

教考衔接视域下高三化学实验教学的思考与实践^{*}

钟晓欣

深圳大学附属中学 广东深圳 518052

摘要:本文基于教考衔接理论,结合广东高考化学实验探究题的特点,设计了以“Al与CuCl₂溶液反应”为主题的递进式实验任务,引导学生对该过程产生的白色沉淀的成分、成因及形成条件进行综合分析,促进学生深刻了解反应过程,形成严谨的实验思维,提升科学探究能力。

关键词:教考衔接;高三化学;实验教学;Al与CuCl₂溶液反应

文章编号:1008-0546(2024)24-0057-04

中图分类号:G632.41

文献标识码:B

一、背景介绍

《关于全面深化课程改革落实立德树人根本任务的意见》和《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》(以下简称《高中新课标》)均指出要强化教考衔接,回归学科本质。这为基础教育的教学与测评提出了新的要求,即在《高中新课标》的统领下,实现两者的高度融合以及目标与结果的深度匹配。高考试题遵循《高中新课标》,引导中学教学遵循教育规律,回归课标、回归教材,严格按照高中化学课程标准进行教学。^[1]国家及各省市高考化学试题在依据《高中新课标》命题的同时,还彰显着各自命题的风格与特色。因此,高三化学复习备考中,除了要深入解读《高中新课标》外,还应加强对高考试题命题特点的研究,并将其渗透于教学中,以充分落实教考衔接理念。

《高中新课标》对实验教学提出了明确要求,重视实验探究与实践活动,让学生在实验探究活动中学习科学方法,认识科学探究过程,体会、认识技术手段的创新对化学科学的重要价值。^[2]近年来,各省市的高考化学实验题遵循《高中新课标》命题原则,以真实情境为测试载体,涵盖探究反应物、生成物、反应条件及原理等多个方面,考查学生的实验设计、数据分析和逻辑推理能力。而广东高考化学实验探究题别具风格,聚焦化学反应原理进行细致探究,充

分考查学生对原理的深度理解,以及对控制变量思想的应用以及证据推理的能力。

综上所述,为进一步探索教考衔接理念下的高三化学实验教学,笔者结合近年来广东高考化学实验探究题的特点,以“Al与CuCl₂溶液反应”为情境,通过设计系列化探究任务,引导学生从反应原理的角度设计实验探究Al与CuCl₂溶液的反应。学生从理论到实践,再从实践中提炼理论,逐步构建知识网络,不断提升实验设计与分析能力。

二、实验教学分析

1. 广东高考化学实验探究题的考查特点

广东高考化学实验探究题是涵盖物质制备、实验操作及实验探究的综合题,不仅要求考生熟练掌握化学基础知识与技能,还鼓励他们运用学科思维探索化学原理的内在本质及外在影响因素。试题还原真实的实验探究过程,引导学生沿着科学探究的思路,经历“进行假设—设计方案—初步得出结论—发现证据不足以支撑假设—补充设计实验方案—最终得出结论”的全过程,考查学生实验思维的综合性、有序性和严谨性。笔者结合广东高考化学实验探究题的考查特点,对近四年广东高考化学实验探究题进行梳理,具体如表1所示。

^{*} 基金项目:本文系广东省基础教育高中化学学科(深圳)教研基地项目、深圳市教育科研专家工作专项课题“‘素养为本’的高中化学教学与评价研究”(kyzj4p007)的阶段性研究成果。

表 1 近四年广东高考化学实验探究题的考点情况

考点	年份/年			
	2021	2022	2023	2024
基础实验	氯气的实验室制法、净化除杂和收集;氯水成分的检验、 Cl^- 的检验	醋酸溶液浓度的相关计算;用容量瓶配制溶液的操作规范	酸碱中和滴定的仪器、试剂及操作;物质的量浓度的计算及中和热的计算	元素化合物的性质;滴定的仪器、试剂及操作;物质的量浓度的计算;化学反应速率的计算
拓展探究	以“通过测定溶液电导率,探究温度对 AgCl 溶解度的影响”为实验任务,考查学生基于 K_{sp} 的溶液中离子浓度的计算、实验方案设计、根据实验现象进行分析推理,以及实验方案的优化与验证等	以“研究 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下醋酸电离平衡的影响因素”为实验任务,考查学生对醋酸电离平衡分析、电离平衡移动方向的判断、中和滴定计算、滴定曲线绘制、电离常数的测定,以及对实验方案的优化等	以“化学反应中焓变的测定与计算”为实验任务,考查学生运用热力学原理测定化学反应过程中的能量变化,焓变计算、实验方案设计、对离子反应机理的理解、针对实验过程中出现的问题进行方案完善等	以“设计实验探究浓度对化学反应速率的具体影响”为实验任务,考查学生设计实验步骤、观察实验现象、优化实验方案、数据处理的能力等

广东高考化学实验探究题主要呈现以下特点。

(1)立足基础实验,考查必备知识。

试题紧密围绕《高中新课标》,立足基础实验,全面考查学生的必备知识。试题设计注重基础性和综合性,通过对常见实验现象、实验原理、基本操作等内容的考查,引导学生识记化学实验基础知识,深化学生对实验原理的理解和应用。

(2)聚焦真实问题,注重证据推理。

试题在选材上注重贴近生活实际和工业生产。聚焦真实问题,通过设计具有实际意义的情境,引导学生提取信息、分析实验数据,进行证据推理,从而得出科学结论。这有助于培养学生的科学探究能力和批判性思维。

(3)重视方案设计,强化变量控制。

试题突出考查控制变量思想下的实验方案设计,引导学生分析变量、设计控制无关变量且有规律地改变因变量的实验方案,考查学生实验逻辑的严

谨性和分析问题视角的全面性。

2. 学情分析

对于初入高三学生,已经构建了知识体系,掌握了丰富的元素化合物知识。通过学生问卷调查和访谈,了解到学生实验过程中过于依赖教材实验描述或教师指导,主动收集、分析实验证据并用于解释实验现象的能力略显不足,以及基于多角度应用知识和技能综合进行方案设计的能力仍有待提升。因此,高三实验教学应更加注重真实情境下的实验知识、原理、操作、评价等的高度融合,通过学习任务驱动学生不断在综合情境中强化知识输出与应用。

三、实验教学思路设计

本节课教学活动以 Al 与 CuCl_2 溶液反应生成白色沉淀^[3]为研究核心设计学习任务,旨在引导学生基于产物研究深入理解化学反应的机理及影响因素。具体教学流程如图1所示。

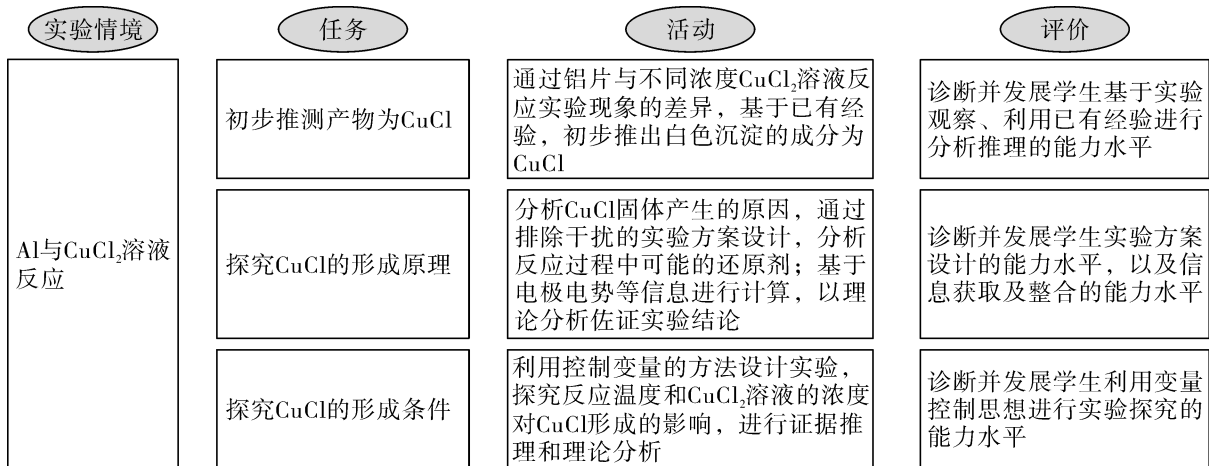


图 1 “Al 与 CuCl₂ 溶液反应”的教学流程图

四、实验教学实施

1. 任务一 初步推测产物为 CuCl

[教师]请同学们预测 Al 与 CuCl_2 溶液反应的现象。

[学生]Al 比 Cu 活泼,可以将 Cu 单质从含 Cu^{2+} 的盐溶液中置换出来。因此,可以观察到溶液由蓝色变无色,且有红色固体生成。

[教师活动]提供 10 mL 不同浓度 CuCl_2 溶液与铝箔反应的实验现象,如表 2 所示。^[4]

表 2 10 mL 不同浓度 CuCl_2 溶液与铝箔反应的现象

实验编号	CuCl_2 溶液/(mol/L)	实验现象
①	0.25	红色沉淀附于铝箔表面,溶液无色,有气体生成
②	0.50	红色沉淀较多,溶液无色,有气体生成
③	0.75	大量红色沉淀,溶液呈淡蓝色,有气体生成
④	1.0	溶液呈茶色,底部有红色沉淀,有大量气泡生成
⑤	1.5	溶液呈茶褐色,有红色沉淀且掺有白色,有气体生成
⑥	2.0	溶液呈茶褐色,有红色沉淀且有大量白色沉淀,有气体生成

注:实验所用铝箔为分析纯,每片铝箔长约 3 cm、宽约 2 cm,反应前铝箔未做处理。

[学生]和预测不一致的实验现象是有气体生成,而且还有白色沉淀生成。

[教师]气体可能是什么?为什么会有气体生成?

[学生]可能是 H_2 ,是因为 Cu^{2+} 水解使溶液显酸性,Al 与溶液中的 H^+ 反应产生 H_2 。

[教师]白色沉淀又是什么物质?

[学生]可能是 CuCl。

2. 任务二 探究 CuCl 的形成原理

[资料卡片]①CuCl 为白色立方结晶或白色粉末。②CuCl 易溶于浓氨水-NaCl 溶液,并生成配合物,不歧化成 Cu^{2+} 和铜单质;溶于浓氨水形成无色配合物 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^+$,且在空气中会被氧化为蓝色。

[教师]结合资料,设计实验方案验证白色沉淀是否为 CuCl。

[学生]取实验④中反应后的悬浊液,过滤、洗涤

后得到沉淀,向该沉淀中滴加浓氨水-NaCl 溶液,沉淀逐渐溶解,溶液无色,静置一段时间后溶液呈蓝色,证明该白色沉淀为 CuCl。

[教师]CuCl 的形成原理是什么?

[学生 1]可能是 Al 将 Cu^{2+} 还原为 Cu^+ , Cu^+ 再与 Cl^- 结合成 CuCl。

[学生 2]也有可能是反应置换出的 Cu 将 Cu^{2+} 还原为 Cu^+ , Cu^+ 再与 Cl^- 结合成 CuCl。

[学生 3]在这个混合体系中,无法辨别到底是 Al 还是 Cu 将 Cu^{2+} 还原的,是不是也有可能都还原了 Cu^{2+} 。

[教师]反应过程也产生了 H_2 ,按照同学们的推测, H_2 是否也能将 Cu^{2+} 还原?

[学生 1] H_2 也具有还原性。

[学生 2]这个复杂的体系中,有三种物质可以将 Cu^{2+} 还原。

[学生 3] H_2 难溶于水,反应生成的 H_2 从溶液中逸出, H_2 应该很难将 Cu^{2+} 还原。

[教师]我们需要分别研究这三种物质单独与 CuCl_2 溶液的反应。如何设计实验方案?

[学生 1]向 CuCl_2 溶液中加入铜粉,观察是否有白色沉淀生成。

[学生 2]向 CuCl_2 溶液中通入 H_2 ,观察是否有白色沉淀生成。

[教师]Al 与 CuCl_2 溶液反应时,如何避免 Cu 的产生?

[学生]Al 只要与 CuCl_2 溶液接触,就会有 Cu 和 H_2 产生。那就让两者在不接触的情况下反应。将其设计为双液原电池(见图 2)。

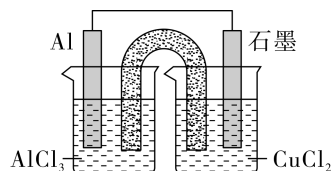


图 2 双液原电池装置示意图

[教师]我们可以通过实验进行验证,除了实验验证之外,也可以基于定量计算进行分析。

[资料卡片] $\varphi^\ominus$ 表示氧化还原反应的氧化型/还原型半反应电极电势,电动势 $E = \varphi_{\text{正}} - \varphi_{\text{负}}$ 。若 $E > 0$,则该反应能自发进行; E 越大,反应进行的程度越大。部分氧化还原反应的氧化型/还原型半反应电极电势如表 3 所示。^{[5][6]}

表 3 部分氧化还原反应的氧化型/还原型半反应电极电势

氧化型/还原型	电极电势 $\varphi^\ominus/\text{V}$
Cu^{2+}/Cu	0.342
$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$	0.153
$\text{Cu}^{2+}/\text{CuCl}$	0.538
Cu^+/Cu	0.521
CuCl/Cu	0.137
Al^{3+}/Al	-1.676
H^+/H_2	0

[教师]基于以上信息,可以得出什么结论?

[学生]基于表 3 数据进行计算。①Al 与 CuCl_2 溶液反应生成 CuCl : $E = \varphi(\text{Cu}^{2+}/\text{CuCl}) - \varphi(\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = 2.214 \text{ V}$, $E > 0$, 反应可自发进行。②Cu 与 CuCl_2 溶液反应生成 CuCl : $E = \varphi(\text{Cu}^{2+}/\text{CuCl}) - \varphi(\text{CuCl}/\text{Cu}) = 0.401 \text{ V}$, $E > 0$, 反应可自发进行。③ H_2 与 CuCl_2 溶液反应生成 CuCl : $E = \varphi(\text{Cu}^{2+}/\text{CuCl}) - \varphi(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0.538 \text{ V}$, $E > 0$, 反应可自发进行。因此,从反应自发性来看,反应体系中存在的 Al、Cu 和 H_2 这三种还原剂,理论上都可以在 Cl^- 存在的情况下将 Cu^{2+} 还原为 CuCl 。Al 将 Cu^{2+} 还原为 CuCl 这个反应进行的程度最大。

3. 任务三 探究 CuCl 的形成条件

[教师]在表 2 的实验中,我们发现不是所有的实验都生成了 CuCl ,可能的原因是什么?

[学生 1]可能需要在 Cl^- 浓度较大的溶液中才会生成 CuCl 。

[学生 2]也有可能是因为 Cl^- 浓度低,生成的 CuCl 的量不足,白色沉淀被掩盖了,无法观察到现象。

[学生 3]或者是 Cl^- 浓度低,反应速率比较慢,观察不到现象。

[学生 4]可以设置 Al 与不同浓度的 CuCl_2 溶液反应,在相同的时间内观测生成 CuCl 的量。

[学生 5]结合影响化学反应速率的因素,还可以将反应温度也作为变量。

[教师]请同学们利用控制变量法,设计实验,探究反应条件对生成 CuCl 的影响。

[演示实验]相同铝片分别与 10 mL 不同浓度 CuCl_2 溶液反应,10 分钟后,实验反应后的悬浊液,过

滤、洗涤、干燥得到沉淀并称重,向该沉淀中滴加浓氨水- NaCl 溶液,称取剩余固体的质量,通过差值法求得每一组实验生成 CuCl 的质量。

[学生]根据表 2 的实验现象,一共设置了五组变量,分别探究不同的温度和浓度对生成 CuCl 的影响,并进行实验操作,将 CuCl 从沉淀中分离后通过差值法测得每组生成的 CuCl 质量,如表 4 所示。

表 4 不同实验条件下铝片与 CuCl_2 溶液反应生成 CuCl 的质量

实验编号	实验条件	CuCl 质量/g
①	一片铝片和 10 mL 2 mol/L 的 CuCl_2 溶液(室温条件)	m_1
②	一片铝片和 10 mL 1.5 mol/L 的 CuCl_2 溶液(室温条件)	m_2
③	一片铝片和 10 mL 1.5 mol/L 的 CuCl_2 溶液(50℃水浴加热)	m_3
④	一片铝片和 10 mL 0.75 mol/L 的 CuCl_2 溶液(50℃水浴加热)	m_4
⑤	一片铝片和 10 mL 0.75 mol/L 的 CuCl_2 溶液(室温条件)	0

[教师]请同学们推测表中数据 m_1 、 m_2 、 m_3 、 m_4 的相对大小关系。

[学生]浓度相同时,50℃水浴时化学反应速率会比室温下快, $m_3 > m_2$ 。温度相同时,浓度大的反应速率快, $m_1 > m_2$ 。

[教师]实验测得 $m_3 > m_1 > m_2 > m_4$ 。还可以得出哪些结论?

[学生 1]由 $m_1 > m_3$ 分析,对于该反应,当浓度差别不大时,温度对反应速率的影响更显著。

[学生 2]这可能是因为升高温度使活化分子百分数增大,还导致分子运动速度加快,使得有效碰撞的概率增大,进而显著提高反应速率。

五、总结

基于《高中新课标》对学生科学探究素养的要求以及广东高考化学实验探究题的考查特点,设计了以“Al 与 CuCl_2 溶液反应”为情境的学习任务。尽管在本节课学习中,学生在综合实验方案设计方面仍需教师不断搭梯筑台才能拾级而上,但学生在实验问题的深度辨析与交流中,不断通过实验基础知识链接证据与学习任务,逐步形成完整且严密的实验逻辑。因此,对于学生实验思维及实验逻辑的培养并

(下转第 71 页)

节、七个评价任务和四个观察点,这些评价活动能够有效地为教学目标服务。①学生评价主体。学生专注课堂、参与活动、展示成果、动笔书写、合作评价。在一个个任务驱动下,学习兴趣浓烈。学生回答问题积极,可以判断大部分学生的核心素养目标基本达成。②教师评价主体。教师对情境问题的创设很好地引导学生,组织学生课堂自评和互评。③教师评价的反馈。教师利用肯定、引导、追问、补充和纠错等

多种方式对学生的学习情况做出恰当的点评并及时给予反馈,帮助学生完成课堂任务,发展学科核心素养,提高整合信息能力以及分析解决问题的迁移能力。^[2]

3. 个人总结评价

[评价意图]让学生成为评价主体,参考郑爱芳等^[3]的总结性评价量表,诊断本节课的教学效果,培养学生的反思能力。具体如表 4 所示。

表 4 总结性评价量表

评价指标		评价标准	评价等级 (A、B、C、D、E)	
一级指标	二级指标		学生自评	小组互评
学习动机	学习态度	目标明确,积极参与电池设计活动		
	学习兴趣	对电解池教学活动有兴趣,学习热情高		
学习参与	合作探究	能与小组同学共同讨论知识点、方案设计,分工合作,大胆展示自己的成果		
	交流讨论	认真思考,积极参与不同情境下电解池的设计活动,能够提出个人观点,积极发言		
	设计结果	能独立画出设计图,书写电极反应式或总反应式,并自觉纠错		
学习效果	知识掌握	通过探究设计活动,能够准确理解电解池的基本原理,并熟练书写电极反应方程式、判断放电顺序		
	价值提升	通过电解池的模型建构再应用,建立一般学习思路,体会模型在社会生产中的用途		

说明:评价等级中 A 为优秀,B 为良好,C 为中等,D 为合格,E 为不合格

四、教学评价建议

教学评价是在教学过程中检验并提升教学质量的重要方式和手段。在教学过程中,要充分发挥评价在激励、诊断方面的作用,以及对教师教学和学生学习的改进的促进功能。评价应贯穿教学的全过程和各个环节,发挥其以评促教、以评促学、以评育人的作用。

本节课是一节高三复习课,可能由于条件限制,无法实施实验,无法让学生现场感受实验模型,也无法在实验数据的基础上进行理性思考。但是,我们可以在高二电解池实验的基础上,帮助学生建立思维模型,以促进他们对电解池原理的理解。同时,在

基于核心素养的教学评价引导下,教学将会取得更大的突破。

参考文献

[1]中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017 年版 2020 年修订)[M]. 北京:人民教育出版社,2020.

[2]江辉辉,柴圣元,蔡玲玲,等. 指向深度学习的高三化学中电解知识的复习——以“改装电解饱和食盐水装置”的教学为例[J]. 化学教与学,2022(15):67-71,66.

[3]郑爱芳,陈新华,张贤金. 基于“教、学、评一致性”的高中化学课堂教学评价模型构建与应用——以“甲烷”教学为例[J]. 化学教学,2021(2):26-32.

(上接第 60 页)

不是一蹴而就的,这需要一线教师秉持教考衔接理念,立足学科核心素养发展要求,基于真实实验探究,创新教学实施路径,不断助力学生实验素养的提升。

参考文献

[1]单旭峰,郑文琛. 加强教考衔接助力教育改革——2023 年高考全国卷化学试题解析[J]. 中学化学教学参考,2023(19):58-60.

[2]中华人民共和国教育部. 普通高中化学课程标准(2017 年版 2020 年修订)[M]. 北京:人民教育出版社,2020.

[3][4]范艳花,赵俊伟,孙丹儿. 铝与氯化铜溶液反应异常现象的探究[J]. 化学教学,2010(2):9-11.

[5]傅献彩,侯文华. 物理化学 下册[M]. 6 版. 北京:高等教育出版社,2022.

[6]武汉大学,吉林大学,等. 无机化学 上册[M]. 3 版. 北京:高等教育出版社,1994.