

高三复习: 复杂离子反应方程式的书写

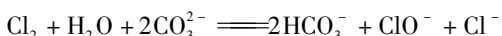
北京市第十二中学高中部 100071 范晓媛

“离子反应”是中学化学教学中的核心概念,它提供了一种分析问题和解决问题的新视角、新方法,即从微观角度认识水溶液中物质的存在形式与化学反应,其教学价值主要体现在拓展和深化学生对物质及其变化的认识,建立从微观离子角度分析水溶液中电解质反应的思路和方法。对离子反应的深刻理解极大地丰富了中学生对物质微粒性的认识,使学生从宏观微观结合的角度看待化学反应,更深刻地理解微粒间的相互作用,理解化学反应本质。本文以高三复习“复杂离子反应方程式的书写”为例,探讨了如何分析复杂反应体系中相互竞争的离子反应,结合化学反应原理理解反应的优先顺序和程度,培养学生微观探析能力,实现宏观辨识与微观探析的统一结合,发展学生化学核心素养的教学实践与思考。

例题1 已知 H_2CO_3 电离常数 $K_1 = 4 \times 10^{-7}$, $K_2 = 6 \times 10^{-11}$, HClO 电离常数 $K = 3 \times 10^{-8}$, 请写出下列离子反应方程式:

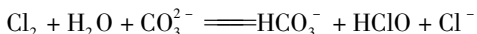
①少量 Cl_2 通入到足量 Na_2CO_3 溶液中

微观解析 Cl_2 溶于水发生可逆反应 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$, 足量 CO_3^{2-} 首先与盐酸反应: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$, 而且由于 HClO 电离常数大于 H_2CO_3 二级电离常数, CO_3^{2-} 再与次氯酸反应 $\text{CO}_3^{2-} + \text{HClO} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{ClO}^-$, 因此总离子反应方程式为:



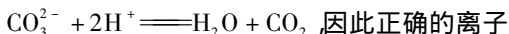
② Cl_2 与 Na_2CO_3 按物质的量之比 1:1 恰好反应

微观解析 Cl_2 溶于水发生可逆反应 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$, CO_3^{2-} 首先与盐酸反应: $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$, 但由于 HClO 电离常数小于 H_2CO_3 一级电离常数, HCO_3^- 不能与次氯酸反应继续反应, 因此正确的离子反应方程式:



③过量 Cl_2 通入到少量 Na_2CO_3 溶液中

微观解析 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$, 少量 CO_3^{2-} 只与足量盐酸反应:



生的表达能力, 难度更大, 2013年江苏高考题19(5)得分率非常低, 在平时训练中, 这类题目学生也是放弃的较多。

2013年江苏高考卷题19(5): 某研究性学习小组欲从硫铁矿烧渣(主要成分: Fe_2O_3 、 SiO_2 、 Al_2O_3) 出发, 先制备绿矾, 再合成柠檬酸亚铁。请结合图7的绿矾溶解度曲线, 补充完整由硫铁矿烧渣制备 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 晶体的实验步骤(可选用的试剂: 铁粉、稀硫酸和 NaOH 溶液): 向一定量烧渣中加入足量的稀硫酸充分反应, _____, 得到

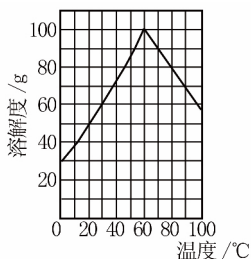
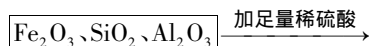


图7

溶液, _____, 得到 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 晶体。

对该题进行翻转, 请学生补充完整流程图:



这个比较好上手, 是学生平时经常接触的。所以很快设计出流程。再请学生根据流程组织语言, 最后把高考题呈现出来。通过这个翻转过程, 学生感觉实验设计题离自己很近, 用自己熟悉的知识也能很快解决, 心理上是满满的成就感, 以后碰到类似题目就会有一探究究竟的动力。

高考年年有, 每年高考复习的时间跨度又很长, 如果老师按固有模式授课, 听课的学生没味, 授课的人也没味。其实复习课, 也能创新, 例如翻转思维的使用, 让学生有思维的锻炼, 并且能引发学生兴趣, 调动其积极性, 大大提高复习课实效。

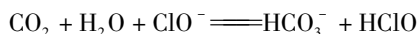
(收稿日期: 2018-02-10)

反应方程式为:



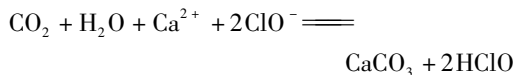
④少量 CO_2 通入到足量 NaClO 溶液中

微观解析 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$, 由电离常数不难看出, H_2CO_3 一级电离程度大于 HClO 电离程度, 而 HClO 电离程度又大于 H_2CO_3 二级电离程度, 因此尽管有足量 NaClO 溶液, ClO^- 只能结合碳酸一级电离出的氢离子生成次氯酸, 正确的离子反应方程式为:



⑤将少量 CO_2 通入到足量 $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ 溶液中

微观解析 由上题可知, ClO^- 只能结合碳酸一级电离出的氢离子生成 HClO 和 HCO_3^- , 但是 Ca^{2+} 沉淀 CO_3^{2-} 促进 $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$ 电离平衡右移, 正确的离子反应方程式为:



例题2 以富含硫酸亚铁的工业废液为原料生产氧化铁的工艺如下:

I. 从废液中提纯并结晶 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

II. 将 FeSO_4 溶液与稍过量 NH_4HCO_3 溶液混合, 得到含 FeCO_3 浊液

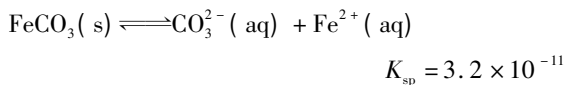
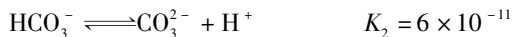
III. 将浊液过滤, 用 90°C 热水洗涤沉淀, 干燥后得到 FeCO_3 固体

IV. 煅烧 FeCO_3 得 Fe_2O_3 固体

已知: H_2CO_3 电离常数 $K_1 = 4 \times 10^{-7}$, $K_2 = 6 \times 10^{-11}$, FeCO_3 溶度积常数 $K_{\text{sp}} = 3.2 \times 10^{-11}$

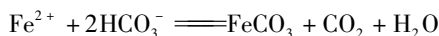
II 中生成 FeCO_3 的离子方程式是_____。

微观解析



比较两个反应的平衡常数不难看出: Fe^{2+} 结合 CO_3^{2-} 能力强于 H^+ , 可以促进 $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$ 电离平衡右移, 产生 FeCO_3 沉淀, 同时生成的 H^+ 又可以与 HCO_3^- 结合 $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

总的离子反应方程式为:



例题3 电子工业中可用 FeCl_3 溶液作印刷

电路板蚀刻液。某小组设计如图1所示线路处理废液:

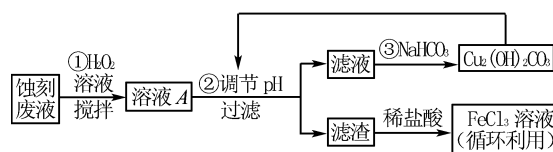


图1

写出步骤③生成 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 的离子方程式_____。

微观解析 Cu^{2+} 结合 CO_3^{2-} , 促进 $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$ 电离平衡右移, 产生 CuCO_3 沉淀, 同时生成的 H^+ 又可以与 HCO_3^- 结合 $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$; 同时两者发生双水解反应: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{HCO}_3^- = \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{CO}_2$, 总的离子反应方程式为: $2\text{Cu}^{2+} + 4\text{HCO}_3^- = \text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3 + 3\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

例题4 感光材料 AgBr 的发现推动了化学感光成像技术的发展。胶片冲印的化学成像过程如下: 感光: 涂有 AgBr 胶片的感光部分被活化, 形成显影区;

显影: 用显影液将显影区被活化的 AgBr 转化为 Ag , 形成暗影区;

定影: 用定影液(含 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 将胶片上未感光的 AgBr 转化为 $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$, 形成透光亮影区;

水洗: 用水洗去胶片上残留的可溶性银盐, 自然干燥后形成黑白底片。

(1) 定影时, 发生反应的离子方程式是_____。

(2) 已知: i. $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Br}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{AgBr}(\text{s}) \quad K_1 = 1.9 \times 10^{12}$

ii. $\text{Ag}^+(\text{aq}) + 2\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{aq}) \rightleftharpoons$



请你判断_____ (填“能”或“不能”)用氨水作定影液, 理由是_____。

微观解析 (1) $\text{AgBr}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Br}^-(\text{aq})$; $\text{Ag}^+ + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + c(\text{Ag}^+)$ 减小, 平衡正向移动, 胶片上未感光的 AgBr 转化为 $\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-}$, 形成透光亮影区, 总的离子反应方程式为: $\text{AgBr} + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-} = \text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2^{3-} + \text{Br}^-$

(2) $K_1 > K_2$, 说明 Br^- 结合 Ag^+ 能力比 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 强, 因此不用氨水作定影液。