

盐类水解平衡的影响因素及应用

一、教学目标

(1) 通过了解影响盐类水解平衡的因素，能多角度、动态地分析外界条件对盐类水解平衡的影响，发展变化观念与平衡思想的化学核心素养。

(2) 通过了解盐类水解在生产生活、化学实验、科学研究中的应用，能发现和提出有关盐类水解的问题，并设计探究方案，进行实验探究，培养科学探究与创新意识的化学核心素养。

二、教学过程

情境导入：实验观察 NaHCO_3 溶液 + $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液

【教师演示】 NaHCO_3 溶液与 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液混合的实验现象

【学生观察】溶液变浑浊，并产生了大量气体

【教师提问】气体是什么？白色沉淀有什么呢？

【学生回答】气体是二氧化碳气体，白色沉淀是碳酸铝 $[\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3]$

【信息材料】碳酸铝 $[\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3]$ 是粉末状白色小颗粒，不稳定，遇水分解

【教师追问】阅读信息之后，我们知道白色沉淀不会是碳酸铝了，那会是什么呢？

【学生猜想】是氢氧化铝 $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ 沉淀

【教师提问】那你们能写出 NaHCO_3 溶液与 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液反应生成氢氧化铝和二氧化碳的离子方程式吗？

【学生书写离子方程式】 $\text{Al}^{3+} + 3\text{HCO}_3^- = \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$

【教师小结】这就是我们生活中泡沫灭火剂的原理。泡沫灭火器的内筒盛有硫酸铝溶液，外筒、内筒之间装有碳酸氢钠溶液，使用时将灭火器倒置。这样即可产生 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 沉淀与 CO_2 气体来灭火。

环节 1 探索双水解反应的反应原理

【教师追问】反应为什么会发生？为什么 Al^{3+} 和 HCO_3^- 产生沉淀与气体呢？

【提示】 $\text{CO}_2 \uparrow$ 气体哪里来的？

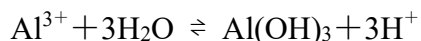
【学生回答】碳酸分解来的： $\text{H}_2\text{CO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

【教师追问】那碳酸(H_2CO_3)又是哪里来的？

【学生回答】 HCO_3^- 水解生成的

【教师提问】你能试着写出 Al^{3+} 和 HCO_3^- 水解的离子方程式吗？

【学生书写离子方程式】 $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$



【教师提问】这两个水解反应的程度怎样？

【学生回答】很微弱。 HCO_3^- 正向水解微弱，溶液显碱性； Al^{3+} 正向水解也微弱，溶液呈酸性。

【教师追问】确实，这个两个水解的程度很弱，比如我们放在实验桌上的 NaHCO_3 溶液与 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液这么长时间，我们也没有见到气体与沉淀，那为什么这两个溶液一混合就迅速产生了气体与沉淀呢？

【学生思考并回答】因为这两个水解反应一个产生 OH^- ，一个产生 H^+ ， H^+ 与 OH^- 酸碱中和反应，相互促进，是这两个水解反应进行到底了。

【教师小结】像这个能够相互促进的两个水解反应，我们称为双水解反应。

环节 2 探究浓度对水解平衡移动的影响

【教师提问】在 HCO_3^- 与 Al^{3+} 的这两个水解反应（ $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$ ； $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ ）中，单一水解反应很微弱，双水解程度较大，那最根本的原因是改变了水解反应中的什么因素？

任务 1：探究浓度（改变溶液 pH）对水解平衡移动的影响

【学生回答】改变了 H^+ 与 OH^- 的浓度，也就是改变了溶液 pH。

【学生小组讨论】溶液 pH 是如何改变水解平衡移动的。对于 Al^{3+} 离子的水解反应来说，加碱会促进其水解，加酸会抑制其水解。

【教师引导】那这样的影响有什么应用呢？在实验室中我们会用这样的原理来配制 FeCl_3 溶液和 CuSO_4 溶液，思考这两种溶液如何配制？

【学生小组讨论】 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ ； $\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+$ ，在配制 FeCl_3 溶液时可以往其中加盐酸；配制 CuSO_4 溶液可以往其中加硫酸。

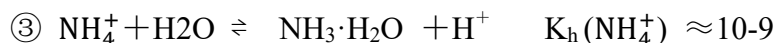
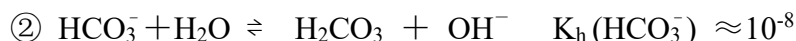
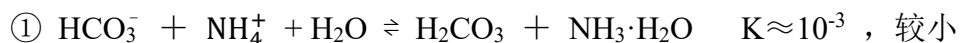
【教师小结】同学们说很好，但实际在实验中我们一般采取这样的操作：固体溶于相应的酸，然后再加水稀释。

【教师提问】这样的配制方式有没有觉得很熟悉？

【学生回答】这与工业流程中“酸浸”的步骤原理是一样的。

任务 2：探究浓度（让产物离开溶液）对水解平衡移动的影响

【信息资料】 NH_4HCO_3 的双水解



【教师引导】这也是一个双水解反应，反应②和反应③也相互促进，反应①相较反应②和反应③确实促进了很多，但并没有像泡沫灭火剂这样双水解一样进行到底，产生气体，这是为什么呢？

【学生对比后回答】泡沫灭火剂的双水解，相较 NH_4HCO_3 的双水解来说，它产生了气体与沉淀，使得生成物离开溶剂，减小了生成物浓度，促进水解反应不断向正反应方向进行，水解就会进行彻底。

【教师小结】改变浓度的另一个方法就是让产物离开溶液，这样可以促进水解反应正向进行，我们就可以得到几乎进行到底的水解。那怎么使产物离开溶液体系呢？

【学生回答】使生成物变成沉淀或气体，就可以使产物离开溶液体系。

【教师追问】小组讨论一下，什么样的离子进行水解反应可以得到沉淀与气体，并进行彻底的双水解？

【学生小组讨论】阳离子可以水解产生沉淀，阴离子可以水解产生溶解性小的气体的气体，如 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 组合 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 HS^- 、 S^{2-} 。

【教师讲述】除了像上述这样双水解可以使产物离开溶液，我们还可以蒸发溶剂使产物离开溶液，比如说加热蒸干 AlCl_3 溶液与 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 溶液有区别吗？

【学生思考并回答】(1) HCl 挥发离开溶液，极大的促进水解，水蒸干后得 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ，灼烧后得 Al_2O_3 ；(2) 没有物质离开溶液，微弱水解，水蒸干后得溶质。

【教师追问】有没有办法得到 AlCl_3 固体呢？

【学生思考回答】可以在蒸发 AlCl_3 溶液时滴加浓盐酸。

【师生共同总结】可以滴加浓盐酸或者在 HCl 气体氛围下蒸发浓缩，冷却结晶

环节3 探究温度对水解平衡移动的影响

【教师提问】水解反应是吸热还是放热，你如何知道的？

【学生回答】盐类的水解是酸碱中和反应的逆反应，酸碱中和反应是放热的，所以盐类的水解是吸热的。

【教师追问】那温度升高，对盐类水解的平衡移动有何影响？

【学生回答】温度升高，盐类水解平衡正向移动。

【教师讲解】这一原理在我们生产生活中有很多应用，比如说，我们用热的纯碱除油污，你们知道为什么吗？

【学生思考回答】 $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{OH}^-$ $\Delta H > 0$ ；越热越水解，产生的 OH^- 更多，除油污的效果更好。

【教师追问】你们还能去除其他类似的反应吗？

【学生回答】制备 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体时， $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3(\text{胶体}) + 3\text{H}^+$

将饱和的 FeCl_3 溶液滴加到沸水中，用沸水效果更好的原因是越热越水解，产生的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 胶体更多。

【教师小结】我们刚刚探讨了浓度和温度对盐类水解平衡的影响，这些都是外因，那盐自身的影响因素对其有影响吗？

环节 3 探究内在因素对水解平衡移动的影响

【教师提问】思考：同温度下，比较等物质的量浓度的 NaNO_2 、 NaClO 和 NaCN 溶液的 pH？

【学生思考】利用公式 $c(\text{OH}^-) = \sqrt{c \times K_h} = \sqrt{c \times \frac{K_w}{K_a}}$ 计算，得出结论越弱月水解。

【教师追问】等 pH 下，酸的初始浓度又如何比较呢？

【学生回答】对上述公式做逆运算

环节 4 课堂总结

【师生共同总结】本节课讲述了影响盐类水解的因素（浓度、温度以及自身性质），并讲述了这些因素所带来了生活、实验等方面应用。

三、教学反思

本节课通过对泡沫灭火剂原理的探索，分别探究了浓度、温度以及自身因素等方面对盐类水解的影响，在教学实施过程中对泡沫灭火剂实验缺少定量的描述，对于 NH_4HCO_3 水解常数数据是直接给学生的，如果能够带领学生计算一遍将对后续的平衡常数计算与应用做好合理铺垫。同时在讲解“蒸发 AlCl_3 溶液”时，如果能够提及海水中提取镁的过程，可能会更有利于学生建立知识间理解，更好地促进学生理解。