

氯碱工业情境下的电化学项目式教学实践探究

——以“原电池、电解池”课堂教学为例

李媛媛

乌鲁木齐八一中学 新疆乌鲁木齐 830000

摘要:此项目式教学设计立足原电池与电解池的核心内容,通过创设氯碱工业这一真实情境,以实验室电解食盐水为切入点,为学生设计“如何提高其发电装置、电解装置的工作效率”项目式学习活动。教师以任务驱动课堂,学生运用原电池模型,分析单液、双液、隔膜原电池,体会电池的进阶性发展。文章运用电解池模型,合理设计完善氯碱工业中的电解装置。学生构建电化学认知模型的同时感受到社会进步与化学发展息息相关。在此过程中,培养了学生的思维分析能力、实践能力和创新精神,实现了项目式教学在高中化学中的有效运用。

关键词:项目式;原电池;电解池;氯碱工业

文章编号:1008-0546(2024)02-0010-05

中图分类号:G632.41

文献标识码:B

一、项目主题内容分析

《普通高中化学课程标准(2017年版2020年修订)》^[1]中要求学生了解原电池、常见化学电源、电解池的工作原理,认识化学能与电能能量之间转换的意义及应用。电化学相关知识现在仍是高考中的必考内容,并且多隐藏在工艺生产、社会热点问题中。^[2]这些题目主要考查学生解决问题的综合能力,以及提升逻辑推理的思维能力。^[3]创设真实情境有利于学生深入理解电化学的相关知识,建立系统的知识体系从而在解决问题过程中灵活运用。

氯碱工业是最基本的化学工业之一,用电解饱和NaCl溶液的方法来制取NaOH、Cl₂和H₂,并以它们为原料生产一系列化工产品,我国的氯碱工业对社会经济的发展具有非常重要的贡献。^[4]

项目式教学通过设计系统的学习任务将生活中真实的问题转化成化学问题。^[5]情境化的项目式学习,可以发挥化学知识在实际生产生活中的实用性,体现化学学科的社会价值。通过创设与中国科技有关的氯碱工业情境,可以激发学生的学习兴趣,学生将已经构建的知识模型迁移到解决实际问题上,在项目式教学的过程中,设置驱动性问题,引导学生从氯碱工业生产视角去思考探究关于原电池装置和电解池装置的改进。学生在应用电化学知识解决实际问题的过程中,培养了高阶思维能力,提高了解决问

题的能力,提升了化学学科核心素养。

二、项目教学目标

本项目的教学目标如下。

(1)通过探究实验室电解食盐水的发电装置和电解装置走近氯碱工业中的电化学知识。

(2)通过项目式学习,对单液原电池、双液原电池、隔膜原电池装置工作效率的实验探究活动,帮助学生,结合“宏—微—符”三重表征,理解并掌握3种原电池装置在工作原理上的异同,完善原电池认知模型。

(3)通过实验探究改变电解池电极对微粒放电顺序的影响,学会选择合适的离子交换膜进行电解。掌握电极反应、电极材料、离子导体、电子导体是电化学体系的基本要素,进一步完善电化学的思维模型。

(4)通过探究原电池的改进,使学生意识到化学电源一直在与时俱进,运用电解池认知模型了解氯碱工业中的电解知识,还需要不断探索和研究,使学生具有一定的科学探究和创新意识。

(5)通过对硝酸钠废水处理的探究,基于已有的分析模型,能够运用模型设计电解装置,建立从真实情景到实际应用的知识迁移,提升“证据推理与模型认知”的化学学科核心素养。

三、项目任务及教学流程

本项目的学习基于学生已经构建了的的基本的原

电池和电解池基础认知模型,确定微项目名称为“如何提高氯碱工业生产效率?”进一步实施《化学反应

原理》“电化学基础”的原电池和电解池相关教学,本项目流程设计如图1所示。

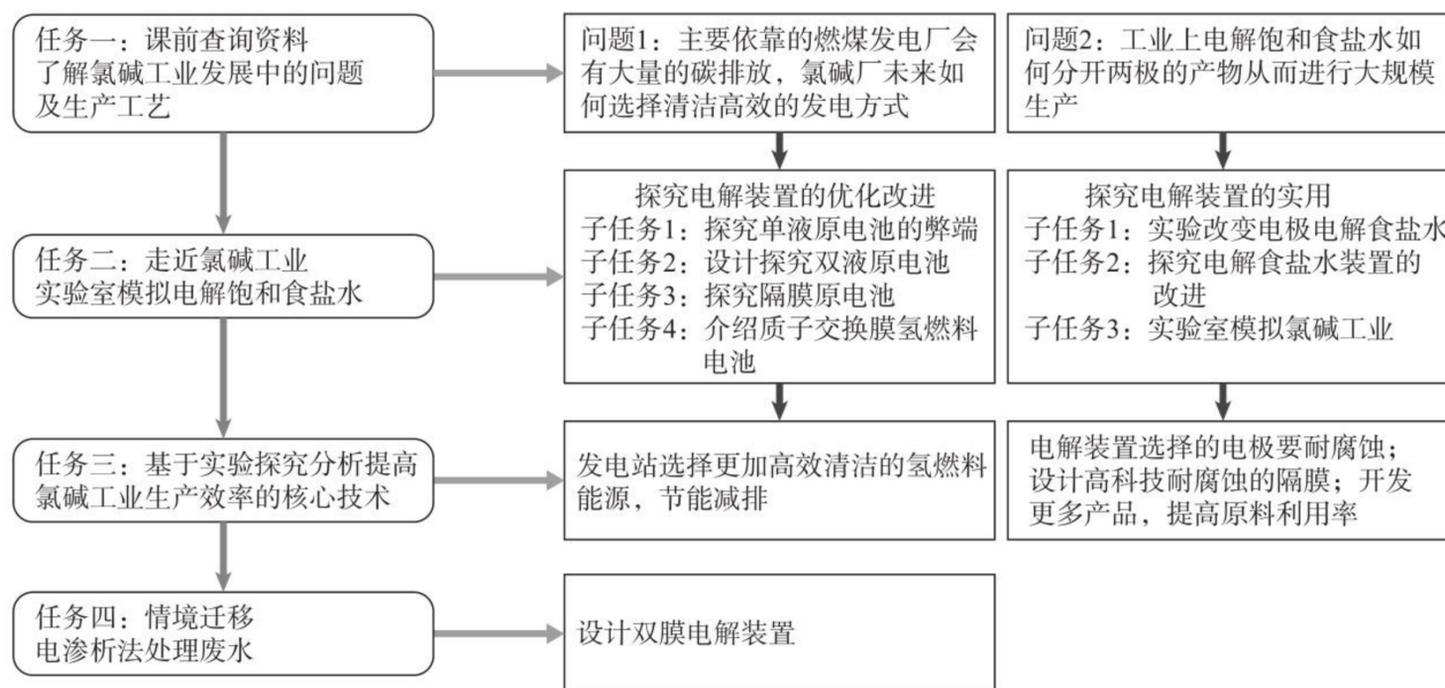


图1 项目流程设计图

四、项目实施过程

项目按照上述流程进行,师生共同讨论提出想要解决的项目问题,学生通过自主实验,结合宏观现象和数字化实验数据构建完善“双池”的认知模型,完成了任务二;能够从掌握的电化学知识分析氯碱工业的工作原理,为实际生产提出适用的建议,完成任务三;并且最终可以将情境迁移至解决工业废水处,完成任务四。在完成子任务的过程中提高了学生解决问题的能力,同时也锻炼和培养了学生的思维方式和能力素养。

1. 情境创设——了解氯碱工业发展中遇到的问题

学生在查阅资料的同时走近化工生产,让学生知道化学来源于生活生产,激发学生的学习兴趣。

[教师]播放氯碱工业视频。

氯碱行业是以原盐和电为原料生产烧碱、氯气、氢气等基础原材料的产业。现在常见的发电站包括燃煤电厂、燃气轮机发电厂等,电作为氯碱生产的主要原料约占总成本的60%以上,存在环境污染的问题;最开始的氯碱工业产品链单一,并且产量低。如果直接电解饱和食盐水,电解产物之间会发生化学反应,在工业生产中,要避免这几种产物混合,常使反应在特殊的电解槽中进行。

[学生]课前会查阅大量资料,感兴趣的学生随教师一起去往氯碱厂进行实地参观。为了促进氯碱

行业向清洁化、绿色生产方向发展,学生确定本项目解决的两个项目问题如下。

- (1)氯碱工业未来如何选择清洁高效的发电方式?
- (2)氯碱工业应该选择什么方法分开两极的产物从而进行大规模生产?

2. 实验室电解饱和食盐水——走近氯碱工业

(1)探究发电装置的改进。

[教师]结合给定装置提出问题:学过的什么装置可以提供电流,如果考虑将其应用到实际应用中是否可行呢?

[学生]从单液原电池角度分析设计其发电装置。

任务1:探究单液原电池弊端。

借助数字化实验,让学生直观定量地发现单液原电池电流不稳定、容易减小的缺点;启发学生对单液原电池进行改进,培养学生的科学探究核心素养。

[教师]辅助学生用电流传感器测定锌铜原电池电流,引导学生深入思考该原电池在实际工作中的缺点。如图2和图3所示。

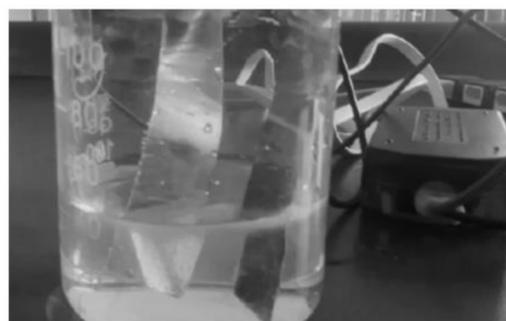


图2 锌铜单液原电池装置



图3 单液原电池电流示数变化

[教师]采用几个问题驱动学生推测单液原电池电流不稳定且减小的原因,鼓励学生大胆质疑,深入思考改进的方法。为双液原电池工作原理分析作铺垫。

问题 1:通过电极上的实验现象和电流变化曲线,我们能得出什么结论? 问题 2:为什么电流越来越小? 反应过程中化学能是否全部转化为电能? 对电池使用寿命有何影响? 问题 3:如何改进单液原电池?

[学生]联系到 Zn 与 H^+ 直接接触发生置换反应,化学能转化为热能;提出将锌片和硫酸溶液分开。

任务 2:设计并探析双液原电池。

基于原电池分析模型,设计双液原电池,从宏观、微观分析双液原电池工作原理,培养学生化学表征思维与模型认知能力,发展学生科学探究与创新意识的学科核心素养。

[教师]盐桥是由琼脂和饱和氯化钾或饱和硝酸钾溶液构成的,用来连通电路。

[学生]设计实验,并且画出装置图。

[教师]指导实验的可行性,提供数字化实验设备。

[学生]进行实验,从宏观现象结合数字实验分析双液原电池的导电效果。如图 4 和图 5 所示。

对比单液和双液原电池的优缺点。



图4 锌铜双液原电池

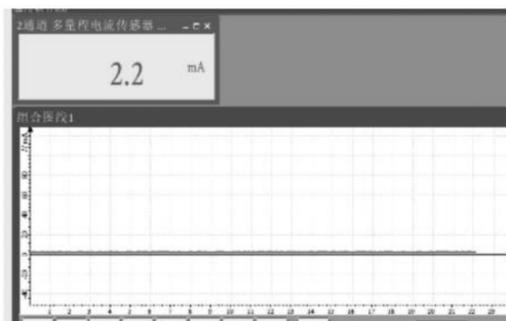


图5 双液原电池示数变化

[教师]问题 1:双液原电池电子如何移动? 离子

如何移动? 工作原理? 尝试写出电极反应。问题 2:双液原电池产生稳定持续电流的原因是什么? 这个装置对比单液原电池的优点是什么? 问题 3:盐桥的作用是什么?

[学生]将还原剂 Zn 和氧化剂 H^+ 分开,避免两者直接接触反应,提高能量转化率。离子在盐桥中作定向移动,减少了离子的混乱,使离子移动更加有序,能够产生持续稳定的电流。

[教师]双液原电池电流比较稳定,但提供的电流小,这又是什么原因呢?

[学生]分析导致双液原电池电流小的原因是 U 形管盐桥拉长了离子运动距离,并且盐桥与电解质溶液接触面积小,离子运动通道变窄,导致双液原电池内阻变大。

任务 3:微观分析隔膜原电池。

[教师]那有什么措施可以弥补盐桥双液原电池的缺陷呢? 向学生介绍离子交换膜是一种含离子基团的、对溶液里的离子具有选择透过能力的高分子膜。进而介绍隔膜原电池。

[教师]为学生演示锌铜稀硫酸隔膜原电池的实验;教师讲解其中阳离子交换膜的作用,让 Zn^{2+} 离子通过从而使内电路连通。如图 6 和图 7 所示。



图6 锌铜隔膜原电池



图7 隔膜原电池示数变化

[学生]观察实验现象,体会隔膜原电池的优势。

任务 4:了解质子交换膜氢燃料电池。

[教师]基于隔膜原电池,设计出的质子交换膜氢燃料电池更加绿色环保,可以持续稳定地提供电能,同时不对环境造成污染。

[学生]分析质子交换膜氢燃料电池的工作原理,设想将其用于实际的发电厂。

[教师]氢燃料电站可将氯碱工业生产的氢气转

换成电能,目前位于韩国瑞山的大山工业综合体是世界上最大的工业氢燃料电池发电厂,也是第一个



图8 氢燃料电站

仅使用从石化生产中回收的氢气的发电厂,已经投入使用。如图8所示。

(2)探究电解装置的实用性。

[教师]这样的装置是否可以直接用于氯碱工业中实际生产氯气和氢氧化钠呢?

[教师]根据之前的学习内容,请同学尝试写出电解食盐水的电极反应。

[学生活动]学生根据给定的装置,运用“分析电解问题的认知模型”和往往被默认的惰性电极,从而写出电解饱和食盐水的电极反应。

任务1:改变电极分析电解饱和食盐水。

通过变换(铁作阳极),完善电解池模型,强化学生应该先关注到电极对整个装置的重大影响这一知识点。

[教师]如果将电极换为铁电极,溶液中放电情况和产物是否会发生变化?

[学生]分组实验探究,如图9所示。

[教师]问题1:阳极、阴极上有什么现象?产物是什么?问题2:阳极、阴极放电情况?说明了什么?问题3:电解过程中微粒如何移动?问题4:电极反应如何书写?

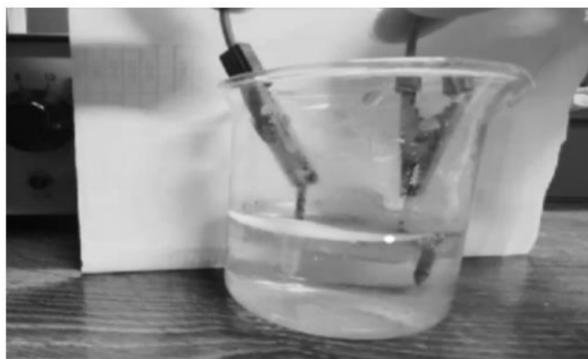


图9 铁电极电解饱和食盐水

[学生]学生描述现象并且书写出电极反应,思考回答问题。

任务2:电解饱和食盐水装置的改进。

以电解食盐水制备烧碱为载体,引入离子交换膜的应用,引导学生分析总结膜在电解食盐水实验中的选择和作用,完善其工作原理。

[教师]在实际工业生产中如果用该装置可以大量制得纯净的烧碱吗?

[学生]氢氧化钠和氯气接触会发生反应。

[教师]问题1:装置可以得到纯净的氯气和氢氧化钠吗?问题2:根据所掌握的知识,如何对其改进?问题3:应该选择什么离子交换膜?问题4:离子交换膜起到什么作用?

[学生]受到隔膜原电池的启发,提出中间加个离子交换膜,选择阳离子交换膜:阳极区的钠离子通过膜进入阴极区,形成氢氧化钠。而氯离子在阳极放电生成氯气,避免了两者的接触反应。

[教师]考虑阳极区进口和阴极区进口分别放什么溶液?出口分别可以得到什么产物?

[教师]向学生展示装置图。阴阳两区选择不同的电解液可以实现得到相对纯净的产物,如图10所示。

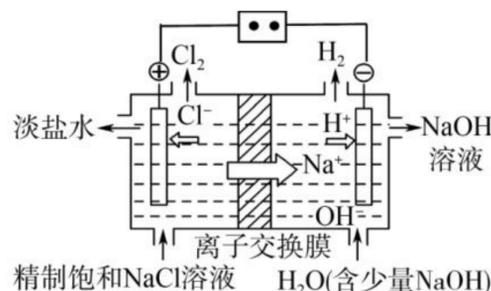


图10 电解饱和食盐水原理分析

[学生]将饱和精盐水加入阳极室,通电时 Na^+ 通过阳离子交换膜迁移至阴极室,在此与 H_2O 放电生成的 OH^- 形成 NaOH , H_2 逸出; Cl^- 则在阳极表面放电产生 Cl_2 逸出。

任务3:实验室模拟氯碱工业。

探究原电池和电解池装置串联模拟氯碱工业的可行性。

[教师]利用所学的双池相关知识可否在实验室模拟氯碱工业?发电装置选择电流比较稳定的双液原电池或者隔膜原电池,为了得到更纯净的氢氧化钠、氯气、氢气等产物,大家思考装置中的离子交换膜可以用什么代替?电极材料如何选择?阳极区和阴极区的电解液如何选择?如何验证产物?

[学生]根据氯碱工业原理选择氯化钠盐桥、阳极区选择饱和氯化钠溶液、阴极区选择水进行双池串联工作,并且验证了产物。如图 11 所示。

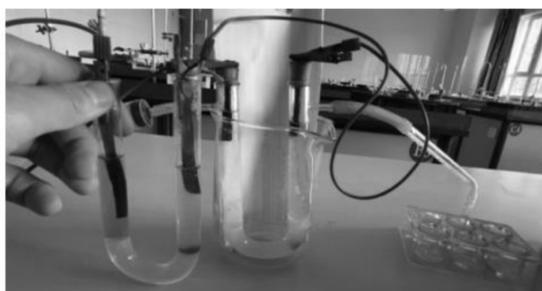


图 11 双池模拟氯碱工业

[教师]通过实验实现了化学能到电能再到化学能的转化,并且在两区分别得到相对较纯净的不同产物。

[学生]实验室进行电解食盐水想得到相对纯净的产物,需要多方面考虑电极的选择、离子交换膜的选择、阴极和阳极区的电解液的选择。

[教师]播放视频,向学生讲解实际的氯碱工业更复杂,对工业装置的要求也更高。并将学习视角延伸至化学工业技术生产领域。

[学生]学生体会实验室和化工生产之间的紧密联系和实际距离,培养学生的社会责任感和化学价值认同感。

3. 分析提高氯碱工业生产的核心

通过上述实验,学生从电解饱和食盐水实验逐渐走近氯碱工业,从电化学角度总结氯碱工业的原理。学生能够提出建议,对本项目提出以下问题:①氯碱工业未来如何选择清洁高效的发电方式? ②氯碱工业应该选择什么方法分开两极的产物从而进行大规模生产?

[教师]资料显示:①氯碱厂自己的发电厂依靠燃煤居多;②电解装置阳极用金属钛网制成,钛阳极网上涂有钛、钨等氧化物涂层。阴极由碳钢网制成,上面涂有镍涂层,实际用的离子交换膜成本高且容易被电解液损坏失效。

[学生]分析课前查的资料得出以下结论:①发电站选择更加高效清洁的能源,进行节能减排;②电解装置选择的电极要耐腐蚀;③隔膜的合理使用会带来巨大的经济价值,我们需要想办法设计出耐腐蚀的高科技的隔膜,并且提高隔膜的使用次数,从而减少成本;④开发更多产品链,提高原料利用率。

4. 情境迁移,分析电渗析法处理废水

以氯碱工业为情境,深入完善电解池认知模型,并且将知识进行拓展迁移,实现进阶学习。学生通过设计 NaNO_3 废水处理的电解装置,了解电解法在工业污水处理中的优点,发展学生的创新意识。引

导学生关注社会热点问题,提升社会责任感,进一步从社会工业层面体会电解工业的实用性价值。

[教师]含氮废水的过度排放会导致水体富营养化等环境问题。同学们能否结合电解原理,在已给装置的基础上设计一个既能处理 NaNO_3 废水,还能生产硝酸和烧碱的装置。问题 1:选什么电极材料? 分析电解的阴极、阳极产物、电极反应问题。问题 2:画出详细的设计思路,并且分析其合理性?

[学生]学生分组完成任务,开始用了一个隔膜,分析到最后发现产品中有杂质,如图 12 和 13 所示。

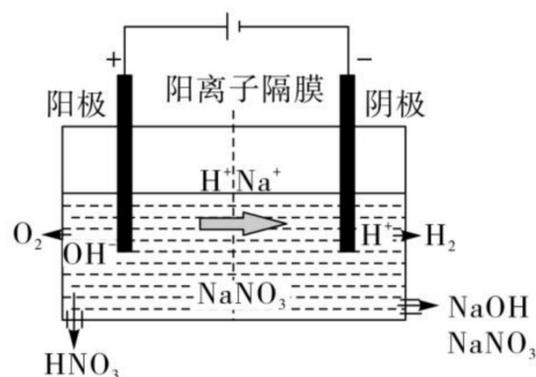


图 12 阳离子隔膜原电解池

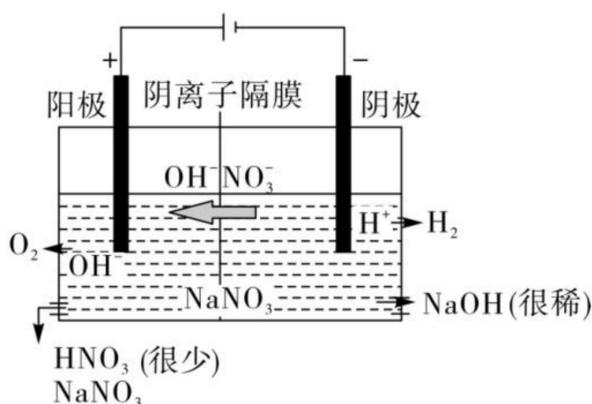


图 13 阴离子隔膜原电解池

[教师]发现产品中还会有杂质,可以大胆设计如果采用双膜是否可以解决问题。

[学生]经过小组充分讨论,分别用阴离子交换膜和阳离子交换膜将电解池分为三部分,废水从中间区进,硝酸在阳极室生成,氢氧化钠在阴极室生成,最终在试错总结的过程中,设计了完善的设计思路如图 14 所示。

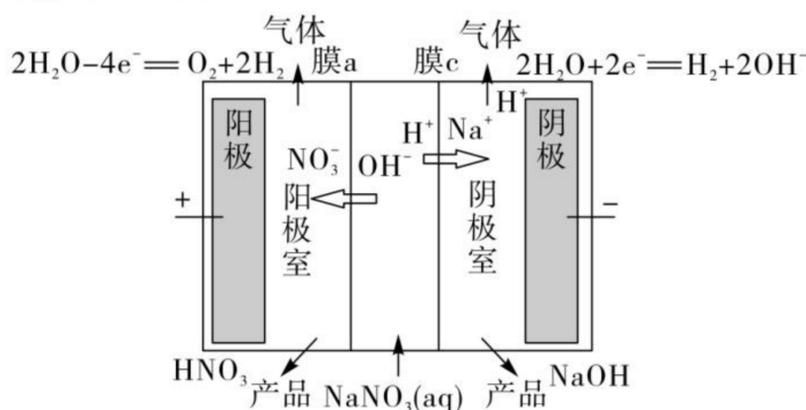


图 14 双膜电解池

(下转第 48 页)

点。首先,情境的创设不仅要能激发学习兴趣,还要从不同侧面共同体现着同一教学目标,让学生真切感受到化学的学科价值体现在生活的方方面面,让化学的变化观念和思想方法刻入学生的骨髓,这些都是让人终身受益的。其次,情境创设要做到有“始”有“终”,在教与学的全程中发挥作用。最后,要考虑情境的层次关系,尽可能设计有梯度、连贯的问题链;考虑好问题的衔接与过渡,提高问题的使用效率。

教师要善于审视教材内容,并依据课程标准挖掘出课程的育人价值。把教材中原本零散的内容进行整合、优化,在化学课堂中融入学生亲历的研学活动、社会实践、乡土文化、大国先进科技等相关内容,创设真实生动又贯穿始终的情境,让学生从多维度感受到学习是一件持续的、逐步深入的过程,有利于学生建立深度学习、终身学习的态度。教师要利用情境包裹学科主题知识脉络,引领学生从化学视角认识物质的组成、结构、性质、变化规律、应用;形成化学思维,综合运用所学的化学知识解释相关现象和解决有关实际问题;并认识到化学的发展对国家发展的重要推动作用,充分体会学科的应用价值和社会价值,感悟民族智慧,增强文化自信,培养化学核心素养。

2. 教师成长方面的反思

日复一日的重复教学也许会让教师从实践经验

(上接第14页)

五、教学反思

项目式教学注重真实情境的创设,注重体现学生的主体性。本项目式教学通过提出的主要项目问题,进而确定四个主要项目任务,开展“做中学”的各项学习活动。在教师的问题驱动下,学生完成各项子任务时自主建立了高中电化学知识和真实氯碱工业之间的联系,达到学以致用效果。从知识层面来看,学生在完成子任务时,带着疑问进行自主设计电化学装置,并进行实际应用的探究,在过程中构建完善双池分析模型,并且能够从废水处理的新情境中建立新的电解池模型解决实际问题。从能力层面来看,学生通过设计实验探究单液—双液—隔膜原电池,宏微结合分析各原电池的优势和弊端,感受到电池的发展与进步;通过实验分析选择电解中的电极材料和离子交换膜,进一步走近氯碱工业,培养了学生将实际生产中真实问题与化学知识相联系的学科能力。从素养层面来看,创设“氯碱工业”真实情

境,通过实验探究电解食盐水引导学生意识氯碱工业生产问题的核心技术,学生从实际氯碱生产出发研究相关电化学知识,在将掌握的知识迁移应用到污水处理的新情境中,引发了学生对化学与工业生产的思考,培养了学生的科学探究精神并增强了社会责任感。

参考文献

- [1]中华人民共和国教育部. 义务教育化学课程标准(2022年版)[M]. 北京:北京师范大学出版社,2022.
- [2]唐静红,陈龙,李洪玲. 基于“主题式情境”开展化学有效复习的教学设计——以“暖宝宝中的化学”为例[J]. 化学教与学,2021(21):40-43.
- [3]吴春燕. “境脉引领”下的化学复习课教学实践——以“易拉罐中的小秘密”为例[J]. 化学教与学,2023(7):69-74.
- [4]刘俊博,陈进前. 领悟化学课程的育人标准——基于《义务教育化学课程标准(2022年版)》[J]. 中学化学教学参考,2022(15):7-11.

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]苏浩. 化学核心素养视域下的高中电化学教学研究[D]. 福州:福建师范大学,2018.
- [3]邵景雪. 高中化学“电解池”学习困难成因分析及教学建议[D]. 大连:辽宁师范大学,2018.
- [4]罗云. 中国氯碱工业格局演变及展望[J]. 中国氯碱,2017(1):1-3.
- [5]沙莎,杨笑,占小红. 新课标鲁科版高中化学必修教材的“微项目”设计研究[J]. 化学教学,2021(9):21-25.