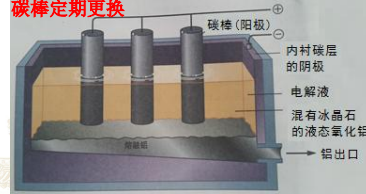


1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C	A	B	C	D	BC	D	B	D	C	A	C	B	A	C	D

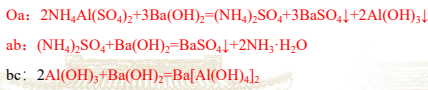
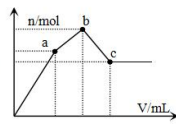
17. (1) NaH
 (2) $4\text{NaH} + \text{AlCl}_3 = \text{NaAlH}_4 + 3\text{NaCl}$
 (3) $\text{NaAlH}_4 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 4\text{H}_2\uparrow$
 (4) $3\text{NaH} + \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2\text{Fe} + 3\text{NaOH}$
 (5) 制备过程不合理，因为盐酸易挥发， H_2 中混有 HCl，导致产物中有 NaCl
 验纯方法不合理，如果有 Na 残留，Na 与水反应也产生 H_2 ；没有考虑混入的 NaCl
18. (1) S
 (2) 蒸发结晶
 (3) 降低氧化铝的**熔化温度**，节约能源
 (4) 432 t
19. (1) $\text{a} + \text{b} \quad \text{AlCl}_3 + 12\text{HCl} = 4\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2$
 (2) 防止 Mg/Al 被空气氧化 52mol Al
 (3) $2\text{Al} + 3\text{AgO} + 2\text{NaOH} + 3\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{Ag}$

2. 如下金属的冶炼方法在工业上不适用的是

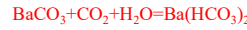
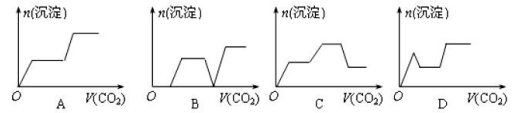
- A. $2\text{MgO} \xrightarrow[\text{电解}]{\text{熔融}} 2\text{Mg} + \text{O}_2\uparrow$
 B. $2\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \xrightarrow[\text{电解}]{\text{熔融}} 2\text{Al} + 3\text{CO}_2\uparrow$
 C. $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$
 D. $2\text{HgO} \xrightarrow{\Delta} 2\text{Hg} + \text{O}_2\uparrow$



8. 向 100 mL 0.1 mol·L⁻¹ 硫酸铝铵 $[\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2]$ 溶液中逐滴滴入 0.1 mol·L⁻¹ $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液。随着 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液体积 V 的变化，沉淀总物质的量 n 的变化如右图所示。则下列说法中正确的是 ()
- A. a 点的溶液呈中性
 B. c 点溶液呈碱性
 C. c 点加入 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液的体积为 200 mL
 D. b 点发生反应的离子方程式是： $\text{Al}^{3+} + 2\text{SO}_4^{2-} + 2\text{Ba}^{2+} + 3\text{OH}^- = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 2\text{BaSO}_4\downarrow$



10. 将足量的 CO_2 不断通入 KOH 、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 、 $\text{K}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 的混合溶液中，生成沉淀与通入 CO_2 的体积的关系可表示为 ()



11. 现有一包铝热剂是铝和氧化铁的混合物，在高温下使之充分反应，将反应后的固体分为两等分，常温下进行如下反应（忽略溶液体积变化和盐的水解）：
- ①向其中一份固体中加入 100 mL 2.0 mol·L⁻¹ 的氢氧化钠溶液，加热使其充分反应后过滤，测得滤液的 pH=14 反应后，溶液中溶质：0.1 mol $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 、0.1 mol NaOH，则 Al 共 0.1 mol
 ②向另一份固体中加入 140 mL 4.0 mol·L⁻¹ 的盐酸溶液，使固体全部溶解，测得反应后所得溶液中只有 H^+ 、 Fe^{2+} 、 Al^{3+} 三种阳离子且 $c(\text{H}^+) = 1.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$
- 有关说法正确的是 反应后，溶液中溶质：0.14 mol HCl、0.1 mol AlCl_3 ，则 FeCl_2 0.06 mol)
- A. 铝热剂中氧化铁的质量是 9.6 g
 B. ①中生成 H_2 的体积为 3.36 L (标准状况)
 C. 铝热剂中铝的物质的量是 0.02 mol
 D. ②反应所得溶液中 Cl^- 浓度为 $1.0 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$

14. (22 湖北) Be^{2+} 和 Al^{3+} 的电荷与半径之比相近，导致两元素性质相似。下列说法错误的是 ()
- A. Be^{2+} 与 Al^{3+} 都能在水中与氨形成配合物
 B. BeCl_2 和 AlCl_3 的熔点都比 MgCl_2 的低
 C. $\text{Be}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 均可表现出弱酸性
 D. Be 和 Al 的氢化物都不能在酸中稳定存在

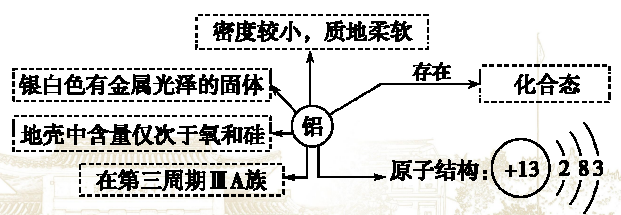
铝及其化合物复习

易错辨析

- 1. MgO与Al粉的混合物也可称为铝热剂 **铝粉与难熔金属氧化物的混合物** (×)
- 2. Al₂O₃的熔点高, 可作耐高温材料, 实验室可用氧化铝坩埚熔化NaOH、Na₂CO₃固体等 (×)
- 3. 铝和酸反应时, 氧化剂是酸, 铝和碱反应时, 氧化剂是碱 (×)
- 4. 氢氧化铝可作胃酸的中和剂 (√)
- 5. 在加热情况下利用H₂还原Al₂O₃的方法得到金属铝 (×)
- 6. 明矾可作净水剂, 起到杀菌消毒的作用 (×)
- 7. 蒸发Al与稀盐酸反应后的溶液, 制备无水AlCl₃ (×)
- 8. 将Al(OH)₃沉淀转入蒸发皿中, 加足量稀硫酸, 加热蒸干得无水Al₂(SO₄)₃固体 (√)

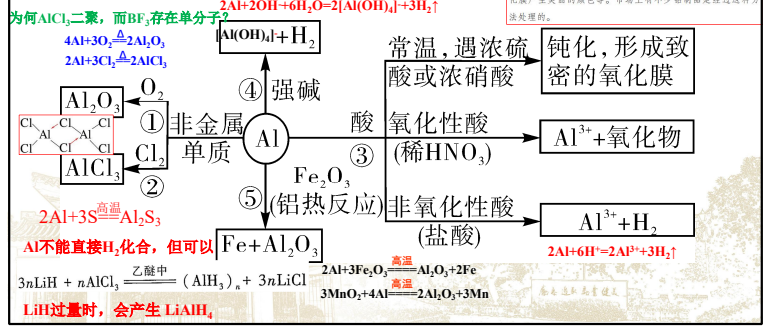
考点一、金属铝的性质及应用

1、铝的原子结构与物理性质

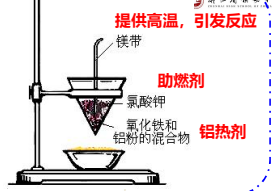


考点一、金属铝的性质及应用

2、重要化学性质及应用



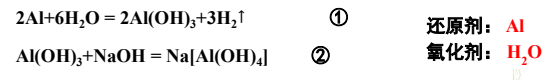
铝热反应: 铝与氧化铁 (高温引发) 反应, 反应剧烈放热, 产生 > 3000°C 的高温, 生成熔融态的Fe:
 $Fe_2O_3 + 2Al \xrightarrow{高温} Al_2O_3 + 2Fe$
用途: 焊接钢轨、穿甲弹



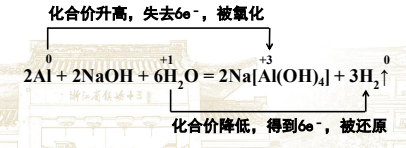
广义的铝热反应: 铝与(铝之后的)金属氧化物在高温引发条件下剧烈放热的反应。
四氧化三铁(Fe₃O₄): $8Al + 3Fe_3O_4 \xrightarrow{高温} 9Fe + 4Al_2O_3$
二氧化锰(MnO₂): $4Al + 3MnO_2 \xrightarrow{高温} 3Mn + 2Al_2O_3$
五氧化二钒(V₂O₅): $10Al + 3V_2O_5 \xrightarrow{高温} 6V + 5Al_2O_3$
氧化铬(Cr₂O₃): $2Al + Cr_2O_3 \xrightarrow{高温} 2Cr + Al_2O_3$
用途: 冶炼高熔点金属

考点一、金属铝的性质及应用

铝与NaOH溶液反应原理



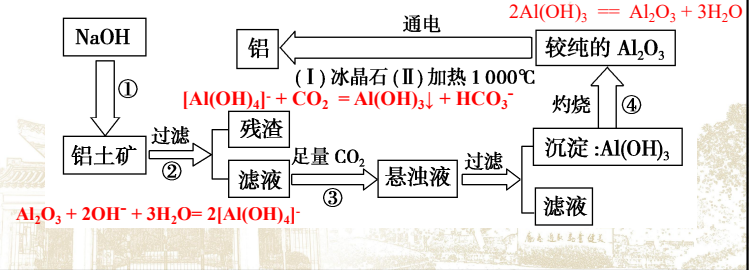
①+②×2得:



考点一、金属铝的性质及应用

3、铝的工业提取、用途

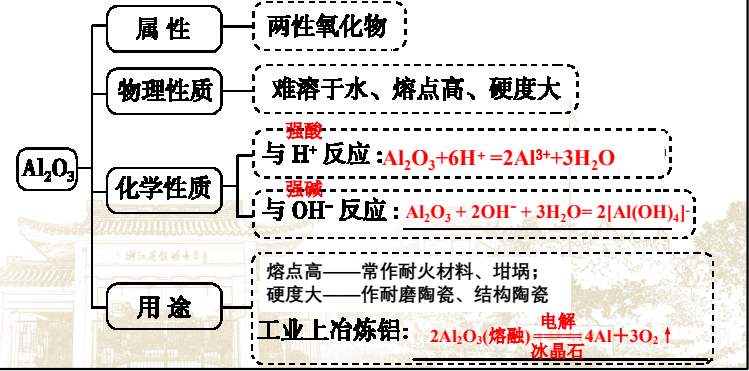
主要原料：铝土矿($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)，含少量氧化铁和二氧化硅。



考点一、金属铝的性质及应用

- 1) 反应原理： $2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2\uparrow$
- 2) 两个问题： ①为何不用 AlCl_3 冶炼铝？——共价化合物，熔融态不导电
②如何降低 Al_2O_3 的熔融温度？——加入助熔剂 Na_3AlF_6 (冰晶石)
- 3) 铝的用途： 纯铝——导线
铝合金——汽车、飞机等

考点二、氧化铝的性质及应用



注：

- 1、铝箔加热实验
①现象：内部熔化、不滴落
②打磨掉氧化层之后再灼烧：现象相同
- 2、根据对角线规则，谁与Al性质相似？其氧化物与酸、碱反应方程式？
- $\text{Be} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4] + \text{H}_2\uparrow$
 $\text{Be}(\text{OH})_2 + 2\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Be}(\text{OH})_4]$

考点三：铝的氢氧化物

铝的氢氧化物 $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ ——白色胶状难溶固体，吸附性较强
化学性质(典型两性氢氧化物)
碱式电离： $\text{Al}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^-$ 酸式电离： $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+$
(1) 与酸反应： $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$
(2) 与强碱溶液反应： $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{OH}^- = [\text{Al}(\text{OH})_4]^-$
(3) $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的实验室制法：可溶铝盐与氨水反应(过量氨水不会溶解氢氧化铝) 还有哪些方法？
(4) 难溶金属氢氧化物的通性——受热分解
 $2\text{Al}(\text{OH})_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$

考点四：铝的其它化合物

- 一、 $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$
1. $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 的性质： $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+ = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
- (1) $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 溶液滴加盐酸：——先沉淀、后溶解
① 少量盐酸： $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{H}^+ = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$
② 过量盐酸总反应： $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + 4\text{H}^+ = \text{Al}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$
- (2) $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$ 溶液中通 CO_2 ：
① 少量 CO_2 ： $2[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{CO}_2 = 2\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
② 过量 CO_2 ： $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{CO}_2 = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{HCO}_3^-$
③ 与 HCO_3^- ： $[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{HCO}_3^- = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$
- (3) $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 与 Al^{3+} 等弱碱阳离子双水解： $3[\text{Al}(\text{OH})_4]^- + \text{Al}^{3+} = 4\text{Al}(\text{OH})_3\downarrow$
- (4) $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ 与酸式盐的反应： $\text{HCO}_3^- + [\text{Al}(\text{OH})_4]^- = \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$



铝的其它化合物



二、明矾[$KAl(SO_4)_2$]

1. 复盐，易溶强电解质： $KAl(SO_4)_2 = K^+ + Al^{3+} + 2SO_4^{2-}$
2. 重要用途——明矾净水
 - ① 原理方程： $Al^{3+} + 3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3(\text{胶体}) + 3H^+$
 - ② 文字描述： Al^{3+} 水解生成氢氧化铝胶体，能吸附水中悬浮物，使水澄清
3. $KAl(SO_4)_2$ 与 $Ba(OH)_2$ 反应的离子方程式：“恰好型”反应——按比例
 - ① Al^{3+} 恰好完全沉淀时： $2Al^{3+} + 6OH^- + 3Ba^{2+} + 3SO_4^{2-} = 2Al(OH)_3\downarrow + 3BaSO_4\downarrow$
【此时n(沉淀)最大】
 - ② SO_4^{2-} 恰好完全沉淀时： $Al^{3+} + 4OH^- + 2Ba^{2+} + 2SO_4^{2-} = [Al(OH)_4]^- + 2BaSO_4\downarrow$
【此时m(沉淀)最大】

易错辨析

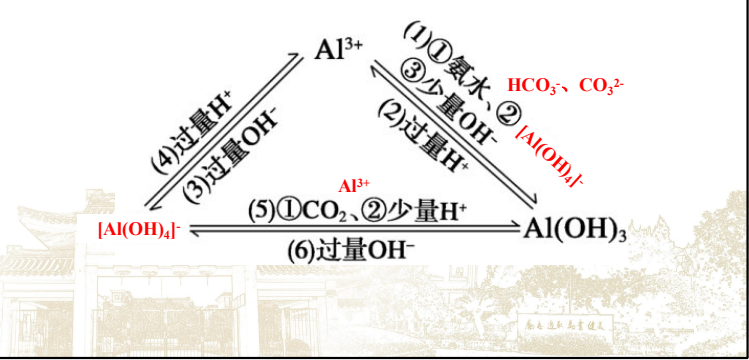


$(NH_4)_2CO_3$ 、 CH_3COONH_4 、 $(NH_4)_2S$ 、 $NaHCO_3$ 、 KHS 、 $NaHSO_3$ 、氨基酸均既能与酸反应，又能与碱反应 (✓)

【归纳】既能与酸反应，又能与碱反应的物质类别：

- ① 金属单质、两性氧化物、两性氢氧化物，如 Al 、 Al_2O_3 、 ZnO 、 $Al(OH)_3$ 等；
- ② 弱酸弱碱盐，如 $(NH_4)_2CO_3$ 、 CH_3COONH_4 等
- ③ 弱酸的酸式盐，如 $NaHCO_3$ 、 $NaHSO_3$ 等
- ④ 蛋白质、氨基酸，如 NH_2CH_2COOH 。

考点四、铝三角及应用



(1) 判断离子共存问题



归纳总结

涉及 Al^{3+} 、 $[Al(OH)_4]^-$ 的离子共存或离子反应规律

- (1) Al^{3+} 水解呈酸性，与 OH^- 、 $[Al(OH)_4]^-$ 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 S^{2-} 等不能大量共存。
- (2) $[Al(OH)_4]^-$ 水解呈碱性，与 H^+ 、 HCO_3^- 、 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 等不能大量共存。

铝线规律

pH由小到大排列： $H^+ \cdots Al^{3+} \cdots Al(OH)_3 \cdots [Al(OH)_4]^- \cdots OH^-$

相邻粒子不反应，不相邻粒子间可以反应，相隔越远的粒子越容易发生反应。

(2) 物质的检验与鉴别



- 用过量 $NaOH$ 溶液检验 Al^{3+} 的存在。
- 用过量 $NaOH$ 溶液鉴别 Al^{3+} 和 Mg^{2+} 。
- 用互滴法鉴别： Al^{3+} 与 OH^- 、 $[Al(OH)_4]^-$ 与 H^+ 。

(3) 分离与除杂

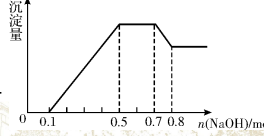


方法	实例	试剂
利用 Al 能溶于强酸或强碱溶液	除去铜粉中的铝粉	过量稀盐酸或过量 $NaOH$ 溶液
利用 Al_2O_3 能与强酸、强碱溶液反应	① 除去 MgO 中的 Al_2O_3 ② 除去 SiO_2 中的 Al_2O_3	① 过量 $NaOH$ 溶液 ② 稀盐酸
利用 $Al(OH)_3$ 能与强碱溶液反应	分离 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 混合液	过量 $NaOH$ 溶液

4. 某溶液中可能含有 H^+ 、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 中的几种。①若加入锌粒，产生无色无味的气体；②若加入 NaOH 溶液，产生白色沉淀，且产生的沉淀量与加入 NaOH 的物质的量之间的关系如图所示。则下列说法正确的是()

A. 溶液中的阳离子只有 H^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+}
B. 溶液中 $n(NH_4^+) = 0.2 \text{ mol}$
C. 溶液中一定不含 CO_3^{2-} ，可能含有 SO_4^{2-} 和 NO_3^-
D. $n(H^+) : n(Al^{3+}) : n(Mg^{2+}) = 1 : 1 : 1$

【答案】B

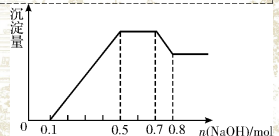


规律小结

与铝离子有关的离子反应的一般规律

(1) 当溶液中有多种离子时，要考虑离子之间的反应顺序，如向含有 H^+ 、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 的混合溶液中逐滴加入 NaOH 溶液， OH^- 先与 H^+ 反应，再与 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 反应生成沉淀，再与 NH_4^+ 反应，最后才溶解 $Al(OH)_3$ 沉淀。

(2) $[Al(OH)_4]^-$ 与 HCO_3^- 的反应不属于水解相互促进的反应，而是 HCO_3^- 电离出的 H^+ 与 $[Al(OH)_4]^-$ 发生的反应： $[Al(OH)_4]^- + HCO_3^- = Al(OH)_3 \downarrow + CO_3^{2-} + H_2O$ 。



硼的性质

硼的缺电子性

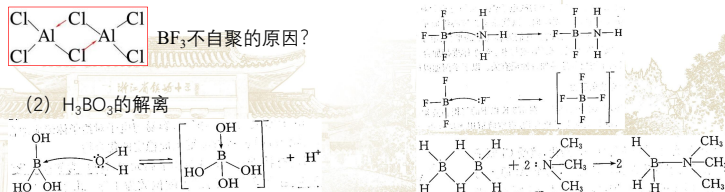
“缺电子性”是硼族元素最重要的特征。硼族元素的价层(ns^2np^1)轨道数为4,而其价电子数仅有3个,这种价电子数少于价轨道数的原子称为缺电子原子,所组成的化合物为缺电子化合物。在缺电子化合物中,中心原子成键电子对数少于中心原子的价键轨道数,由于有空的价轨道,它们有很强的接受电子对的能力,容易与电子对给予体形成加合物或发生分子间自聚合,充分利用空轨道,通过多形成键组成稳定的化合物。

(1) 分子间自聚

BF_3 不自聚的原因?

(2) H_3BO_3 的解离

(3) 缺电子化合物的加合



1	2	3	4	5	6	7	8	9											
B	D	B	C	D	C	C	C	C											

10. (1) CaO 11 加入硫酸铈会生成微溶物硫酸钙,在过滤的时候被除去,造成生成的硝酸钙减少 (2) NO_3^- 和 OH^- $Ca(HCO_3)_2$ (3) $Al_2O_3 + 2OH^- + 3H_2O = 2Al(OH)_4^-$

(4) $2Al + 6H_2O \xrightarrow{\text{通电}} 2Al(OH)_3 \downarrow + 3H_2 \uparrow$ (5) $Al - 3e^- + 7AlCl_3 = 4AlCl_4^-$

11. (1) 关闭分液漏斗的活塞,装置 G 中加水没过长导管,微热 b,这时 G 中有气泡冒出,停止加热,冷却后, G 中插入溶液里的玻璃管形成一段稳定的水柱,则气密性良好 分液漏斗 圆底烧瓶

(2) $2NaNO_2 + (NH_4)_2SO_4 \xrightarrow{\Delta} 2N_2 \uparrow + Na_2SO_4 + 4H_2O$ (3) 除去氧气 除去水蒸气

不能,对调后无法除去水蒸气 (3) $N_2 + 3Mg \xrightarrow{\Delta} Mg_3N_2$

(4) 取少量产物于试管中,加少量蒸馏水,试管底部有沉淀生成,把湿润的红色石蕊试纸放在管口,试纸变蓝,则证明产物中有氮化镁,弃去上清液,加盐酸,若观察到有气泡产生,则证明产物中有未反应的镁

12. (1) $CaMg(CO_3)_2 \xrightarrow{\text{焙烧}} CaO + MgO + 2CO_2$

(2) $K_{sp}[Ca(OH)_2] > K_{sp}[Mg(OH)_2]$,在少量 NH_4Cl 溶液中,氢氧化钙与氯化铵反应而氢氧化镁不能,故 CaO 先浸出 $Ca^{2+} + 2NH_4^+ + 2H_2O + CO_2 = CaCO_3 + 2NH_3 \uparrow + H_2O$ 2.4.1

$K_{sp}[CaCO_3] < K_{sp}[MgCO_3]$, $CaCO_3$ 优先析出,且氯化钙也能转化为碳酸钙


(3) $MgO + H_2O = Mg(OH)_2$ $Mg(OH)_2 + 2NH_4^+ \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2NH_3 \uparrow + 2H_2O$

(4) Fe_2O_3 SiO_2 $CaSO_4$ MgO (5) NH_4Cl $(NH_4)_2SO_4$ CO_2 NH_3

2. 下列物质中,既能与 NaOH 溶液反应,又能与稀盐酸反应的一组化合物是 ()

①Al ② $Al(OH)_3$ ③ Al_2O_3 ④ $AlCl_3$ ⑤ $NaAl(OH)_4$ ⑥ $AgNO_3$ ⑦ Na_2CO_3 ⑧ $NaHCO_3$

A. 只有②③⑧ B. 只有①②③⑧ C. 只有②③④⑤⑥⑦⑧ D. 只有②③⑥⑧



6. 硼酸(H_3BO_3 , $H_3BO_3 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + B(OH)_3$)是一种重要的化工原料,广泛应用于玻璃、医药、肥料等工艺。一种以硼镁矿(含 $Mg_2B_2O_5 \cdot H_2O$ 、 SiO_2 及少量 Fe_2O_3 、 Al_2O_3)为原料生产硼酸及轻质氧化镁的工艺流程如下:

SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3

$(NH_4)_2SO_4$ 溶液 滤渣1

硼镁矿粉 $\xrightarrow{\text{溶浸}}$ $MgSO_4 \cdot B(OH)_3$ $\xrightarrow{\text{过滤1}}$ $pH=3.5$ $\xrightarrow{\text{过滤2}}$ H_3BO_3

气体 $(NH_4)_2CO_3$ $MgSO_4$ $pH=6.5$

吸收 NH_3 NH_4HCO_3 溶液 母液

沉淀 $Mg(OH)_2 \cdot MgCO_3$ \rightarrow 轻质氧化镁

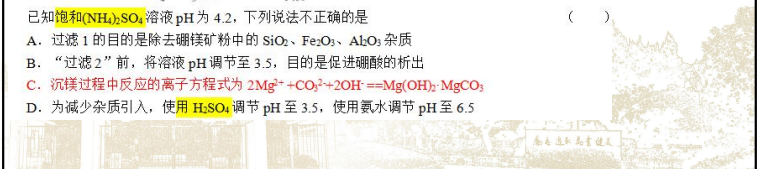
已知饱和 $(NH_4)_2SO_4$ 溶液 pH 为 4.2, 下列说法不正确的是 ()

A. 过滤1的目的是除去硼镁矿粉中的 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 杂质

B. “过滤2”前,将溶液 pH 调节至 3.5,目的是促进硼酸的析出

C. 沉淀过程中反应的离子方程式为 $2Mg^{2+} + CO_3^{2-} + 2OH^- = Mg(OH)_2 + MgCO_3$

D. 为减少杂质引入,使用 H_2SO_4 调节 pH 至 3.5,使用氨水调节 pH 至 6.5



7. 某研究性学习小组探究镁与溴水反应的机理，做了如下实验：
- ①将镁条投入冷水中，未见明显现象
 - ②将镁条放入冷的溴水中，只是刚开始时产生极少量的气泡，随后溴水的颜色逐渐褪去
 - ③将镁条放入冷的液溴中，未观察到任何明显现象，再加几滴水，红棕色很快褪去
- 则下列说法不正确的是
- A. ①说明镁不易和冷水反应
 - B. 结合①、②说明溴与水反应有酸生成
 - C. ②说明氧化性 $Br_2 < H^+$
 - D. ③说明水对镁和溴反应起催化作用

11. 制备氮化镁的装置示意图如图：

回答下列问题：

- (1) 检查装置气密性的方法是_____
- a 的名称是_____，b 的名称是_____；
- (2) 写出 $NaNO_3$ 和 $(NH_4)_2SO_4$ 反应制备氮气的化学方程式_____；
- (3) C 的作用是_____，D 的作用是_____；
- 是否可以把 C 和 D 的位置对调并说明理由_____；
- (4) 写出 E 中发生反应的化学方程式_____；
- (5) 请用化学方法确定是否有氮化镁生成，并检验是否含有未反应的镁，写出实验操作及现象_____。

12. 白云石的主要化学成分为 $CaMg(CO_3)_2$ ，还含有质量分数约为 2.1% 的 Fe_2O_3 和 1.0% 的 SiO_2 。利用白云石制备高纯度的碳酸钙和氧化钙，流程示意图如下。

已知

物质	$Ca(OH)_2$	$Mg(OH)_2$	$CaCO_3$	$MgCO_3$
K_{sp}	5.5×10^{-6}	5.6×10^{-12}	3.4×10^{-9}	6.8×10^{-6}

(1) 白云石矿样煅烧完全分解的化学方程式为_____

(2) NH_4Cl 用量对碳酸盐产物的影响如下表

$n(NH_4Cl)/n(CaO)$	氧化物(MO)浸出率/%		产品中 $CaCO_3$ 纯度/%		产品中 Mg 杂质含量/% (以 $MgCO_3$ 计)
	CaO	MgO	计算值	实测值	
2.1:1	98.4	1.1	99.1	99.7	—
2.2:1	98.8	1.5	98.7	99.5	0.06
2.4:1	99.1	6.0	95.2	97.6	2.20

备注：i、MO 浸出率 = (浸出的 MO 质量 / 煅烧得到的 MP 质量) $\times 100\%$ (M 代表 Ca 或 Mg)

ii、 $CaCO_3$ 纯度计算值为滤液 A 中钙，按全部以碳酸盐形式沉淀时计算出的产品中 $CaCO_3$ 纯度。

①解释“浸钙”过程中主要浸出 CaO 的原因是_____

②浸钙反应的离子方程式为 $Ca^{2+} + 2NH_4^+ + H_2O + CO_3^{2-} = CaCO_3 + 2NH_3 + 2H^+$

③“浸镁”过程不宜选用 $(NH_4)_2CO_3$ 或 $CaCO_3$ 的原因是_____

④产品中 $CaCO_3$ 纯度的实测值高于计算值的原因是_____

12. 白云石的主要化学成分为 $CaMg(CO_3)_2$ ，还含有质量分数约为 2.1% 的 Fe_2O_3 和 1.0% 的 SiO_2 。利用白云石制备高纯度的碳酸钙和氧化钙，流程示意图如下。

已知

物质	$Ca(OH)_2$	$Mg(OH)_2$	$CaCO_3$	$MgCO_3$
K_{sp}	5.5×10^{-6}	5.6×10^{-12}	3.4×10^{-9}	6.8×10^{-6}

(3) “浸钙”过程中，取固体 B 与一定浓度的 $(NH_4)_2SO_4$ 溶液混合，充分反应后 MgO 的浸出率低于 90%，加热蒸馏， MgO 的浸出率随馏出液体积增大而增大，最终可达 98.9%，从化学平衡的角度解释浸出率增大的原因是_____

(4) 滤液 C 中含有的物质是_____

(5) 该流程中可循环利用的物质是_____

(3) $MgO + H_2O = Mg(OH)_2$ $Mg(OH)_2 + 2NH_4^+ = Mg^{2+} + 2NH_3 + 2H_2O$

(4) Fe_2O_3 SiO_2 $CaSO_4$ MgO (5) NH_4Cl $(NH_4)_2SO_4$ CO_2 NH_3

硼氢化物

1. 乙硼烷

①氧化反应

$$B_2H_6(g) + 3O_2(g) = B_2O_3(s) + 3H_2O(l) \quad \Delta_r H_m^\ominus = -2152 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

②水解、醇解反应

$$B_2H_6 + 6H_2O = 2H_3BO_3 + 6H_2$$
$$B_2H_6 + 6CH_3OH = 2B(OCH_3)_3 + 6H_2$$

③ BH_4^- 的生成反应

$$B_2H_6 + 2NaH = 2NaBH_4$$

$NaBH_4$ 、 $LiBH_4$ 、 $LiAlH_4$ 三种氢化物的还原性如何排序，理由？

$$B_2H_6 + 2LiH = 2LiBH_4$$

④加合反应

无机苯

如何成键？

为什么无机苯可能比苯要更不稳定？

无机苯

图1: 石墨 (左) 与六方氮化硼 (右) 的机构模型

如何成键?

为何导电性要比石墨差很多?

硼的卤化物

水解

$$BX_3 + 3H_2O \rightleftharpoons H_3BO_3 + 3HX \quad (X=Cl, Br, I)$$

$$4BF_3 + 3H_2O \rightleftharpoons (H_3BO_3)_2 + 3HBF_4$$

为何Cl、Br、I不会发生类似的反应?

加合

浙江农林大学

硼酸及盐

片层状结构，层内以氢键结合

酸性

$$B(OH)_3 + H_2O \rightleftharpoons [B(OH)_4]^- + H^+ \quad K_a^\ominus = 5.81 \times 10^{-10}$$

加入多元醇可增强酸性

$$B(OH)_3 + 2C_3H_5(OH)_3 \rightleftharpoons [B(C_3H_5O)_3]^- + H^+ + 3H_2O$$

浙江农林大学

硼酸盐种类繁多，结构复杂

硼砂 $Na_2B_4O_5(OH)_4 \cdot 8H_2O$

四硼酸根离子的立体结构

$$[B_4O_5(OH)_4]^{2-} + 5H_2O \rightleftharpoons 2H_3BO_3 + 2[B(OH)_4]^-$$

浙江农林大学

过硼酸钠 $Na_2[B_2(O_2)_2(OH)_4]$

浙江农林大学

GaCl₃为抗磁性（没有未成对电子）的化合物。在溶液中解离出一种简单阳离子和一种阴离子，可能结构？

$Ga[GaCl_4]$

浙江农林大学

三价铝离子由于电荷密度高，应当不太容易稳定存在，但实验证明确实可以得到稳定的水合三价铝离子，为什么？

水分子分散了正电荷



为什么铝的抗腐蚀性能比铁强得多？

(3) Fe 在空气中被氧化,产物是一种疏松的含水氧化物。它与 Fe 的表面结合不紧密,甚至于不断剥落,导致金属主体与空气接触进一步被氧化;Al 虽然比 Fe 活泼,但在空气中被氧化的产物是一种致密氧化物薄膜。它紧密地覆盖在 Al 的表面,使金属主体与空气隔绝,使氧化反应不能继续发生。所以铝的抗腐蚀性比铁强得多。



为什么铝制品不能用于盛装腌制食物？

Cl⁻会破坏致密氧化膜



氯离子对氧化膜破坏的原理：我们以氧化铝为例来分析， Al_2O_3 是立方面心密堆积型的离子晶体（氧化铝有多种变体，最主要的有 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 和 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ ，其中 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ 更亚稳定的，能溶于酸、碱并具强的腐蚀性），在铝与碱溶液的反应中，表面 Al_2O_3 与碱（ OH^- ）的作用本质上是一个亲核取代的过程： $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- = 2\text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$ ； $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{OH}^- + 3\text{H}_2\text{O} = 2[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$ ，最终使铝与水反应： $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaAl}(\text{OH})_4 + 3\text{H}_2$ 。铝与强盐溶液反应，氯离子与铝表面氧化膜作用也与 OH^- 类似。氯离子作为亲核试剂进攻 Al_2O_3 晶体中高电荷、小半径的 Al^{3+} ，削弱 Al^{3+} 与 O^{2-} 之间的静电作用，最终使这种氯离子取代 O^{2-} 与 Al^{3+} 结合为配位络离子而溶解。同时这种络离子又阻碍 Al^{3+} 与 O_2 间的接触，促使 O_2 在溶液中与水作用转化为 OH^- 并使氧化膜出现裂缝，在金属离子以及水分子、 H^+ 穿透孔隙与铝基底的协同作用下，使铝表面氧化膜溶解。那么，为什么卤离子特别是 Cl^- 、 Br^- 离子破坏铝表面氧化膜有较大速率，而 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 反而会抑制氧化膜的破坏呢？可以这么认为，液中阴离子与铝表面氧化膜作用，是这种阴离子与 Al_2O_3 晶体中 O_2^{2-} 争夺 Al^{3+} 的竞争反应，要能有效地进攻 Al^{3+} 并削弱 Al^{3+} 与 O_2^{2-} 的化学键，这种阴离子必须有与氧离子相抗衡的与铝离子结合的能力。 X^- 相对 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 具有较小的离子半径和较大的电子密度(单位体积所带电荷)，在进攻 Al^{3+} 时可取得一定优势，同时，它们能与 Al^{3+} 生成有较大热力学稳定性的 $(\text{AlX}_n)^{3-n}$ （如 F^- 形成 $(\text{AlF}_6)^{3-}$ 络离子），所以卤离子破坏铝表面氧化膜有较大能力。卤离子半径大小顺序为： $\text{F}^- < \text{Cl}^- < \text{Br}^- < \text{I}^-$ ，离子的电荷密度为 $\text{F}^- > \text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{I}^-$ ，则络离子进攻 Al^{3+} 破坏铝表面氧化膜的能力也基本为 $\text{F}^- > \text{Cl}^- > \text{Br}^- > \text{I}^-$ 。实验中氯离子破坏氧化膜的能力小于氟离子，这可能的原因与 F^- 在溶液中水解生成 HF 从而减小了溶液中 F^- 浓度以及 AlF_3 、 CaF_2 的难溶性等多种因素有关。总的来说：氯离子很容易吸附在氧化膜上，把氧化膜中的氧离子取代出来，氯离子对其它金属加铁表面的氧化膜破坏的原理与铝类似。