

基于“元素观”的铁、铜及其化合物的复习课研究

江苏省宿迁市沐阳怀文中学

223600

魏良怡

江苏省宿迁市沐阳高级中学

223600

刘敏

“元素观”是中学化学的核心观念,是学习元素化合物的基本方法。根据高三一轮复习的教学经验,在学生已有“铁、铜及其化合物”的具体知识与观念认识基础上,将“元素观”进一步地建构。依靠问题链的问题驱动、比较推理、实验探究等方法,紧贴高考考试说明的要求和高考方向,将铁、铜及其化合物的“元素观”进行“具体化”地演变成“价态观”、“强弱观”、“水解观”,以此帮助学生实现元素化合物知识网络的构建和解题能力的提高。

一、教材及教情、学情分析

苏教版化学《必修1》将“铁、铜的获取及应用”编排在专题3“从矿物到基础材料”的第二单元。在学习教材内容“铁、铜及其化合物的应用”编写上来看,首先从回顾初中已学过的铁、铜的基本性质引入,再重点探究三个知识点:(1)从氧化还原角度分析 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 的相互转化;(2) Fe^{3+} 的检验方法;(3) Cu 与 FeCl_3 反应的应用——制作印刷电路板。经过学习,学生能够建立铁及其化合物相互转化的知识网络,例如铁三角关系、铁及其化合物的二维关系(图1和图2)。

但在高考题中涉及“铁、铜及其化合物”知识点主要集中在两种题型:(1)实验选择题[如 Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 的检验、 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 制备、 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 的水

解问题等];(2)化工流程题(其中氧化还原反应方程式书写为必考内容),这就要求高三学生能够学以致用,对已有的知识进行升华和提炼才能解

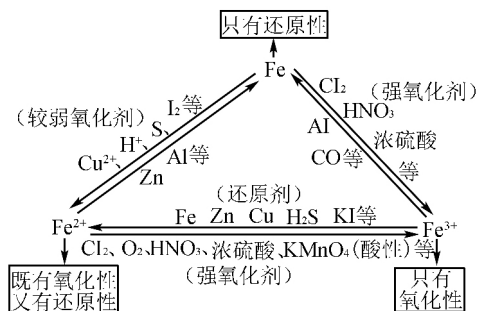


图1

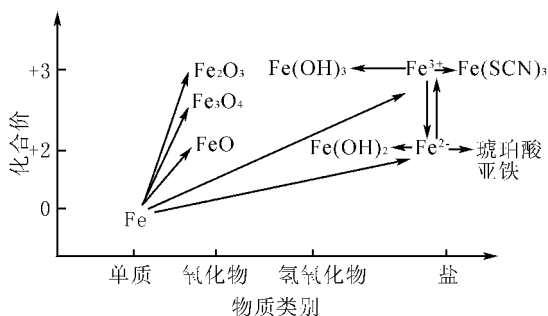


图2

表1

假设 ①	取代反应	无论是取代烃基 C-H 上的 H 还是醛基中的氢原子,消耗 1 mol Br ₂ ,会生成 1 mol Br ⁻ ,反应后溶液的 pH 减小。
假设 ②	加成反应	若为加成反应,消耗 1 mol Br ₂ ,产物只有油状液体,无 Br ⁻ 生成。
假设 ③	氧化反应	溴水与乙醛发生氧化还原反应时,离子方程式: $\text{CH}_3\text{CHO} + 5\text{Br}_2 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CO}_2 \uparrow + 10\text{H}^+ + 10\text{Br}^-$,消耗 1 mol Br ₂ ,生成 2 mol Br ⁻ 。反应后溶液的 pH 也减小。

【实验验证】验证后发现,反应后,溶液的 pH

减小,滴加硝酸银溶液,有沉淀产生,过滤,洗涤,烘干,称量所得固体的质量 m_1 ,结合实验前取用溴水量(含 Br₂ 的质量 m_2),通过计算可得结论:乙醛能与溴水反应,反应类型为氧化反应。

在过程中思考,在思考中提升,这在“三段式”教学中得到充分的体现。在“三段式”教学中最大限度地践行了教师是教学的引导者,学生是课堂教学的主体,让学生参与到教学的每一个环节中,在参与中促进思维意识的形成,培养学生的化学核心素养观,提高了学生的思维能力。

(收稿日期:2017-03-15)

决高考题中的相关问题。化学元素观是化学观念中的核心观念,笔者根据高三化学一轮复习的教学情况和内容,努力将学生的“元素观”进行具体化地拓展(图 3 和图 4),发展学生的化学学科思维,帮助学生实现化学学科观念的建构,实现“元素及其化合物”问题的高得分率。

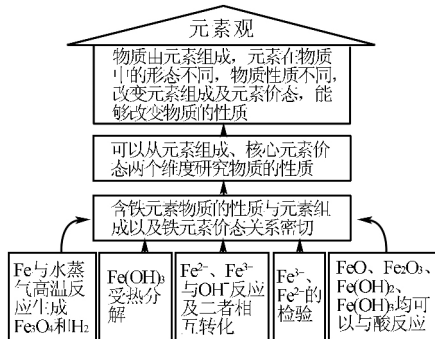


图 3

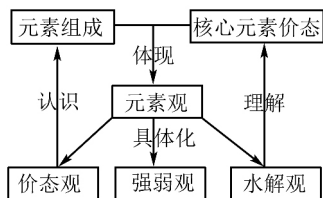


图 4

二、基于“元素观”的三维目标

1. 知识与技能

掌握铁、铜及其化合物的性质和应用,能从氧化还原反应的角度书写相关方程式,加强实验操作技能。

2. 过程与方法

通过 Fe^{2+} 与 Fe^{3+} 的相互转化、 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的制备、 Fe^{3+} 与 HCO_3^- 的双水解等问题,运用归纳、总结、类比、实验等方法促进铁、铜及其化合物的“价态观”“强弱观”“水解观”的建立。

3. 情感态度与价值观

(1) 学科价值: 铁、铜是典型的金属元素,对铁、铜化合物的学习也有利于其他金属元素的学习。

(2) 认识价值: 在已有的元素观(组成和价态)知识体系上对铁、铜化合物进行更深层次地学习和讨论,提高学生的认识能力和水平。

(3) 生活价值: 铁、铜是生活中应用较为广泛的金属,它们与工业生产、科学研究、百姓生活有着密

切的联系,它们是我们“最亲密的金属”之一。

三、教学过程和设计

1. 引入

【问题驱动 1】将 FeCl_3 溶液滴加到淀粉 - KI 试纸上为何变蓝?

【问题驱动 2】向 FeBr_2 溶液中通入 Cl_2 为何先氧化 Fe^{2+} ?

【问题驱动 3】如何除去 CuSO_4 溶液中混有少量 Fe^{3+} ?

【生 1】 $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- = \text{I}_2 + 2\text{Fe}^{2+}$, Fe^{3+} 将 I^- 氧化成 I_2 , 淀粉遇碘变蓝。(体现价态观)

【生 2】由 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Br}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Br}^-$ 可知,还原性 $\text{Fe}^{2+} > \text{Br}^-$ 。(体现氧化性/还原性的强弱观)

【生 3】: 利用 Fe^{3+} 的水解平衡原理, $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$, 可以加入 CuO 、 CuCO_3 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ 消耗 H^+ , 增大溶液的 pH, 由于 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 和 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 的 K_{sp} 差异, 可使得 Fe^{3+} 的水解程度增大直至生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀而不使 Cu^{2+} 沉淀, 最终除去 Fe^{3+} 。(体现 Fe^{3+} 的水解观)

【设计意图】通过已具备的铁、铜及其化合物“元素观”知识来解决三个角度的问题, 引导学生将知识网络进行延伸, 实现由“学”向“用”, 由“是什么”向“为什么”的转变。让学生从每个问题中体会具体的“元素观”(价态观、强弱观、水解观), 掌握思考和答题的方法。

2. 价态观

【投影】展示多种相同价态和不同价态的铁、铜化合物和 Fe^{2+} 与 Fe^{3+} 的相互转化关系(图 5 和图 6)

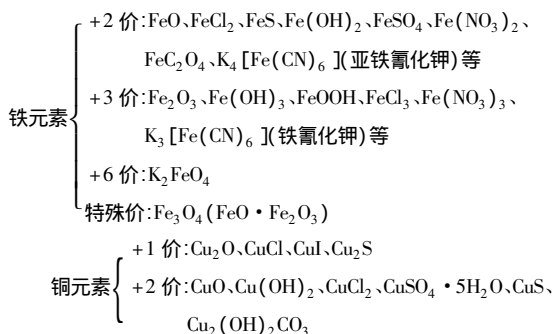


图 5

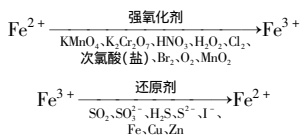


图 6

【设计意图】根据元素组成找到物质所属类别,学习物质的通性;根据核心元素的化合价,可判断物质的氧化性和还原性,而“具体化的元素观”——“价态观”直观地引导学生体会和预测已学过和未学过物质的性质,为下面的铁、铜化合物参与氧化还原反应的化学方程式书写做好铺垫。

【问题驱动 1】下列离子的检验方法合理的是 (D)

- A. 向某溶液中滴入 KSCN 溶液呈红色,说明不含 Fe^{2+}
- B. 向某溶液中加入酸性 KMnO_4 溶液,溶液褪色,说明原溶液中一定含 Fe^{2+}
- C. 向某溶液中加入 NaOH 溶液,得红褐色沉淀,说明溶液中一定不含 Fe^{2+}
- D. 向某溶液中加入 NaOH 溶液得白色沉淀,又观察到颜色逐渐变为红褐色,说明该溶液中含有 Fe^{2+} ,可能含有 Mg^{2+}

【问题驱动 2】请同学们分析图 7 所示的氢氧化亚铁的制备装置和原理。

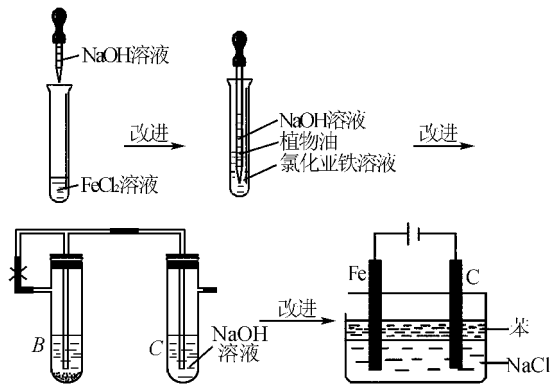


图 7

【问题驱动 3】请写出下列反应的离子方程式。

- (1) 向 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ 溶液中加入稀硫酸的反应。
- (2) FeCl_3 溶液吸收 H_2S 气体,得到 S 单质的反应。

(3) K_2FeO_4 是一种新型的净水剂,利用 FeCl_3 与 KClO 在强碱条件下可制取 K_2FeO_4 。净水时 K_2FeO_4

与水反应生成红褐色沉淀和 O_2 。(两个反应)。

(4) 铜与稀硫酸不反应,加入 H_2O_2 后溶液很快变成蓝色。

(5) Cu_2O 在稀硫酸中不稳定,有 Cu 单质生成,溶液成蓝色。

(6) CuSO_4 溶液中加入一定量的 Na_2SO_3 和 NaCl 溶液,加热生成 CuCl 沉淀。

【设计意图】此处设计了三个问题:(1) Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 的检验;(2) 氢氧化亚铁的制备;(3) 含有不同价态铁、铜化合物的离子方程式的书写。问题 1 是对所学知识的回顾,目的是做到“温故而知新”。问题 2 目的是培养学生的化学思维,通过思考“如何防止氢氧化亚铁被空气氧化而保持长时间的白色沉淀状态”的问题,并贯穿复分解反应(氢氧化亚铁的制备)→氧化还原反应(氢氧化亚铁的不稳定性)→电解池(电化学)知识,将问题层层递进来提高学生的化学学科素养。问题 3 目的是理解和感受高考题中有关化工流程问题“氧化还原反应方程式”的书写,而离子方程式又是反应的本质,通过书写练习引导学生利用“价态观”来解决问题,将“元素观”的认知进行具体化和扩大化。

3. 强弱观

【师】 Fe^{3+} 和 Cu^{2+} 都具有氧化性,如何比较二者的氧化性强弱呢?

【生】利用 FeCl_3 溶液腐蚀 Cu 电路板的原理比较: $2\text{Fe}^{3+} + \text{Cu} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^{2+}$,在同一氧化还原反应里,氧化剂的氧化性大于氧化产物,即 $\text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+}$ 。

【问题驱动 1】 FeCl_3 、 CuCl_2 的混合溶液中加入铁粉,充分反应后仍有固体存在,则下列判断不正确的是 (C)

- A. 加入 KSCN 溶液一定不变红色
- B. 溶液中一定含 Fe^{2+}
- C. 溶液中一定含 Cu^{2+}
- D. 剩余固体中一定含铜

【生】剩余固体是 Cu 或 Fe 和 Cu,因为先发生 $\text{Fe} + 2\text{Fe}^{3+} = 3\text{Fe}^{2+}$,后发生 $\text{Fe} + \text{Cu}^{2+} = \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}$, Fe^{3+} 一定没有剩余,有铁必有铜,故选 C。

【问题驱动 2】在 FeCl_3 、 CuCl_2 、 FeCl_2 的混合溶液中, Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 和 Fe^{2+} 的物质的量比值为 3:2:1,现加入适量铁粉,使溶液中三种离子的物质的量之比变化为 1:2:4,则参加反应的铁粉与原溶

液中 Fe^{3+} 的物质的量之比为 (C)

A. 2:1 B. 1:2 C. 1:3 D. 1:4

【生】因氧化性: $\text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+}$, 从离子比的变化可以看出 Fe^{3+} 有剩余, 则 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 没有参加反应, 根据反应的定量关系可以判断 C 是正确的。

【设计意图】为了加强学生的“强弱观”, 此处设置了如下的“问题链”——根据氧化还原反应的组成: 氧化剂 + 还原剂 = 氧化产物 + 还原产物, 利用氧化还原反应规律比较不同价态物质的氧化性和还原性强弱 ($\text{Fe}^{3+} > \text{Cu}^{2+}$) → 问题 1 从定性的角度进行运用 → 问题 2 从定量的角度分析理解不同的价态铁微粒间的相互转化。

4. 水解观

【实验探究 1】对于 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 在水溶液中存在水解情况, 所以除了要掌握它们的“价态观”、“强弱观”还要考虑它们的“水解观”。如泡沫灭火器原理是 AlCl_3 与 NaHCO_3 溶液的双水解反应迅速生成 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 CO_2 , 那么 FeCl_3 与 NaHCO_3 溶液混合有什么现象呢?

【现象 1】在试管底部生成红褐色沉淀 $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$, 有气体生成 (CO_2)。

【实验探究 2】将镁条放入硫酸铜溶液中有什么现象呢?

【现象 2】反应剧烈, 有蓝绿色沉淀 $[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ 和大量气泡生成 (H_2)。

【生 1】根据水解原理: $\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$ 、 $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$, 二者的水解互相促进生成 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 沉淀和 CO_2 气体, 即 $\text{Fe}^{3+} + 3\text{HCO}_3^- = \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$ 。

【生 2】 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{H}^+$, Mg 消耗 H^+ 反应生成 H_2 , 从而促进 Cu^{2+} 生成 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 沉淀, 即 $\text{Mg} + \text{Cu}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Mg}^{2+} + \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{H}_2 \uparrow$ 。

【问题驱动 1】已知 Fe^{2+} 生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 开始沉淀的 pH 为 5.8, 沉淀完全的 pH 为 8.8, $\text{FeSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{FeCO}_3 \downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$, 请回答: 制备 FeCO_3 时, 选用的加料方式 C (填字母), 原因是防止生成 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 沉淀。

A. 将 FeSO_4 溶液与 Na_2CO_3 溶液同时加入到

反应容器中

B. 将 FeSO_4 溶液缓慢加入到盛有 Na_2CO_3 溶液的反应容器中

C. 将 Na_2CO_3 溶液缓慢加入到盛有 FeSO_4 溶液的反应容器中

【问题拓展 2】将溶液中的 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 沉淀为氢氧化物, 需溶液的 pH 分别为 6.4、9.6、3.7。现有含 FeCl_x 杂质的氯化铜晶体 ($\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 为制取纯净的 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 首先将其制成水溶液, 然后按图 8 所示步骤进行提纯。

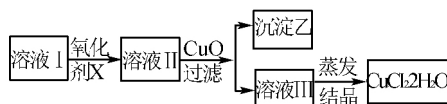


图 8

(1) 加氧化剂的目的是将 Fe^{2+} 转化为 Fe^{3+} , 便于除去。本实验最适合的氧化剂 X 是 C。

A. $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ B. NaClO C. H_2O_2 D. KMnO_4

(2) 加入 CuO 调节溶液的 pH 来除去 Fe^{3+} , pH 范围为 (3.7, 6.4)。

(3) 除去 Fe^{3+} 的离子方程式为 $3\text{H}_2\text{O} + 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{CuO} = 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{Cu}^{2+}$ 。

(4) 溶液 III 能不能直接蒸发结晶得到 $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 晶体? 不能。

若不能, 应如何操作? 向 CuCl_2 溶液中通入 HCl 气体后进行加热浓缩、降温结晶、过滤得晶体。

【设计意图】化学学习过程需要通过实验获取宏观现象, 并从微观视角探讨其本质, 从而得出物质及其变化的基本规律。离子的“水解观”是高考考查的重点, 它是“微观微粒”发生“宏观可观察”反应的内在动力。通过 FeCl_3 与 NaHCO_3 溶液混合的现象帮助学生理解离子间“双水解”的意义。通过镁条与硫酸铜溶液的反应现象, 能帮助学生在已有的认知 (Mg 将 Cu 置换出来) 基础上进一步理解 Cu^{2+} 的“水解观”作用。通过对问题驱动 1 (2013 年江苏高考化学第 19 题) 的思考, 要求学生能运用 Fe^{2+} 和 CO_3^{2-} 的水解来解决 FeCO_3 的制备问题。问题拓展 2 是典型的高考化工流程题的考查, 主要考查 Fe^{2+} 与 Fe^{3+} 的转化、利用“水解观”调节溶液的 pH 除杂的原理和溶液中晶体获得的方法三个知识点, 这同时也是对前

面知识的综合总结和应用。

四、教学反思

笔者通过一节课的设计和“45 分钟”的教学,前后经历了多样的复杂心情,本着打破传统元素化合物的复习教学为目标,致力帮助学生建构元素及其化合物的化学基本观念“元素观”、培养学生的化学思维,提升学生的化学素养为宗旨。

1. “问题驱动”是“问题链”的“具体”呈现

问题链是教师在特定的环境下,为实现某一特定的教学目标而设计的问题组合。随着“问题链”的呈现,学生或独立思考,或合作交流,或师生共同探讨,将学生的思维一次又一次推向高潮,极大地激发学生的学习热情和学习兴趣,突出学生在学习活动中的主体地位,鼓励学生独立思考、大胆质疑中既解决了问题,又获得了知识和方法。

(1) “价态观”中的问题链

Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 的检验与转化 $[\text{Fe}(\text{OH})_2]$ 的不稳定性 $\rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$ 的制备(从复分解反应到电解) $\rightarrow$ 多样价态的铁、铜化合物发生的氧化还原反应

(2) “强弱观”中的问题链

Fe^{3+} 的氧化性为何大于 Cu^{2+} ? $\rightarrow$ 若同时存在加入铁粉或铜粉有何影响(定性分析)? $\rightarrow$ 由定量的反应给予我们什么启示?

(3) “水解观”中的问题链

FeCl_3 与 NaHCO_3 溶液的混合为何类似于 AlCl_3 与 NaHCO_3 溶液的混合? Mg 与 CuSO_4 溶液反应为何剧烈? $\rightarrow$ 制备 FeCO_3 或 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 时需要注意什么? $\rightarrow$ 如何除去溶液中的 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} ? $\rightarrow$ 如何从溶液中获得铁盐或铜盐晶体?

2. 具体化的“元素观”是化学基本观念的“立体”呈现(表 2)

化学基本观念主要包括元素观、微粒观、变化观、实验观、分类观和化学价值观等。化学基本观念是化学学科核心素养的五大基本要素之一,是化学学科与化学教育有机结合的“阿基米德支点”之一。“具体化的元素观”是对化学基本观念的“具体”塑造和“立体”呈现,它是学生在学习“具体”的元素化合物时,通过“价态”、“强弱”、“水解”的角度对铁、铜及其化合物的深刻理解,它是一种独特的视角。通过对铁、铜化合物的性

质有一定的认识之后,还能对它们的化合物的保存、制备、分离、提纯、应用有一定的了解,乃至在生产和生活中都能体现它们的化学学科价值(见表 1)。

表 1

具体的“元素观”	问题和内容	化学学科价值
价态观	Fe^{2+} 和 Fe^{3+} 的检验 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 的制备 化工流程中的氧化还原反应的书写	借助教材和高考题素材,感受电解法在物质制备中的应用,通过实际化工流程中的应用展现铁、铜化合物在生产生活中的重要性。
强弱观	Fe^{3+} 与 Cu^{2+} 氧化性强弱的定性和定量比较	通过 FeCl_3 腐蚀 Cu 电路板的原理进一步强化转化观,微粒的本质性质是发生反应的内因。
水解观	FeCl_3 与 NaHCO_3 溶液的混合反应 镁与硫酸铜溶液反应 FeCO_3 的制备方法 工业流程中 CuCl_2 溶液中 Fe^{3+} 的除去和 CuCl_2 晶体的制备。	利用实验探究并结合学生已有相关知识,提高学生解决实际问题的内在品质。通过化工流程问题紧密联系生活,突出化学在生活中的作用。

3. “化学实验”是化学素养的“直观”呈现

学生通过化学实验能够加深理解某些化学概念,能够激发学生学习兴趣与动力,能够提高问题解决的能力和理解化学反应的本质。由于课堂的时间有限,遗憾的是没有进行学生实验,采用的是教师演示实验。引导学生将“ FeCl_3 与 NaHCO_3 溶液的反应与 AlCl_3 与 NaHCO_3 溶液的反应”通过知识的迁移进行预测反应结果,再从实验结果中发现问题的价值并为之寻找合理的解释。 Mg 与 CuSO_4 溶液的反应是在已有的知识体系上进行“拉伸”提高,通过实验现象分析探讨产生的可能因素并得到明确的结论。总之,化学实验不仅引导学生体验科学探究活动,又要求学生通过化学实验来获取知识、技能和价值观的化学素养,它是最直观的体现。

(收稿日期:2017-01-15)