



大概念统摄下跨学科实践项目式学习设计

——以“垃圾的分类与回收利用”为例

张亚林* 杜慧鸣 谢嘉敏

(广东顺德德胜学校 广东 佛山 528300)

摘要:自2017年我国各级部门相继颁布《生活垃圾分类制度实施方案》等政策,要求各地全面推行垃圾分类制度,以解决“垃圾围城”难题,因此,设计并实施了“垃圾的分类与回收利用”跨学科实践项目式学习活动。在“分类思想”与“转化观念”两个学科大概念的统摄下,设计了项目导引课、垃圾的正确分类、废旧金属的回收利用与厨余垃圾的回收利用四个课时。项目的实施取得了显著成果,学生思维能力的提升与学科素养的培育已初见成效。

关键词:大概念;项目式学习;垃圾分类;垃圾回收利用

文章编号:1002-2201(2023)10-0069-07

中图分类号:G632.42

文献标识码:B

项目式学习是一种建构性的教学方式,教师将学习任务项目化,指导学生基于真实情境提出问题,并利用相关知识与信息资料开展研究、设计和实践操作,最终解决问题并展示和分享项目成果^[1]。项目式学习的实践特征表现为基于项目开展的教与学活动始于一个驱动性问题,问题的设计以学科中重要的核心概念为依据;学生在真实的情境中以专家的身份用科学的方法进行问题解决;学生、教师和社区成员等共同参与,通过合作共享,从多维度寻求问题的解决方案;在解决问题的过程中,教师根据学生的实际水

平提供学习技巧和学习技术等支持,从而提升学生的能力;学生创造出一系列能够解决问题的产品,并在公众面前分享产品^[2]。

2017年,国务院办公厅转发发改委、住建部《生活垃圾分类制度实施方案》,要求各地全面推行垃圾分类制度,以解决“垃圾围城”的难题。2019年1月31日上海市率先推出了国内首个垃圾分类地方性法律法规《上海市生活垃圾管理条例》,当年7月1日正式实施之后,其他地区也陆续出台了有关垃圾分类的地方性配套法律法规,垃圾分类的法治进程开始步入

利于阳极氧化铝的生成。在这些条件下,电化学阳极氧化铝能生长到厚度超过100 μm。当用硫酸水溶液进行阳极氧化时,低电流密度,在环境温度下,大多数氧化铝形成的是高度有序多孔氧化铝^[2]。

3. 用酸碱指示剂来代替色素,制备成能够检测气相中酸/碱分子的薄膜材料,类似气体传感器。

4. 与传统电解池相比,使用带有PP塑料(聚丙烯)间隔层的电化学电池能减少所需的硫酸量。

5. 选用不同的染料也可以制作出不同色彩的铝制品,增强了本实验的趣味性和实用性。

五、结语

本实验拓展了中学阶段以活性炭为主的吸附材

料,丰富了教学和教材的内容,所用的方法简单,现象明显,适合用于项目化实验教学;该实验还可作为STEM教育、化学探究式教学,以及学生课外兴趣活动的素材。

参考文献

- [1] 马春兰. 高质量规则多孔氧化铝模板的制备[J]. 物理学报, 2004, 53(6): 4.
- [2] 王力. 多孔氧化铝制备及相关材料特性研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2006.

(本文编辑:诗 谣)

本文彩色图片可参见《中学化学教学参考》微信公众号。

* 通讯作者, E-mail: 1021297463@qq.com。

正轨^[3]。

基于此,选取《义务教育化学课程标准(2022年版)》中提供的跨学科实践主题“垃圾的分类与回收利用”进行项目式学习设计。

一、项目教学主题分析

1. 项目的育人价值

生活垃圾随意丢弃、简单堆放与处理,会污染土壤、破坏水源和空气,破坏生活环境。国家各部门亦相应推出垃圾分类的相关政策文件,针对这一社会性科学议题,设计了“垃圾的分类和回收处理”跨学科实践项目。该项目属于化学与环境领域的行动改进类实践活动,要求学生学会利用化学思想分析真实问题,学会对垃圾进行正确归类并适当了解垃圾回收利用的方法。

项目主要承载了初中化学物质分类与转化、金属及其化合物、工艺流程等相关内容,使学生置身于真实情境中,在面对个人与社区生活需要、社会与国家发展等问题时,发展分类观、转化观等化学观念,尝试设计机械厂金属资源回收的工艺流程图,并通过亲身实践将生活中熟悉的厨余垃圾转化为肥料,发展科学思维、科学探究与实践的核心素养,在公民意识、绿色化学观的建立中逐步形成科学态度与社会责任。结合多学科知识及思想方法,发展数学、生物、艺术、政治、工程与技术等融合解决实际问题的能力。项目的育人价值具体见图1。

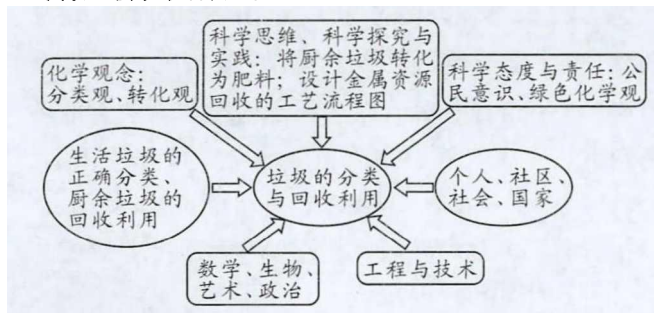


图1 “垃圾的分类与回收利用”项目的育人价值

2. 内容结构

“垃圾的分类与回收利用”涉及多个学科的内容:从政治层面解读国家政策,了解项目背景与意义,从而明确解决问题的思路与措施;制作垃圾分类宣传海报是艺术、计算机领域的相关内容;完成金属资源

的回收利用是化学知识与工程技术的深度融合;将厨余垃圾转化为肥料涉及化学、生物等学科的内容。项目的具体内容结构见图2。

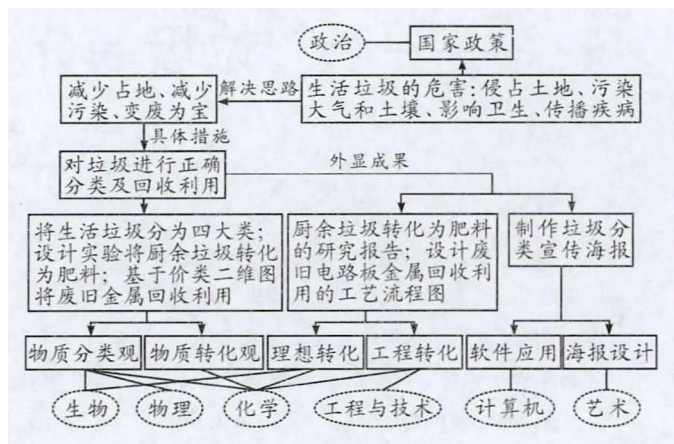


图2 “垃圾的分类与回收利用”项目的内容结构

二、项目大概念的建构

大概念的提取路径既可自上而下,如根据课程标准、学科核心素养、专家思维、概念派生;亦可自下而上,基于生活价值、知能目标、学习难点、评价标准^[4]。“垃圾的分类与回收利用”最核心的概念在于转化观和分类观,根据课程标准和学科核心素养,将“化学观念与科学思维”作为统摄该项目的大概念,主要体现在“转化”的化学观念与“分类”的科学思维。大概念亦有层级,根据实际内容与学科特点,将“转化观念”继续拆解为物质元素守恒和价类视角的物质转化观,“分类思想”着重体现在从物质组成、性质、经济价值等综合视角认识各类垃圾。各次级大概念下对应的学科具体知识如图3所示。

三、项目学习目标

根据项目主题,结合课程标准和学生学情共同制订项目学习目标。《义务教育化学课程标准(2022年版)》^[5]对项目相关内容明确提出要求:“了解物质的存在、组成、变化、制法与应用有着密切的联系,初步建立认识物质性质的基本角度和思路;知道可以通过物质类别认识具体物质的性质;知道利用物质性质可以消除或降低物质的应用对生态环境的不利影响。能基于物质的性质和用途,从辩证的角度,初步分析和评价物质的实际应用,对资源回收等社会性议题进行讨论,积极参与相关的综合实践活动。”

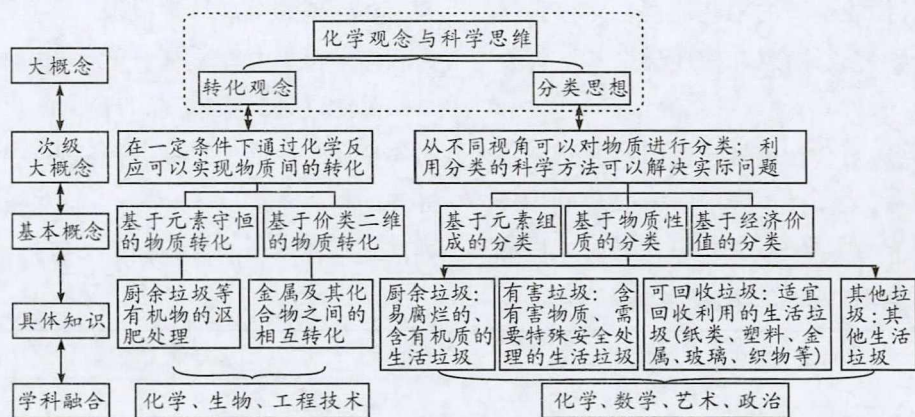


图3 “垃圾的分类与回收利用”大概念知识层级

关于学生学情,主要利用 KWH 表(见表1),以问题形式,采用抽样调查的方式对学生进行访谈。

表1 关于“垃圾分类与回收利用”的 KWH 表

我已经知道了什么?(Know)	我还想知道什么?(What?)	我想运用这些知识怎样解决问题?(How?)
1. 垃圾分类是为了坚持生态优先,坚持可持续发展战略,同时能提高垃圾的资源价值与经济价值;	1. 部分生活垃圾尚不太清楚如何分类,想进一步了解;	1. 从自身做起,践行垃圾分类;
2. 明白大部分垃圾如何分类	2. 大众对垃圾分类知识仍不清晰,可以通过哪些方式让周围居民意识到垃圾分类的重要性;	2. 用自己的知识给小区物业提建议,希望能把垃圾分类做得更精细化;
	3. 生活中的垃圾被分类之后如何处理	3. 向身边的人宣传,呼吁他们通过正确垃圾分类为国家经济发展和生态文明建设协调发展贡献力量

基于此,项目以“垃圾分类与回收利用”为主题,让学生从一个新的、与生活密切相关的角度重新认识化学中的物质分类、物质转化、绿色化学等知识,将其内化并设计方案解决实际问题,建立化学中“转化”“分类”等观念与生活的联系,发展学生核心素养。制订学习目标如下:

(1)通过生活体验、观看纪录片等,体会生活垃圾对土壤、空气、水以及动植物的危害,充分认识到垃圾分类与回收是解决以及减少垃圾危害的有效途径。

(2)通过区域调查,了解并尝试说明居民垃圾分类现状;通过运用比较、分类、分析的方法学习垃圾归属及分类方式,将内化的知识设计为宣传海报,深入社区进行宣传,帮助解决当前居民垃圾分类中存在的问题。

(3)从化学视角出发,以金属回收为例,构建价类二维转化图,并设计工业流程图,学会从成本效益、经济环保等角度考虑问题。

(4)通过学习厨余垃圾处理的方法,查阅资料并利用控制变量法设计方案,自主进行探究实验,将常

见的厨余果皮转化为环保酵素,初步构建变废为宝的思想观念。

四、项目规划及教学活动

根据项目式教学设计的特点及教学目标,选择生活中垃圾分类与回收的真实情境,从中提炼出“转化观念”“分类思想”大概念统摄下的核心知识,设计三个涉及不同方面素养培养、与生活密切相关的学生活动任务,让学生亲自动手、利用所学化学知识解决生活中的实际问题。整个项目计划4个课时,除了导引课外,每个课时对应一个核心任务。

核心任务1:内化垃圾分类知识,绘制宣传海报。以小组为单位进行合作,对生活中的常见垃圾进行自主分类,强化认知,多维度深入理解垃圾分类的标准,并将垃圾分类的知识内化成外显的宣传海报。该核心任务以垃圾为载体,着重从多维度构建物质的分类观。

核心任务2:设计从机械厂金属废料中回收金属的工艺流程图。以小组为单位,讨论并完成有关元素转化的价类二维图,以此为基础,结合成本、速率、绿

色化学等因素,设计回收金属的工艺流程。该核心任务以金属及其化合物为载体,意在构建学生基于价类视角的物质转化观。

核心任务 3:完成厨余垃圾转化为肥料的研究报告。通过阅读相关资料,学习如何利用厨余垃圾制作环保酵素,并设计具体的实验方案,动手制作一瓶环保酵

素,完成对应的实验研究报告。该项目任务以果皮垃圾为载体,侧重构建学生基于元素守恒的物质转化观。

除此之外,结合王磊^[6]提出的化学学科能力表现对 4 个课时的能力目标进行编码,并呈现每个课时所涉及的核心素养,各项能力进阶和核心素养培养在系列活动与任务中的体现如表 2 所示。

表 2 “垃圾的分类与回收利用”项目教学流程

项目任务	驱动问题或任务	学生活动	关键能力发展目标	核心素养发展目标
课时 1: 导引课	1.1 为什么要进行垃圾分类?	1.1. 结合国家相关政策或身边所感所知,自由发言;	A3 - 1: 学习理解 - 说明论证	1. 科学态度与责任(认识科学、社会、环境的相互关系,积极参与与化学有关的社会热点问题的讨论)
	1.2 根据调查情况,身边区域内垃圾分类现状如何? 有哪些做得好或不足的地方?	1.2 小组内讨论,结合课前进入社区调查的情况,对区域垃圾分类现状进行要点总结;		
	1.3 针对现存问题,你想着手从哪些方面去解决? 你想更深入地了解哪些知识	1.3 根据垃圾分类现存问题,梳理问题解决的思路,明确项目规划		
课时 2: 垃圾的正确分类(制作宣传海报)	2.1 按照常见的四大垃圾分类方式,你能列举出生活中哪些常见的垃圾?	2.1 小组合作,写出四类垃圾分别对应的生活垃圾,举出实例;	A2 - 2: 学习理解 - 概括关联 B1 - 2: 应用实践 - 说明解释	1. 化学观念(认识生活垃圾的多样性,从多角度对垃圾进行分类) 2. 科学思维(运用比较、分类、分析的方法认识生活垃圾)
	2.2(呈现某些生活垃圾)你能识别出这些垃圾属于哪种类别吗?	2.2 学生代表完成垃圾“连连看”游戏,将教师提供的易混淆的垃圾(如餐巾纸、一次性塑料手套、大棒骨、玻璃等)进行分类;		
	2.3 根据以上的分类,试着分析垃圾分类有哪些标准? 每类垃圾的特点是什么? 在分类后分别要进行怎样的处理?	2.3 小组讨论,明确每类垃圾在组成、性质等方面的共同特点,进一步明确明晰垃圾分类标准;		
课时 3: 可回收垃圾(金属类垃圾)的回收利用(设计工艺流程图)	2.4 根据本节课所学,制作垃圾分类的宣传海报	2.4 学生单独完成,可利用相关软件绘图(课下利用海报进入社区宣传)		
	3.1 在可回收垃圾中,有很多易拉罐、废铁等金属类垃圾,查阅资料,它们常见的回收利用方法有哪些?	3.1 根据所查阅的资料,学生代表发言;	A2 - 3: 学习理解 - 概括关联 B1 - 2: 应用实践 - 分析解释	1. 化学观念(基于物质类别,通过化学反应实现金属及其化合物之间的转化) 2. 科学思维(形成从物质类别视角研究物质及其变化规律的思路与方法)
	3.2 已知废铁中主要有含铁元素的碱和氧化物,在铁元素的价类二维图上画出从废铁中提炼出铁的转化图;	3.2 从物质类别及化学性质出发,在价类二维图中用箭头标出可进行转化的物质,小组合作并展示;		
	3.3 某机械厂金属废料的成分是 Zn、Cu、ZnO 和 CuO,利用该金属废料回收铜并制取 ZnO,在 Zn、Cu 元素的价类二维图中分别完成转化关系;	3.3 明确金属元素的转化过程,在 Zn、Cu 元素价类二维图中完善相关转化关系图,先自主完成再进行组内交流;		
	3.4 根据确定好的转化关系图,设计工艺流程,回收 Cu 并制取 ZnO	3.4 根据确定好的转化关系图,设计工艺流程,回收 Cu 并制取 ZnO,小组合作并分享交流		

续表2 “垃圾的分类与回收利用”项目教学流程

项目任务	驱动问题或任务	学生活动	关键能力发展目标	核心素养发展目标
课时4: 厨余垃圾(果皮垃圾)的回收利用(基于实验完成果皮制作环保酵素的研究报告)	4.1 除了可回收垃圾外,生活中其他三类垃圾也有其特殊的处理方式,根据查阅的资料,厨余垃圾一般是如何进行处理的?	4.1 根据查阅到的资料,学生自由发言;		1. 化学观念(基于元素视角,利用厨余垃圾实
	4.2 厨余垃圾可以用来自制环保酵素,查阅资料,总结环保酵素在生活中的应用;	4.2 学生个体独立完成,根据所提供的资料寻找关键信息;	B3-2: 应用实践-简单设计	现有有机物之间的转化)
	4.3 根据提供的资料,梳理出厨余垃圾制作环保酵素的具体方案;	4.3 小组合作,根据资料寻找制作环保酵素的原料、配比,确定实验方案;	C2-1: 迁移创新-系统探究	2. 科学思维(基于实验目的,利用控制变量法设计实验方案)
	4.4 你想针对环保酵素的哪些功能做对照实验? 试着利用控制变量法继续完善你的实验方案;	4.4 针对环保酵素的清洁、去污等功能,设置不同配料比,用控制变量法试着做对照实验;		3. 科学探究与实验(通过获取与加工信息的自主学习,进行实验探究)
	4.5 根据提供的原料和实验方案,完成环保酵素的初制作,并完成研究报告	4.5 小组合作,进行环保酵素的制		

五、项目的“教、学、评”一体化设计

“垃圾的分类与回收利用”项目式学习利用统摄性的大概念解决真实复杂的化学问题,并侧重于“教、学、评”一体化,让学生隐性的思维与能力通过课堂中的各项表现显性化,在课堂上的表现性评价方式详见表3,课上及课后的思维成果类作品作为结果性评价,评价标准详见表4。

表3 “垃圾的分类与回收利用”表现性评价表

课时	学生活动 (对应表2)	评价方法
课时1	1.1,1.3	学生口头表达反馈,师生互动
	1.2	课前调查情况的组间互评,小组汇报情况反馈
课时2	2.1,2.3	小组合作与讨论,教师分析反馈
	2.2	学生完成游戏,生生互评
课时3	3.1	根据学生口头表达对课前查阅资料情况进行反馈
	3.2,3.3,3.4	小组合作,交流展示,组间互评
课时4	4.1,4.2	学生回答问题,师生互动
	4.3,4.4,4.5	小组合作,设计实验方案,组间评价,师生互动

六、项目教学成果

1. 项目导引课

“垃圾的分类与回收利用”项目精心选择素材,通过“垃圾围城”的相关纪录片、国家提出的相关政策等带领学生入情入境,深刻意识到垃圾分类与回收处理的重要性;通过深入居民区进行垃圾分类的现状调查,引导学生进入问题情境,切身感受垃圾分类现存的重重困难。据此,教师以强烈的情感,促进学生意识到项目的重要性及迫切性,从而水到渠成地建立“生活垃圾的危害→垃圾的正确分类→垃圾的回收利用”的问题解决框架。

本节导引课真正做到了从“教师中心”走向“学生中心”的课堂转型,教师作为引导者,重视学生情感、态度与价值观的建立,从当前国际、国家、社区、个人面临的挑战,激发学生对项目任务的情感共鸣及研究兴趣。

2. “垃圾分类”的教学成果

课时2的核心任务在于进行垃圾的正确分类,在学习本节课后,学生自主制作“垃圾分类”主题的海报或思维导图。

由学生作品可看出:(1)学生将课上所学、所感与所得真正内化成自己头脑中的知识,以“垃圾”这一复杂载体,从不同垃圾的性质、元素组成、经济价值等多方面正确进行垃圾分类,较为成功地构建了物质分类观。

表 4 思维成果类的结果性评价标准

学习任务	1 分	2 分	3 分	4 分
任务 1	能对大部分常见生活垃圾进行正确归类,并制作宣传海报	能对常见生活垃圾进行正确分类,并制作宣传海报,引导家人正确处理垃圾	对常见生活垃圾的分类掌握得较为透彻,能制作宣传海报,进入社区宣传	对常见生活垃圾的分类掌握得很透彻,并能制作宣传海报、编出口诀歌曲等,设计完善的社区宣传方案并予以行动
任务 2	能基于化学反应找出某些物质之间的转化关系	能从物质转化的角度设计合理的价类二维图	能从物质转化的角度设计合理的价类二维图,基于转化图初步设计工艺流程图	能从物质转化的角度设计合理的价类二维图,并能基于成本、速率、环保等,设计合理的工业流程图
任务 3	能利用果皮制作环保酵素,完成研究报告	能正确制作环保酵素,并能根据实验目的设计对照实验,完成研究报告	能正确制作环保酵素,根据实验目的设计对照实验,并能结合后续实验完善研究报告	能正确制作环保酵素,根据实验目的设计对照实验,并能根据实验设想继续完成后续实验,完善研究报告

(2)学生在作品完成过程中,综合应用多学科知识,除了化学核心知识与学科观念,还通过软件绘图,融入了艺术色彩,使作品尽可能美观、丰富、立体。

(3)学生在寻找真实问题解决方案的过程中,先从自身做起,通过完善自身认知,欲将正确的垃圾分类知识辐射到身边人及周边社区等,真正实现了知情意行的统一。

3. “垃圾回收利用”的教学效果

课时 3、4 的核心任务在于以“废旧金属”“果皮垃圾”为代表,进行回收利用,前者主要以工艺流程图形式呈现,后者以研究报告形式呈现,部分学生作品见图 4。



图 4 学生利用香蕉皮制作环保酵素的实验过程

学生的思维与能力在作品中得以输出和展示。在废旧金属的回收利用中,要求学生将金属及其化合物等核心学科知识与价类二维图紧密联系,完成相关物质间的转化,并基于此设计工艺流程图,解决真实生活中的实际问题。可以看出,学生能够结合物质性质观与转化观,从课本知识走向实际的生产生活,使理论知识回归到真实的场景中,并能够从多维度对不同的方案进行评价,建立绿色化学与可持续发展的意识。

在厨余垃圾的回收利用中,要求学生将生活中常见的果皮变废为宝。面对陌生的问题情境,在教师的指导下,学生通过阅读相关材料,捕捉相关信息,基于元素守恒观完成果皮垃圾转化为环保酵素的实验。可以看出,学生在整个实验的过程中,经过严密的方案设计,将化学学科知识应用到家庭实验中,并在实验中进行验证和理解,通过对具体问题的分析,逐步从综合视角发展系统思维,提高了设计、评估解决实际问题的能力。

七、项目教学感悟

“垃圾的分类与回收利用”跨学科项目式学习设计历经理论与实践的双重检验,对学生和教师的发展具有重要意义。

1. 从教学设计角度看,本项目通过跨学科实践活动实现了综合育人。《义务教育化学课程标准(2022 年版)》中的学习主题 5“跨学科实践”主要是应用其他学习主题的核心内容、化学观念、科学探究的思路和方法,综合解决实际问题,促进学生构建从化学视角分析环境、材料、健康、能源与资源问题的基本框架;同时,跨学科项目式学习应将最能体现共通学科思想方法、最具有育人价值的内容以各项活动展开。“垃圾的分类与回收利用”教学立足于三项实践任务,以化学学科的“分类观”和“转化观”两大化学观念为统摄,贯穿“科学思维”“科学探究与实践”两大科学领域(科学、化学、生物、物理)的共通性核心素



养,最终上升到“科学态度与责任”这一跨学科领域的核心素养,以此帮助学生形成正确的价值观、必备品格和关键能力。

2. 从学生发展角度看,项目成果的展示已初步凸显了学生在整个跨学科实践活动中关键能力的提升和核心素养的发展,除此之外,结合部分学生的访谈,亦能有所体现。

学生访谈:“第一次从不同层面了解垃圾分类,既感受到垃圾分类对我们生活的重要性,也提醒我们以后可以多角度思考问题,这样才能更深入了解”。

“社区调查对我们来说完全是全新的体验,调查前要思考清楚到底调查什么、怎么调查,到真的调查的时候还需要有勇气走近身边的居民。这是一次锻炼”。

分析:跨学科、多角度地思考问题、看待问题,并且对于问题提出了多种解决方法,有利于学生综合素质的提高。

学生访谈:“制作思维导图可以帮助我们理清思路、梳理信息。以后也可以用到学习上”。

分析:让学生体会到思路清晰对于学习的重要性,在掌握了思维导图的方法之后也可以延伸到其他学科的学习上,有利于促进学生良好学习习惯的形成。

学生访谈:“我们有机会真的动手实验了,而且利用家里现有的东西就可以做到,这个实验可以一直在家里不断尝试”。

“第一次可以感受到通过实验做出来的东西是有用的,而且这是我自己做的,很有成就感”。

分析:本项目除了给学生动手实验的机会外,也让学生体会到,通过实验得到的产品是有价值的,化学是可以服务我们的生活的。另外,利用日常用品进行一些实验,可以持续激发学生的兴趣,使其保持对化学学习的热情。

学生访谈:“以前一直很害怕工业流程题,因为总有看不懂的环节。但是当我自己设计工业流程图的时候,觉得它其实也可以很直观明了”。

“设计工业流程图之后我发现,其实得到一种产品可能有很多种方法,但如果既达到目的又做到环保还是不那么容易的”。

分析:通过设计工业流程,提升学生的分析能力与表达能力,并且通过小组讨论,可以互相弥补不足之处,也可以使学生的思考更为严密

3. 从教师发展角度看,跨学科实践这一主题的教学,需要教师更新观念,紧密结合其他学习主题的核心内容和学生必做实验,有针对性地设计和实施学科实践活动,实现“教、学、评”的一体化和一致性^[7]。传统教学中教师多使用单方面的输出作为教学素材的引出策略,虽然学生也能在信息的获取与分析中发展信息提取能力,但如此生硬的“搬运工”式学习不利于学生逻辑建构能力的发展以及自主学习意识的提升。与之相比,本项目式学习在教学素材搜集与应用的设计中更突出学生为中心的教学观念,如“社区调查”之类共同建构的教学素材更有利于学生在沉浸式的情境中获取垃圾分类的化学事实以及了解由于分类知识匮乏、居民习惯等导致的垃圾分类推广困难的社会问题,更利于学生运用化学等学科知识解决社会实际问题,有利于突破教师发展中只注重“学科教学知识”的局限,转而面向“学科育人知识”的发展^[8],在教学中将学科与育人深度融合,进而助力学生的思维能力与道德素养互促共生。

参考文献

- [1] 杨明全. 核心素养时代的项目式学习:内涵重塑与价值重建[J]. 课程·教材·教法, 2021, 41(2): 57-63.
- [2] 胡佳怡. 项目式学习及其实践困境的突破[J]. 教学与管理(中学版), 2021(11): 5-8.
- [3] 王喜军. 当前垃圾分类的法治治理[J]. 人民论坛, 2021(7): 89-91.
- [4] 刘徽. “大概念”视角下的单元整体教学构型——兼论素养导向的课堂变革[J]. 教育研究, 2020, 41(6): 64-77.
- [5] 中华人民共和国教育部. 义务教育化学课程标准(2022年版)[S]. 北京: 北京师范大学出版社, 2022.
- [6] 王磊. 学科能力构成及其表现研究——基于学习理解、应用实践与迁移创新导向的多维整合模型[J]. 教育研究, 2016, 37(9): 83-92, 125.
- [7] 胡久华, 张恺琦. 《义务教育化学课程标准(2022年版)》解读——化学与社会·跨学科实践[J]. 化学教育, 2022, 43(15): 13-18.
- [8] 龙宝新. 从“PCK”到“ECK”:教师专业知识内核的重构[J]. 教学研究, 2021, 44(5): 39-46.

(本文编辑:诗 瑶)