

基于“四重表征”的盐类水解平衡影响因素实验探究

孟超越 蔡晓庆*

(温州大学化学与材料工程学院 浙江温州 325000)

摘要 以“四重表征”教学模式为指导,设计了一系列手持技术数字化实验探究盐类水解平衡的影响因素。借助石蕊溶液的变色现象,直观呈现硫酸铵溶液在水解平衡移动过程中的宏观变化,利用 pH 传感器测定硫酸铵溶液水解平衡移动过程的 pH 曲线,两相结合,进而推测微观反应原理并以符号形式进行表征,从而提高学生的思维转化能力、宏微结合能力、科学探究能力和证据推理能力,落实化学学科核心素养,也能为相关的教学提供素材。

关键词 盐类水解平衡 四重表征 手持技术数字化实验 硫酸铵

DOI: 10.13884/j.1003-3807hxjy.2023090050

1 问题的提出

盐类水解平衡移动是高中化学反应原理的重要组成部分。陈晓娜^[1]等通过盐类水解心智模型的研究发现,近半学生在理解盐类水解的微观变化方面存在困难,无法建构科学的认知模型。

手持技术数字化实验可以即时收集数据并自动生成曲线,能有效将反应过程中的抽象内涵可视化,帮助学生突破认知难点、实现认知发展水平的提升^[2-3]。基于该技术背景,钱扬义^[4]等构建了化学“四重表征”教学模式,包括“宏观-微观-符号-曲线”4个表征维度,通过将反应过程中的宏观变化与实验曲线结合起来,引导学生推测微观反应原理,最后以方程式等符号形式进行表征,从而充分发挥手持技术数字化实验的优势,在四重表征转换过程中深化学生对微观变化的认识,落实核心素养。

此前,已有研究者利用手持技术数字化实验对盐类水解的影响因素进行了实验探究。陈琛^[5]等以 FeCl_3 为研究对象,使用分光光度计测定了不同条件下溶液的透光率,绘制得到折线图,量化了盐类水解的平衡移动过程;张画花^[6]、谢志坚^[7]等以 CH_3COONa 为研究对象,利用 pH 传感器测定了不同条件下溶液的 pH,同样绘制得到了折线图;之后,江丹虹^[8]等以 FeCl_3 为研究对象,动态直观化了盐类水解移动过程并应用于教学中,通过 pH 的升降说明平衡移动的方向,充分体现了手持技术的即时性;李莉莉^[9]等详细分析了 FeCl_3 的水解平衡原理,指出 Fe^{3+} 在水溶液中同时存在水解平衡和配位平衡,综合使用了 3 种传感器——pH 传

感器、电导率传感器和温度传感器,对 FeCl_3 水解的影响因素进行了多角度实验和分析;邓峰^[10]等结合教学实例,探讨了手持技术在学生理解“影响 FeCl_3 水解的主要因素”时所起的支架作用;李晴^[11]以 FeCl_3 为研究对象,从将溶液的颜色定量化的角度出发,使用色度计传感器测定溶液透光率,进行了多组对比实验;王美玲^[12]等以 TPACK 为理论指导进行教学设计,选择了不同盐类探究不同的影响因素,利用 pH 传感器测定盐类水解移动过程,将手持技术实验与教学进行了有机结合。简而言之,有关手持技术实验和化学教学的研究愈发深入,但尚未有研究结合“四重表征”模型对手持技术实验结果进行分析,对手持技术数字化实验的挖掘不够深入,其中往往缺乏的是有关宏观变化的描述。实际实验发现,盐类水解实验探究常用的 2 种盐—— FeCl_3 和 CH_3COONa ,其水解平衡移动时的宏观变化并不明显,缺少宏观表征的维度。

基于上述背景分析,本研究采用手持技术中的 pH 传感器,选择了 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 作为实验对象,借助石蕊溶液的颜色变化将水解平衡的移动直观展现出来,以“四重表征”理念指导教学实验设计,旨在充分发挥手持技术数字化实验的教学优势,有效解决盐类水解平衡影响因素的教学重难点,有序、系统地帮助学生建立科学的盐类水解影响因素认知模型,填补目前研究的空白。

2 实验设计

对于盐类水解平衡移动体系,可通过酸碱指示剂的颜色变化来使反应条件改变时的平衡移动直观化,为避免干扰观察指示剂的颜色变化,研究对象

* 通信联系人, E-mail: cxq@wzu.edu.cn

应选择无色盐溶液。常见的盐类水解的研究对象中,铵盐和醋酸盐为无色溶液,选择常见的 CH_3COONa 和 NH_4Cl 进行预实验发现,符合实验要求的 CH_3COONa 溶液浓度为 $4.4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$,在探究酸碱度因素的影响时需另行配制相应浓度的酸碱溶液,实验前准备工作更复杂,对精度的要求也更高;而符合实验要求的 NH_4Cl 溶液浓度为 0.18 mol/L ,与实验室常备的酸碱溶液浓度相近,实验前准备更加便捷、易于操作。由于 NH_4Cl 水

解产生的 HCl 在加热的条件下易挥发,最终选择了 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 作为研究对象, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 水解呈酸性,因此选择石蕊溶液作为观察宏观变化的酸碱指示剂,石蕊热稳定性良好,且实验^[13]证明水的电离对石蕊显色并无干扰。选择使用简洁的pH传感器测定盐类水解平衡移动过程的曲线表征。以硫酸铵为研究对象的基于“四重表征”的盐类水解平衡影响因素教学实验设计框架如图1所示。

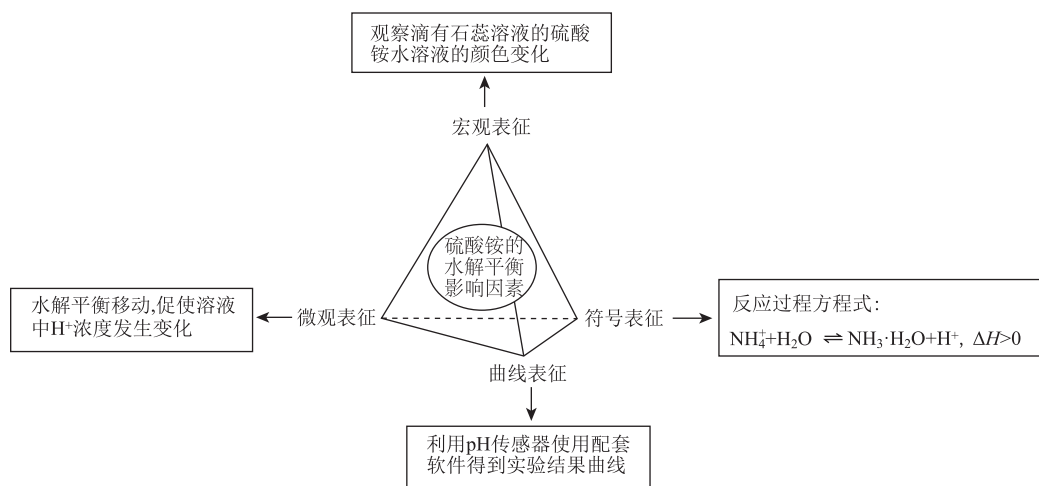
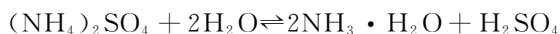


Fig. 1 Experimental design framework of the influencing factors of salt hydrolysis equilibrium based on “quadruple representation”: taking ammonium sulfate as an example

图1 基于“四重表征”的盐类水解平衡影响因素实验设计框架——以硫酸铵为例

影响盐类水解的因素有内因和外因,内因即盐类自身的性质,决定了溶液的酸碱性, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液呈酸性,其水解方程式为:



铵根的水解方程式为:



外因主要包括3个因素:(1)盐溶液的浓度,通过向 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液中加入硫酸铵固体和去离子水以分别探究盐溶液浓度的变化对 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 水解平衡移动的影响,并且可以在此基础上进一步设计分别加入氯化铵固体和硫酸钠固体的对比实验,帮助学生明确水解实质、深化离子观念;(2)体系的温度,通过水浴的方式对 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液进行加热,之后恢复室温从而探究温度的升降对 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 水解平衡移动的影响,并与直接加热方式进行了对比,引导学生体会反应条件的细微改变所带来的影响,能够基于实验结果和已有知识进行多重影响因素的分析,形成科学的实验思维;(3)溶液的酸碱度,通过向 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液中滴加同浓度的 H_2SO_4 稀溶液和 NaOH 稀溶液以探究

酸碱性对 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 水解平衡移动的影响,由于 H_2SO_4 稀溶液和 NaOH 稀溶液本身的酸碱性即会对pH产生影响,将 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液替换为同体积、同pH的 H_2SO_4 溶液和 NaOH 溶液进行了对照实验,对比pH变化曲线的不同,帮助学生厘清迷思概念、进一步理解水解平衡移动过程。

3 实验药品与装置

实验药品:硫酸铵固体、去离子水、石蕊溶液、 0.1 mol/L H_2SO_4 溶液、 0.1 mol/L NaOH 溶液。

实验仪器:烧杯(150 mL、250 mL各1只)、药匙、电子天平、容量瓶、玻璃棒、洗气瓶、胶头滴管、量筒、磁力加热搅拌器、磁力搅拌子、朗威pH传感器、数据采集器、电脑及配套软件(DIS-Lab 8.0)、温度计。

实验装置:见图2。

4 实验步骤

4.1 配制相应物质的量浓度的盐溶液

当 $\text{pH}=5.0$ 时,溶液在石蕊指示剂的作用下会发生颜色突变(红色 $\leftrightarrow$ 紫色)。通过 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的水解平衡常数计算可得室温下物质的量浓度为

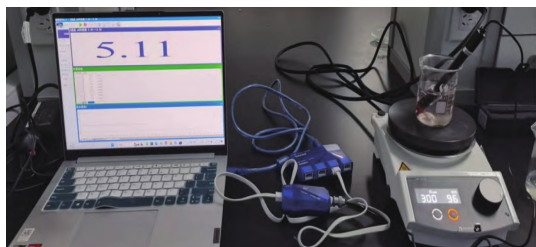


Fig. 2 Experimental device

图 2 实验装置

0.09 mol/L 的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液 $\text{pH} = 5.0$, 配制 0.09 mol/L 的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液。

4.2 组装仪器与实验前准备

(1) 如图 2 所示将仪器组装在一起, 连接好数据采集器、pH 传感器、电脑后打开软件, 确认仪器运行正常, 设置采样间隔为 0.1 s。

(2) 向 150 mL 烧杯中加入 30 mL 0.09 mol/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液、5 滴石蕊溶液与磁力搅拌子。

(3) 设置磁力加热器旋转速度为 300 rpm。

4.3 探究浓度对水解平衡移动的影响

(1) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液浓度升高对水解平衡移动的影响

①运行软件的同时向装有 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液的烧杯中加入 4.0 g 硫酸铵固体。

②1 min 后, 若示数稳定 (5 s 内 pH 无变化), 继续加入 4.0 g 硫酸铵固体, 重复此操作 4 次。

(2) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液浓度降低对水解平衡移动的影响

与 (1) 中的步骤大致相同, 只是将 4.0 g 硫酸铵固体换为 5 mL 去离子水。

(3) 探究 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 中参与水解的微粒

与 (1) 中的步骤大致相同, 只是将 4.0 g 硫酸铵固体分别换为 4.0 g 氯化铵固体、8.9 g 硫酸钠固体, 并且不重复操作。

4.4 探究温度升降对水解平衡移动的影响

(1) 将装有 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液的 150 mL 烧杯放进 250 mL 烧杯中。

(2) 向 250 mL 烧杯中加水至水位没过 150 mL 烧杯中的溶液液面, 确保均匀加热。

(3) 运行软件的同时打开磁力加热器, 设置加热温度为 150 $^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 当 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液加热至 60 $^{\circ}\text{C}$ 时, 将 150 mL 烧杯移出 250 mL 烧杯, 关闭磁力加热器。

(5) 当 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液冷却至室温时, 停止收集数据。

(6) 将加热方式换为直接加热进行对比实验, 其余步骤不变。

4.5 探究酸碱度对水解平衡移动的影响

(1) 探究外加酸对 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 水解平衡移动的影响

①运行软件的同时用胶头滴管向装有 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液的烧杯中加入 2 滴 0.1 mol/L 的 H_2SO_4 溶液, 待示数稳定 (5 s 内 pH 无变化) 后, 停止记录。

②向另一 150 mL 烧杯中加入 30 mL 去离子水, 滴加 0.1 mol/L H_2SO_4 溶液, 使用 pH 传感器进行实时监控, 直至溶液 pH 与实验所用的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液相同。将①中 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液替换为该溶液进行重复, 作为对比。

(2) 探究外加碱对 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 水解平衡移动的影响

与 (1) 中的步骤大致相同, 只是将 H_2SO_4 溶液换为 NaOH 溶液。

5 实验结果与分析

通过实验观察到的溶液变色现象如图 3、4 所

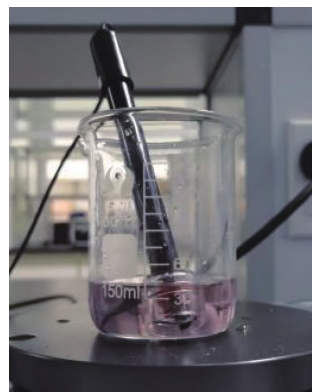


Fig. 3 The solution turns purple

图 3 溶液呈紫色

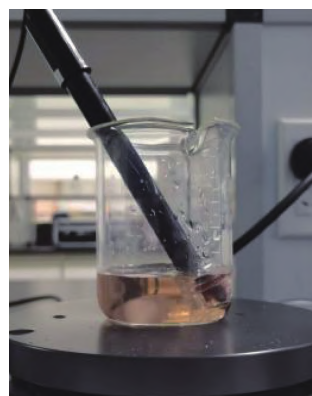


Fig. 4 The solution turns red

图 4 溶液呈红色

示, 效果明显、易于观察。

实验过程中软件可显示即时 pH 变化与曲线, 便于师生直接进行分析, 本研究利用收集到的数据重新进行了作图, 见图 5—11, 与即时曲线一致。具体分析见表 1—6。

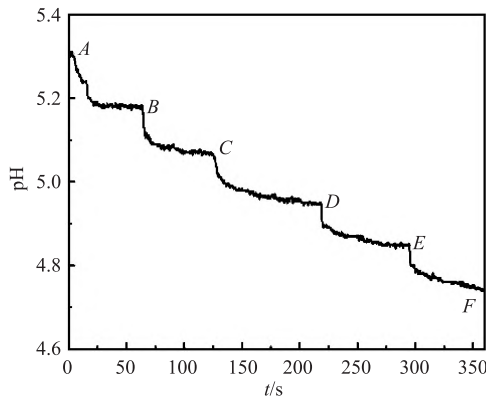


Fig. 5 Effect of elevated concentration of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ on hydrolysis equilibrium movement: curve change

图 5 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 浓度升高对水解平衡移动的影响——曲线变化

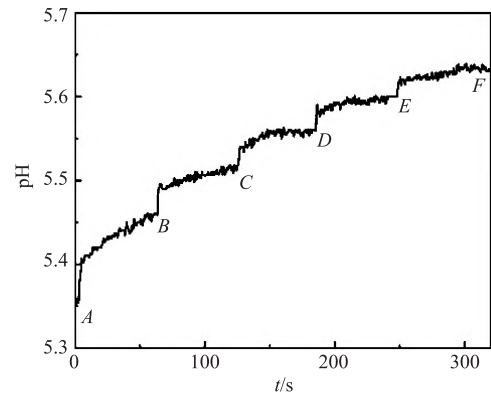


Fig. 6 Effect of reducing concentration of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ on hydrolysis equilibrium movement: curve change

图 6 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 浓度降低对水解平衡移动的影响——曲线变化

表 1 基于“四重表征”分析 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 浓度升高对水解平衡移动的影响曲线

Table 1 Analyzing the influence curve of elevated $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ concentration on hydrolysis equilibrium movement based on “quadruple representation”

表征 维度	内容分析			
	A—B, B—C	C—D	D—E, E—F	A—F
曲线	曲线下降, 先陡后缓, 最后趋平			曲线呈阶梯状下降
宏观	加入硫酸铵固体的瞬间, 溶液部分呈红色, 混合后恢复紫色	溶液由紫色变为红色	溶液颜色保持红色不变	溶液由紫色变为红色
微观	NH_4^+ 水解产生 H^+ 。加入硫酸铵固体使 NH_4^+ 浓度升高; 观察到 pH 降低表明溶液中 H^+ 浓度升高, 说明浓度升高使水解平衡发生正向移动。 加入固体瞬间部分区域溶液浓度偏高, 使此处水解平衡正向移动程度更大, pH 降低至小于 5 而使石蕊变色	NH_4^+ 水解产生 H^+ 。加入硫酸铵固体使 NH_4^+ 浓度升高; 观察到 pH 降低表明溶液中 H^+ 浓度升高, pH 降低至小于 5 而使石蕊变色。说明浓度升高使水解平衡发生正向移动	NH_4^+ 水解产生 H^+ 。加入硫酸铵固体使 NH_4^+ 浓度升高; 观察到 pH 降低表明溶液中 H^+ 浓度升高, 说明浓度升高使水解平衡发生正向移动	浓度会影响 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的水解平衡。浓度升高使水解平衡正向移动, pH 降低
符号	$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+, \Delta H > 0$			

表 2 基于“四重表征”分析 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 浓度降低对水解平衡移动的影响曲线

Table 2 Analyzing the influence curve of reducing $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ concentration on hydrolysis equilibrium movement based on “quadruple representation”

表征 维度	内容分析	
	A—B, B—C, C—D, D—E, E—F	A—F
曲线	曲线下降, 先陡后缓, 最后趋平	曲线呈阶梯状上升
宏观	溶液颜色保持紫色不变	溶液颜色保持紫色不变
微观	NH_4^+ 水解产生 H^+ 。加入去离子水使 NH_4^+ 浓度降低; 观察到 pH 升高表明溶液中 H^+ 浓度降低, 说明浓度降低使水解平衡发生逆向移动	浓度会影响 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的水解平衡。浓度降低使水解平衡逆向移动, pH 升高
符号	$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+, \Delta H > 0$	

5.1 浓度对水解平衡移动的影响

(1) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 浓度升高对水解平衡移动的影响 (见图 5 和表 1)

(2) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 浓度降低对水解平衡移动的影响 (见图 6 和表 2)

(3) 探究参与水解的具体微粒 (见图 7 和表 3)

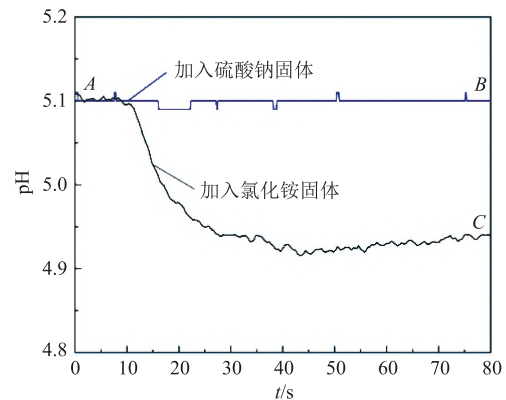


Fig. 7 Effect of adding NH_4Cl and Na_2SO_4 respectively on hydrolysis equilibrium movement: curve change

图 7 分别加入氯化铵、硫酸钠对水解平衡移动的影响——曲线变化

表 3 基于“四重表征”分析分别加入氯化铵、硫酸钠对水解平衡移动的影响曲线

Table 3 Analyzing the influence curve of adding NH_4Cl and Na_2SO_4 respectively on hydrolysis equilibrium movement based on “quadruple representation”

表征维度	内容分析	
	A—C	A—B
曲线	曲线下降, 先陡后缓, 最后趋平	曲线保持平直
宏观	溶液由紫色变为红色	溶液颜色保持紫色不变
微观	溶液中的微粒有: NH_4^+ , SO_4^{2-} , H^+ , OH^- , H_2O 。加入氯化铵固体使溶液中 NH_4^+ 浓度升高, pH 降低, 说明 NH_4^+ 参与水解	溶液中的微粒有: NH_4^+ , SO_4^{2-} , H^+ , OH^- , H_2O 。加入硫酸钠固体使溶液中 SO_4^{2-} 浓度升高, pH 不变, 说明 SO_4^{2-} 不参与水解
符号	$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$, $\Delta H > 0$	

5.2 温度对水解平衡移动的影响 (见图 8、图 9 和表 4)

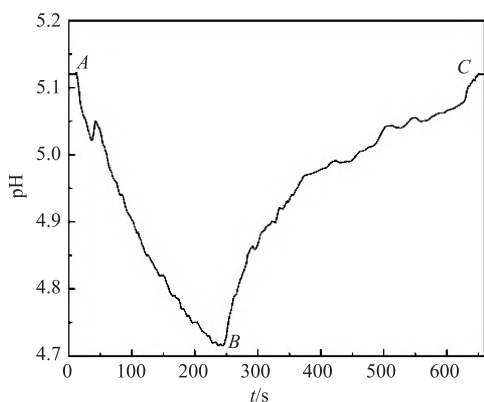


Fig. 8 Effect of water-bath heating on hydrolysis equilibrium movement: curve change

图 8 水浴加热对水解平衡移动的影响——曲线变化

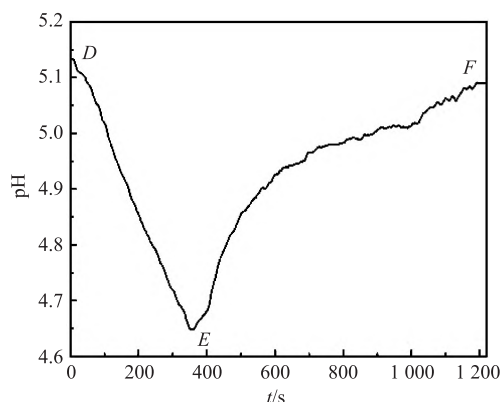


Fig. 9 Effect of direct heating on hydrolysis equilibrium movement: curve change

图 9 直接加热对水解平衡移动的影响——曲线变化

表 4 基于“四重表征”分析水浴加热与直接加热对水解平衡移动的影响曲线

Table 4 Analyzing the influence curve of water-bath heating and direct heating on hydrolysis equilibrium movement based on “quadruple representation”

表征维度	内容分析			
	A—B, D—E	B—C, E—F	A—C	D—F
曲线	曲线下降	曲线升高, 先快后慢	曲线先下降后上升 (A 点与 C 点 pH 相等)	曲线先下降后上升 (D 点 pH 大于 C 点 pH)
宏观	溶液由紫色变为红色	溶液由红色变为紫色	溶液由紫色变为红色再恢复紫色	溶液由紫色变为红色再恢复紫色
微观	NH_4^+ 水解产生 H^+ 。观察到 pH 降低表明溶液中 H^+ 浓度升高, 说明升温使水解平衡发生正向移动。pH 降低至小于 5 而使石蕊变色	NH_4^+ 水解产生 H^+ 。观察到 pH 升高表明溶液中 H^+ 浓度降低, 说明降温使水解平衡发生逆向移动。pH 升高至大于 5 而使石蕊变色	NH_4^+ 水解产生 H^+ , 在同一条件下 pH 相等, 水解程度相等	NH_4^+ 水解产生 H^+ , 直接加热使溶液在升温前后浓度条件发生改变, 浓度升高使水解平衡发生正向移动, pH 小于升温前 pH
符号	$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}^+$, $\Delta H > 0$			

5.3 酸碱度对水解平衡移动的影响

(1) 酸性对硫酸铵水解平衡移动的影响 (见图 10 和表 5)

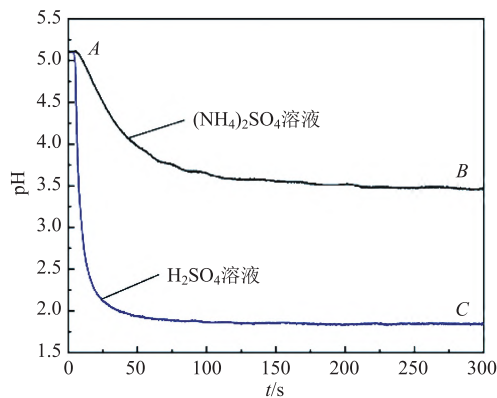


Fig. 10 Effect of adding acid on hydrolysis equilibrium movement: curve change

图 10 外加酸对水解平衡移动的影响——曲线变化

表 5 基于“四重表征”分析外加酸对水解平衡移动的影响曲线
Table 5 Analyzing the influence curve of adding acid on hydrolysis equilibrium movement based on “quadruple representation”

表征 维度	内容分析	
	A—C	A—B
曲线	曲线下降，先陡后缓，最后趋平	曲线下降，先陡后缓，最后趋平，下降幅度弱于 AC 曲线，即 AB 曲线 pH 大于 AC 曲线
宏观	溶液由紫色变为红色	溶液由紫色变为红色
微观	H ₂ SO ₄ 电离出 H ⁺ 会使 pH 降低。pH 降低至小于 5 而使石蕊变色	H ₂ SO ₄ 电离出 H ⁺ 会使 pH 降低。对比 AC 曲线可以发现体系中有阻碍 pH 降低的因素，NH ₄ ⁺ 的水解产生 H ⁺ ，说明外加酸使水解平衡逆向移动
符号	H ₂ SO ₄ = 2H ⁺ + SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺ + H ₂ O ⇌ NH ₃ · H ₂ O + H ⁺ ， ΔH > 0 H ₂ SO ₄ = 2H ⁺ + SO ₄ ²⁻

(2) 碱性对水解平衡移动的影响 (见图 11 和表 6)

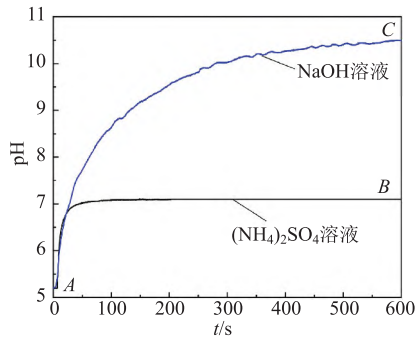


Fig. 11 Effect of adding alkali on hydrolysis equilibrium movement: curve change

图 11 外加碱对水解平衡移动的影响——曲线变化

表 6 基于“四重表征”分析外加碱对水解平衡移动的影响曲线

Table 6 Analyzing the influence curve of adding alkali on hydrolysis equilibrium movement based on “quadruple representation”

表征 维度	内容分析	
	A—C	A—B
曲线	曲线上升，先陡后缓，最后趋平	曲线上升，先陡后缓，最后趋平，上升幅度弱于 AC 曲线，即 AB 曲线 pH 小于 AC 曲线
宏观	溶液颜色保持紫色不变	溶液颜色保持紫色不变
微观	NaOH 电离出 OH ⁻ 会使 pH 升高	NaOH 电离出 OH ⁻ 会使 pH 升高，对比 AC 曲线可以发现本体系中有阻碍 pH 升高的因素，NH ₄ ⁺ 的水解产生 H ⁺ ，说明外加碱使水解平衡正向移动
符号	NaOH = Na ⁺ + OH ⁻	NH ₄ ⁺ + H ₂ O ⇌ NH ₃ · H ₂ O + H ⁺ ， ΔH > 0 NaOH = Na ⁺ + OH ⁻

6 小结

本研究在手持技术支持下，基于“四重表征”的教学模式设计了“探究盐类水解影响因素”的教学实验。实验选择了无色的硫酸铵溶液作为实验对象，易于观察宏观变化、丰富表征维度，还能有效避免配位平衡和水解产物挥发的影响。实验中借助石蕊溶液将水解平衡的移动通过颜色变化直观体现，得到宏观表征维度，使用 pH 传感器得到动态曲线，从而可以根据实验结果探析微观变化，进行符号表征。本研究中深入探究了浓度、温度和酸碱度对盐类水解平衡移动的影响，同时设计了相应的对比实验以帮助学生厘清学习过程中的迷思概念，掌握盐类水解平衡移动影响的本质。

以硫酸铵作为实验对象的盐类水解影响因素实验步骤设计简单、易重现，便于教学演示和学生操作，适用于中学教学。该实验充分发挥了手持技术可视化、定量化、动态化的优势。结果分析的四重表征转化过程符合学生学习的认识规律，能够帮助学生理解微观变化的本质，构建盐类水解影响因素的科学认知模型。

综合来看，本研究响应新课标要求，通过手持技术可视化了抽象的盐类水解平衡移动过程，通过对比实验的设计引导学生进一步理解微观本质，深化变化与平衡思维，提高学生的思维转化能力、宏观结合能力、实验探究能力和证据推理能力，有助于“宏观辨识与微观探析”“变化观念与平衡思想”和“证据推理与模型认知”等核心素养的落实。

参 考 文 献

- [1] 陈晓娜, 闫春更, 周礼, 等. 化学教育 (中英文), 2018, 39 (19): 41—46
- [2] 谭宇凌, 钱扬义, 温金菊, 等. 化学教育 (中英文), 2022, 43 (23): 112—118
- [3] 麦裕华, 钱扬义. 化学教育 (中英文), 2020, 41 (19): 83—89
- [4] 钱扬义, 张积家, 罗秀玲, 等. 化学概念与化学“学科关键词”的学习与认知. 北京: 科学出版社, 2009: 168—172
- [5] 陈琛, 姚如富, 邵忠德, 等. 化学教育, 2015, 36 (1): 29—33
- [6] 张画花, 杨怀明. 安徽教育科研, 2019 (1): 33—34
- [7] 谢志坚, 许丽丽, 罗旋殊, 等. 广东化工, 2012, 39 (11): 57—58
- [8] 江丹虹, 袁明华. 中学化学教学参考, 2016 (10): 27—29
- [9] 李莉莉, 刘艺琳, 王雁筱. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2022, 47 (12): 109—117
- [10] 邓峰, 钱扬义, 钟映雪, 等. 化学教育, 2009: 30 (11): 24—27
- [11] 李晴. 数字化实验在化学反应原理模块中的教学实践研究. 合肥: 合肥师范学院硕士学位论文, 2022: 18—22
- [12] 王美玲, 龙世佳, 陈敏敏, 等. 基于 TPACK 的化学教学设计——以“影响盐类水解的因素”教学为例 [J/OL]. [2023-08-25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4754.T.20221228.1238.001.html>.
- [13] 杨杰, 姜建文, 曾承辉. 化学教育 (中英文), 2023, 44 (3): 104—110

Experimental Inquiry on Influencing Factors of Salt Hydrolysis Equilibrium Based on “Quadruple Representation” Teaching Mode

MENG Chao-Yue CAI Xiao-Qing*

(College of Chemistry & Materials Engineering, Wenzhou University, Wenzhou 325000, China)

Abstract Based on “quadruple representation” teaching mode, a series of handheld technology digital experiments are designed to explore the influencing factors of salt hydrolysis equilibrium. Through the discoloration phenomenon of aqueous solution with litmus, the macroscopic changes of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ solution hydrolysis equilibrium movement is visualized. Using pH sensor, the pH curve of $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ solution hydrolysis equilibrium movement is measured. By combining the macroscopic change with the pH curve, the microcosmic reaction principle will be deduced and then characterized by symbolic forms. Thus, these exploration experiments not only implement the cultivation of chemistry core literacy of developing students' thinking conversion ability, macro-micro combination ability, scientific inquiry ability and evidential reasoning ability, but also provide materials for relevant teaching.

Keywords salt hydrolysis equilibrium; quadruple representation; hand-held technology digital experiment; ammonium sulfate