $\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightleftharpoons{\text{H}_2\text{O}} \text{H}^+ + \text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
- $\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightleftharpoons{\text{H}_2\text{O}} \text{Al}^{3+} + \text{OH}^-$

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： $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$
 - 2. 后沉淀消失： $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$
 - 将Al³⁺滴入NaOH溶液中
 - 1. 先无明显现象： $\text{Al}^{3+} + 4\text{OH}^- = \text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
 - 2. 后产生白色沉淀： $\text{Al}^{3+} + 3\text{AlO}_2^- + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$
2. 与氨水反应



3. 双水解反应

- $\text{Al}^{3+} + 3\text{HCO}_3^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$
- $\text{Al}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{HCO}_3^-$
- $\text{Al}^{3+} + 3\text{AlO}_2^- + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$
- $2\text{Al}^{3+} + 3\text{S}^{2-} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}_2\text{S} \uparrow$
- $\text{AlO}_2^- + \text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NH}_3 \uparrow$
- $2\text{Al}^{3+} + 3\text{SiO}_3^{2-} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{H}_2\text{SiO}_3 \downarrow$

偏铝酸根

1. 与强酸相互滴加，缓慢滴加并搅拌

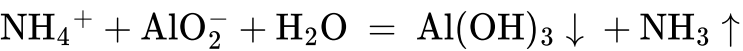
- 将 H_2SO_4 滴入 AlO_2^- 溶液中
 - 先出现白色沉淀： $\text{AlO}_2^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$
 - 后沉淀消失： $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
- 将 AlO_2^- 滴入 H_2SO_4 溶液中
 - 先无明显现象： $\text{AlO}_2^- + 4\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$
 - 后产生白色沉淀： $\text{Al}^{3+} + 3\text{AlO}_2^- + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$

2. 与碳酸反应

立即生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀且不溶解。

- CO_2 过量： $\text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{HCO}_3^-$
- CO_2 少量： $2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-}$

3. 与铵盐溶液反应



氢氧化铝

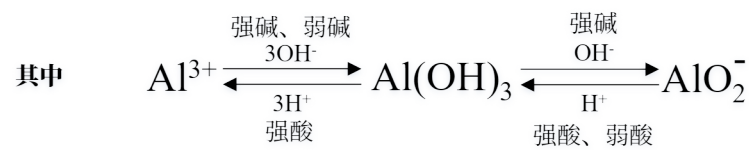
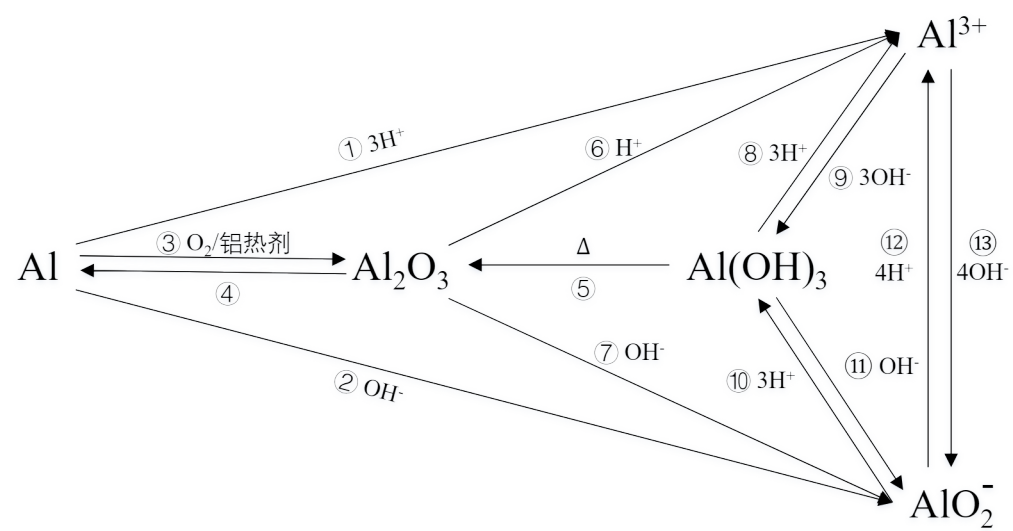
制备

- $\text{Al}^{3+} + \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{NH}_4^+$
- $\text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{HCO}_3^-$
- $\text{Al}^{3+} + 3\text{AlO}_2^- + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$

用途

- Al：铝合金，航空航天材料
- Al_2O_3 ：耐热材料；炼铝原料；刚玉（红宝石、蓝宝石）
- $\text{Al}(\text{OH})_3$ ：净水剂；制酸剂（治疗胃酸过多）；阻燃剂
- 可溶性铝盐：净水剂（明矾： $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ）

铝及其重要化合物的转化



1. $2\text{Al} + 6\text{H}^+ = 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2 \uparrow$
2. $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2 \uparrow$ (记忆: 4213, 四个2、一个3)
3. $4\text{Al} + 3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{点燃}} 2\text{Al}_2\text{O}_3$
 $2\text{Al} + \text{Fe}_2\text{O}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Fe}$
4. $2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{熔融}) \xrightleftharpoons[\text{冰晶石}]{\text{通电}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2 \uparrow$
5. $2\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$
6. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+ = 2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
7. $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- = 2\text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$
8. $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
9. $\text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$
10. $\text{AlO}_2^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$
11. $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$
12. $\text{AlO}_2^- + 4\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O}$
13. $\text{Al}^{3+} + 4\text{OH}^- = \text{AlO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O}$

氧化铝无法一步反应为氢氧化铝