

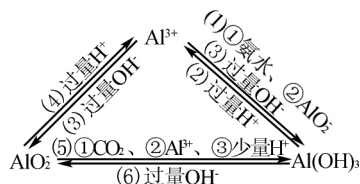
关于氢氧化铝热点重点及难点的突破性复习

宁夏固原市第一中学 756000 李晓峰

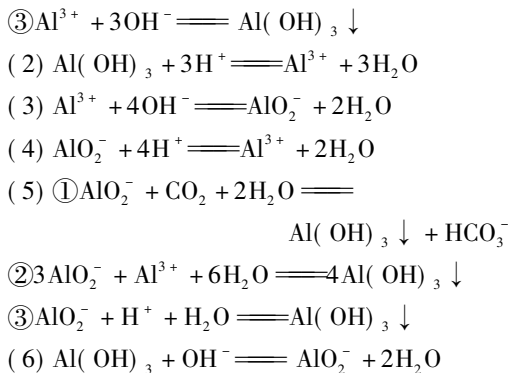
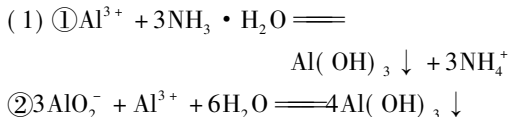
氢氧化铝这一知识点,既是高考的热点,也是高中化学金属化合物知识的重点与难点,这一知识点涉及到氢氧化铝与可溶性铝盐、可溶性偏铝酸盐的相互转化,数形结合的图像分析,实验室制备方案的设计与优化,沉淀过程的分析与计算,最后引伸为铝的化合物离子共存的依据等,高考中常以这些知识为载体考查学生的识图、运算、综合分析等能力,本文主要从五个方面进行归纳剖析,以增强高中学习及高三复习的针对性、高效性。

一、“铝三角”即 Al^{3+} 、 AlO_2^- 、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 相互转化的三角关系

转化特点:该三角转化全部为非氧化还原反应,与加入试剂量或加入试剂顺序有直接关系,产生不同的现象,得到不同的离子反应,这些反应是铝的化合物相互转化的基础。



离子反应方程式:



二、偏铝酸盐或铝盐溶液与酸、碱溶液的反应现象与图像

对于图像分析时要注意以下三点:(1)要看清横、纵坐标的含义。(2)要对图像进行全面的分析,尤其需要关注的是特殊点(起点、折点、顶点、终点)的含义,图示中每条曲线或每条曲线的转折点(拐点),都反映了特定的反应。(3)要弄清实验现象及产生沉淀的量与加入物质的量的数量关系。高中阶段常见而且比较重要的图像主要有以下八类十三种:

1. 可溶性铝盐溶液与强碱溶液(如 NaOH) 反应的图像

(1) 实验操作:向可溶性铝盐溶液中逐滴加入 NaOH 溶液至过量

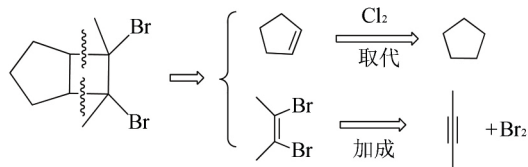
实验现象:立即产生白色沉淀→渐多→最多

►物即可。思考时应使用“逆合成法”,即从给出的目标化合物(Target Molecule)着手,合理分析断键成键位置,不断拆分目标化合物以吻合给出的

反应物。题(6)要制备的化合物为 ,

结合给出的反应原料不难发现,断开与 2 个 Br 原子直接相连的碳与五元环之间的键,就可以得到环戊烷这个原料。

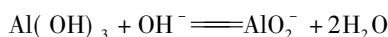
具体思路如下:



紧紧围绕 2017 年全国卷理科化学考试大纲,紧扣有机化学学科发展的热点话题,落实基础知识,全力备考 2018 年高考,同时也为后面继续进行有机化学专业以及相关学科的学习打好坚实的基础。

(收稿日期:2017-10-20)

→渐少→消失



反应图像: 如(图 1)

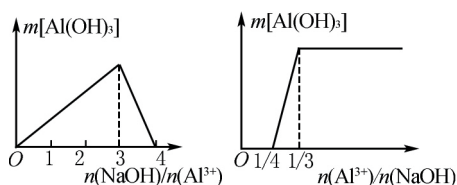


图 1

图 2

(2) 实验操作: 向 NaOH 溶液中逐滴加入可溶性铝盐溶液至过量

实验现象: 开始无沉淀(有但即溶)→出现沉淀→渐多→最多→沉淀不消失

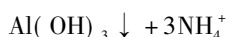
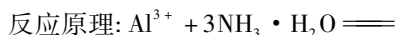


反应图像: 如(图 2)

2. 可溶性铝盐溶液与弱碱溶液(如 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 反应的图像

实验操作: 向可溶性铝盐溶液中逐滴加入 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 溶液至过量

实验现象: 立即产生白色沉淀→渐多→最多→不变



反应图像: 如(图 3)

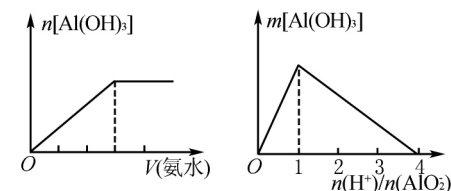


图 3

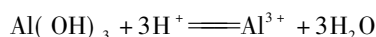
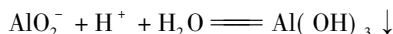
图 4

3. 可溶性偏铝酸盐溶液与强酸溶液(如 HCl) 反应的图像

(1) 实验操作: 向偏铝酸盐溶液中逐滴加稀盐酸至过量

实验现象: 开始立即产生白色沉淀→渐多→最多→渐少→消失

反应原理:



反应图像: 如(图 4)

(2) 实验操作: 向稀盐酸中逐滴加偏铝酸盐溶液至过量

实验现象: 开始无沉淀(有但即溶)→出现沉淀→渐多→最多→不变。



反应图像: 如(图 5)

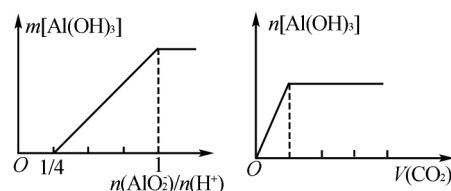


图 5

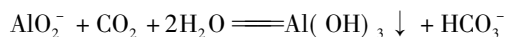
图 6

4. 可溶性偏铝酸盐溶液与弱酸溶液(如通 CO_2) 反应的图像

实验操作: 向偏铝酸盐溶液中通入 CO_2 至过量

实验现象: 立即产生白色沉淀→渐多→最多→不变。

反应原理:



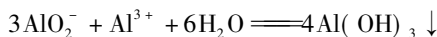
反应图像: 如(图 6)

5. 可溶性偏铝酸盐溶液与可溶性铝盐溶液反应的图像

(1) 实验操作: 向偏铝酸盐溶液(如 NaAlO_2) 溶液中加入可溶性铝盐溶液(如 AlCl_3)

实验现象: 产生沉淀→渐多→最多→不变。

反应原理:



反应图像: 如(图 7)

(2) 实验操作: 向可溶性铝盐溶液(如 AlCl_3)

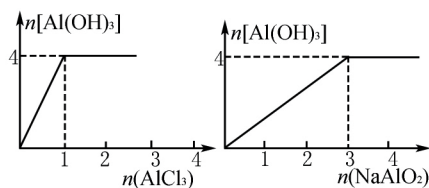


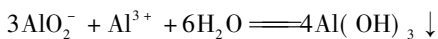
图 7

图 8

中加入偏铝酸盐溶液(如 NaAlO_2) 溶液

实验现象: 产生沉淀, 后沉淀的量不变

反应原理:

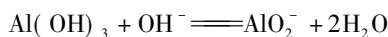
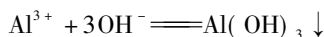
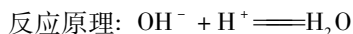


反应图像: 如(图 8)

6. 含可溶性铝盐混合物与强碱溶液(如 NaOH) 反应的图像

(1) 实验操作: 向 AlCl_3 和 HCl 混合溶液中加入 NaOH 至过量

实验现象: 无沉淀→渐多→最多→渐少→消失。



反应图像: 如(图 9)

(2) 实验操作: 向 Al^{3+} 、 Mg^{2+} 、 H^+ 各 1mol 的混合溶液中加入 NaOH 溶液至过量

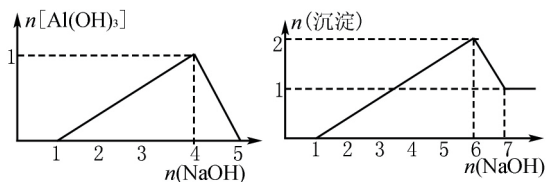
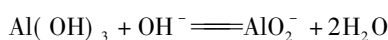
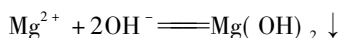
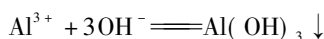


图 9

图 10

实验现象: 无沉淀→渐多→最多→渐少→不变。

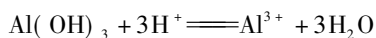
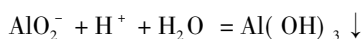
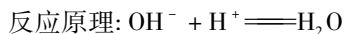


反应图像: 如(图 10)

7. 含可溶性偏铝酸盐混合物与强酸溶液(如 HCl) 反应的图像

(1) 实验操作: 向 NaAlO_2 和 NaOH 混合溶液中加入 HCl 溶液至过量

实验现象: 无沉淀→渐多→最多→渐少→消失。



反应图像: 如(图 11)

(2) 实验操作: 向 OH^- 、 AlO_2^- 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 各 1 mol 的混合溶液中加入盐酸至过量

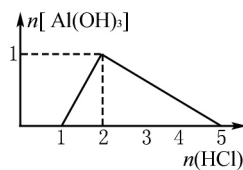


图 11

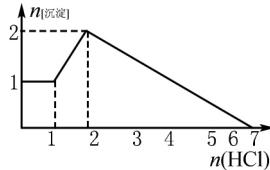
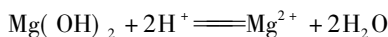
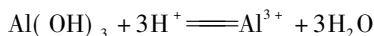
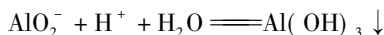
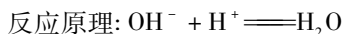


图 12

实验现象: 沉淀不变→渐多→最多→渐少→消失



反应图像: 如(图 12)

8. 含可溶性铝盐混合物先与强碱溶液(如 NaOH) 反应再与强酸溶液(如 HCl) 反应的图像:

实验操作: 向 MgCl_2 、 AlCl_3 混合溶液中先加入 NaOH 溶液, 后加入盐酸 (NaOH 与盐酸的物质的量浓度相等),

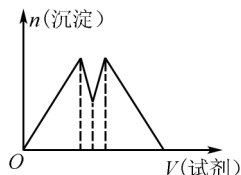
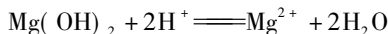
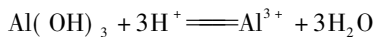
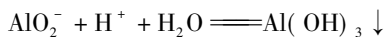
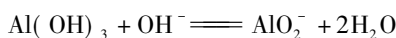
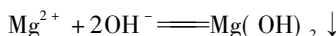
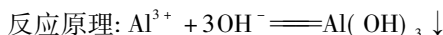


图 13

实验现象: 立即产生白色沉淀→渐多→最多→渐少→渐多→最多



反应图像: 如(图 13)

例 1 图 14 所示各图中, 横坐标表示加入的物质的量, 纵坐标表示生成沉淀的量, 从 A ~ E 中选择符合各题要求的序号填入表 1 中。

表 1

溶液	加入的物质	答案序号
AlCl_3 溶液	通过量的 NH_3	
含少量 NaOH 的 NaAlO_2 溶液	通过量的 CO_2	
NaAlO_2 溶液	滴加稀盐酸至过量	
MgCl_2 和 AlCl_3 的混合液	滴加 NaOH 溶液至过量	

解析 向 AlCl_3 溶液中通过量 NH_3 , 生成

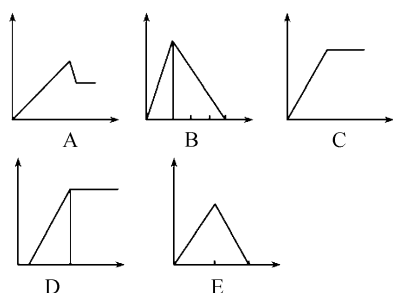


图 14

$\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀, 且沉淀不溶解, 故选 C; 向含少量 NaOH 的 NaAlO_2 溶液中通入过量 CO_2 , CO_2 先与 NaOH 溶液反应, 开始没有沉淀生成, CO_2 过量后, CO_2 与 NaAlO_2 溶液反应, 生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 且沉淀不溶解, 故选 D; 向 NaAlO_2 溶液中加入稀盐酸至过量, 开始有 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀生成, 然后沉淀溶解, 生成沉淀和沉淀溶解所消耗盐酸的物质的量之比为 1:3, 故选 B; MgCl_2 和 AlCl_3 的混合液中加入 NaOH 溶液至过量, 先生成 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀, 然后 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀溶解, 而 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 不溶, 故选 A。所以本题答案应分别为: C D B A。

例 2 向 0.1 L 浓度均为 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 和 NaAlO_2 混合溶液中逐滴加入同浓度的盐酸。图 15 所示图像正确的是()。

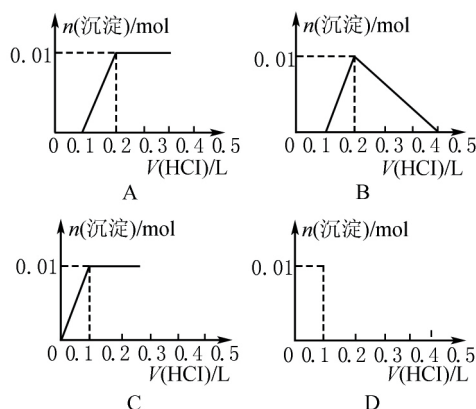


图 15

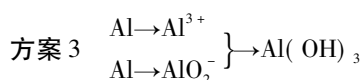
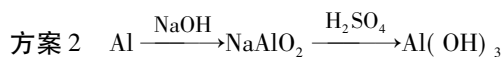
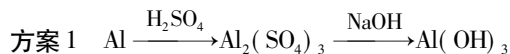
解析 选 B 往混合液中滴加盐酸, NaOH 首先反应, 然后 NaAlO_2 与 HCl 反应产生 $\text{Al}(\text{OH})_3$, 最后 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 溶解变为 AlCl_3 , 有关方程式为: $\text{NaOH} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$, $\text{NaAlO}_2 + \text{HCl} + \text{H}_2\text{O} = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{NaCl}$, $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl} =$

$\text{AlCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$, 结合数值关系, 可知 B 正确。

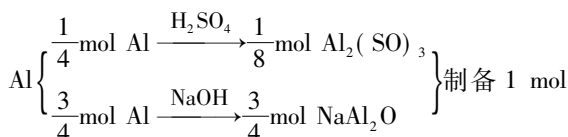
三、氢氧化铝制备最佳方案的选择

最佳方案的选择主要从以下三方面综合考虑: (1) 试剂的用量。(2) 试剂加入时控制的难易程度, 即终点控制的难易程度。(3) 方案是否简单易行。

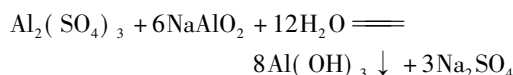
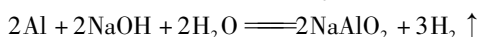
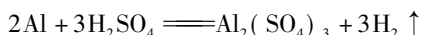
1. 原料: 铝、稀硫酸、烧碱



方案优劣分析 若同样制备 1 mol $\text{Al}(\text{OH})_3$, 根据所设计的方案中涉及的反应计算, 方案 1 需 1 mol Al 、1.5 mol H_2SO_4 、3 mol NaOH , 方案 2 需 1 mol Al 、0.5 mol H_2SO_4 、1 mol NaOH , 故方案 2 比方案 1 节约药品。但方案 1 中加入 NaOH 溶液和方案 2 中加入 H_2SO_4 溶液时, 终点均不易控制难以确保 Al 元素全部转化为沉淀。若将 1 mol Al 分成两部分去做, 将所得溶液合并, 即: 1 mol

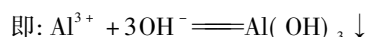
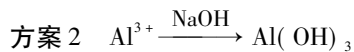
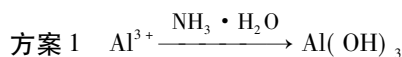


$\text{Al}(\text{OH})_3$, 实验中需 1 mol Al 、0.375 mol H_2SO_4 、0.75 mol NaOH , 且再无需考虑 Al 元素不能全部进入沉淀, 药品用量最少, 操作最为简单, 方案 3 有关反应的化学方程式为:



所以, 三个方案中方案 3 为最佳方案。

2. 原料: 可溶性铝盐溶液, 氨水, 烧碱

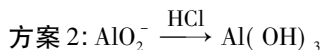
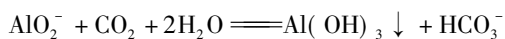


方案优劣分析 氢氧化铝既能溶于强酸, 又

能溶于强碱,在制取过程中不宜使用强碱(如 NaOH),因为难以控制加入的量,而氢氧化铝不溶于氨水,故最佳选择为氨水,方案 1 为最佳方案。

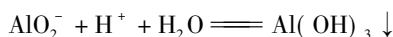
3. 原料为:可溶性偏铝酸盐溶液,盐酸,二氧化碳

方案 1: $\text{AlO}_2^- \xrightarrow{\text{CO}_2} \text{Al}(\text{OH})_3$ 即:向偏铝酸盐溶液中通入足量 CO_2 ,离子方程式为:



即:向偏铝酸盐溶液中加盐酸,

离子方程式为:



方案优劣分析 氢氧化铝既能溶于强酸,又能溶于强碱,在制取过程中不宜使用强酸(如 HCl),因为难以控制加入的量,而氢氧化铝不溶于弱酸,故最佳选择是通 CO_2 ,方案 1 为最佳方案。

例 3 用含有少量 Mg 的 Al 片制取纯净的 $\text{Al}(\text{OH})_3$,下列操作中最恰当的组合是()。

- ①加盐酸溶解 ②加 NaOH 溶液
③过滤 ④通入过量 CO_2 生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$
⑤加盐酸生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$
⑥加过量氨水生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$

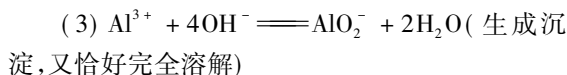
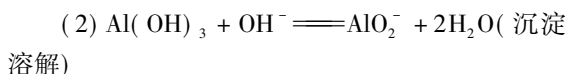
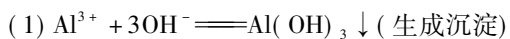
- A. ①⑥③ B. ①③⑥③
C. ②③④③ D. ②③⑤③

解析 $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2 \uparrow$,Mg 和 NaOH 溶液不反应,过滤后向 NaAlO_2 溶液中通入过量 CO_2 生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀,再过滤就可得到 $\text{Al}(\text{OH})_3$,所以本题答案应为 C。

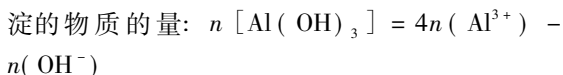
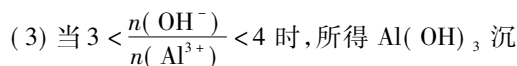
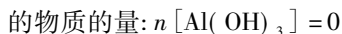
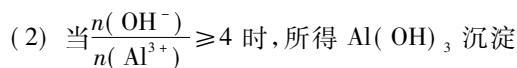
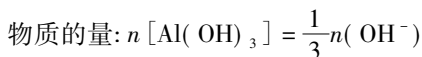
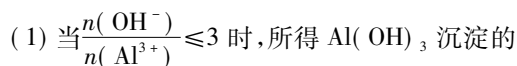
四、氢氧化铝沉淀分析及技巧运算

1. 可溶性铝盐溶液中逐滴加入 NaOH 溶液,沉淀分析及技巧运算

沉淀分析及技巧运算:可溶性铝盐与强碱溶液作用生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀,反应关系如下:



分析以上三个反应关系式,所得 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀的物质的量与 $n(\text{Al}^{3+})$ 、 $n(\text{OH}^-)$ 有如下关系:



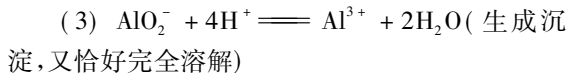
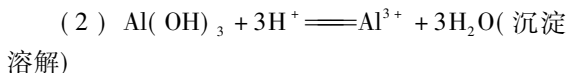
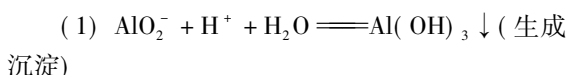
例 4 向 30 mL $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 AlCl_3 溶液中逐渐加入浓度为 $4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaOH 溶液,若产生 0.78 g 白色沉淀,则加入的 NaOH 溶液的体积可能为()。

- A. 3 mL B. 7.5 mL C. 15 mL D. 27.5 mL

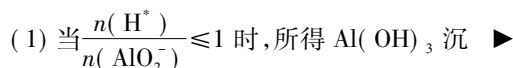
解析 已知 $n(\text{AlCl}_3) = 0.03 \text{ mol}$, $n[\text{Al}(\text{OH})_3] = 0.01 \text{ mol}$,由沉淀的物质的量小于氯化铝的物质的量可推知此题有两种可能:一是氢氧化钠不足,二是氢氧化钠过量,沉淀部分溶解。(1)当碱的量不足时,依 $n[\text{Al}(\text{OH})_3] = \frac{1}{3}n(\text{OH}^-)$,则 $V(\text{NaOH}) = (0.01 \times 3) / 4 = 0.0075 \text{ L} = 7.5 \text{ mL}$; (2)当碱过量时,则 $V(\text{NaOH}) = (4 \times 0.03 - 0.01) / 4 = 0.0275 \text{ L} = 27.5 \text{ mL}$,所以本题答案应为 B、D。

2. 可溶性偏铝酸盐溶液中逐滴加入 HCl 溶液沉淀分析及技巧运算

沉淀分析及技巧运算:偏铝盐与强酸溶液作用生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀,反应关系如下:



分析以上三个反应关系式,所得 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀的物质的量与 $n(\text{AlO}_2^-)$ 、 $n(\text{H}^+)$ 的关系为:



高中化学中的“一定”与“不一定”问答

陕西省永寿县中学 713400 马亚楼

1. 质子总数相同,核外电子总数也相同的分子一定是同一种分子吗?

答:不一定: Ne 与 HF 符合上述要求,但它们并不是同一种分子。

2. 一切原子的原子核都一定是由质子和中子两种微粒所构成吗?

答:不一定,如氕(${}^1_1\text{H}$)的原子核中没有中子。

3. 原子的核外最外层电子数小于或等于 2 的一定是金属原子吗?

答:不一定: 氢原子核外只有一个电子,氦原子核外只有两个电子,但它们全是非金属原子。

4. 中学常见的卤族元素与水反应,一定符合: $\text{X}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HX} + \text{HXO}$ 类型吗?

答:不一定: 如 F_2 与水反应,化学方程式应

► 淀的物质的量: $n[\text{Al}(\text{OH})_3] = n(\text{H}^+)$

(2) 当 $\frac{n(\text{H}^+)}{n(\text{AlO}_2^-)} \geq 4$ 时,所得 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀的物质的量: $n[\text{Al}(\text{OH})_3] = 0$

(3) 当 $1 < \frac{n(\text{H}^+)}{n(\text{AlO}_2^-)} < 4$ 时,所得 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀的物质的量: $n[\text{Al}(\text{OH})_3] = \frac{1}{3}[4n(\text{AlO}_2^-) - n(\text{H}^+)]$

五、与氢氧化铝相联系的铝的化合物离子共存问题

综合“铝三角”中的相互转换关系,高考中常涉及 Al^{3+} 、 AlO_2^- 等离子共存问题,对 Al^{3+} 、 AlO_2^- 存在环境及条件的认识必须理解到位, Al^{3+} 、 AlO_2^- 其存在特点如下:

1. Al^{3+} 只能存在于酸性溶液中。 Al^{3+} 与下列离子不能大量共存: OH^- 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 HSO_3^- 、 SO_3^{2-} 、 HS^- 、 S^{2-} 、 AlO_2^- 等弱酸根离子,注意: 其中 OH^- 是因为直接反应,其余均是发生“双水解”反应。

2. AlO_2^- 只能存在于碱性溶液中。 AlO_2^- 与下列离子不能大量共存: H^+ 、 HCO_3^- 、 NH_4^+ 、 Al^{3+} 、 Mg^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 等弱碱阳离子。注意: 其中 H^+ 和 HCO_3^- 是因为直接反应($\text{AlO}_2^- + \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-}$),其余也是发生“双水解”反应。

例 5 有一透明溶液,可能含有 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 、

Fe^{3+} 、 Al^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Na^+ 、 H^+ 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 中的一种或几种,取此溶液进行如下实验: ①取少量溶液,加入用盐酸酸化的 BaCl_2 溶液,有白色沉淀生成; ②另取少量溶液加入 Na_2O_2 粉末,溶液中有白色沉淀生成,并逸出无色无味的气体。其中加入 Na_2O_2 的物质的量与析出沉淀的物质的量的关系如图 16 所示。

请回答:

(1) 溶液中一定含有的离子是_____。

(2) 溶液中肯定不含有的离子是_____。

(3) 溶液中可能含有的离子是_____。

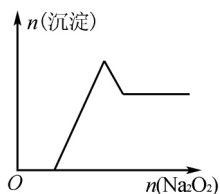


图 16

解析 加入盐酸酸化的 BaCl_2 溶液有白色沉淀生成,说明溶液中一定含有 SO_4^{2-} ,再加 Na_2O_2 粉末时产生的气体无色无味,所以一定无 NH_4^+ ,又根据所给图像可知,加 Na_2O_2 时开始不生成沉淀,后来产生的沉淀为白色,随着 Na_2O_2 增加,沉淀又部分溶解,所以原溶液中一定有 H^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} ,一定无 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 CO_3^{2-} (CO_3^{2-} 不能与 H^+ 、 Al^{3+} 、 Mg^{2+} 等共存),是否含有 Na^+ 不能确定。

所以本题答案应分别为:

(1) Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 SO_4^{2-} 、 H^+

(2) NH_4^+ 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 CO_3^{2-}

(3) Na^+

(收稿日期: 2017-12-22)