

双语物理化学实验课程思政案例的设计和实验

刘弋潞, 林洁丽, 陈 忻, 陆冠尧, 李骏斌, 陈文杨

佛山科学技术学院环境与化学工程学院, 广东 佛山

收稿日期: 2022年5月24日; 录用日期: 2022年6月22日; 发布日期: 2022年6月29日

摘 要

将双语物理化学实验课程进行科学设计和认真实践, 通过介绍科学家的故事, 制作融入思政元素的物理化学实验教材、课件和实验录屏, 布置融入思政元素的物理化学实验作业并拓展实验, 开展双语物理化学实验课程思政, 将教改成果和最新发展引入教学, 有效地培养学生的实践和创新能力、研究性和自主学习的能力, 将价值塑造、知识传授和能力培养三者融为一体, 合理拓展了物理化学实验课程的广度、深度和温度, 实现了思想政治教育与知识体系教育的有机统一。

关键词

物理化学实验, 燃烧热, 课程思政, 双语教学

Design and Practice of Ideological and Political Cases in Bilingual Physical Chemistry Experiment Course

Yilu Liu, Jieli Lin, Xin Chen, Guanyao Lu, Junbin Li, Wenyang Chen

School of Environment and Chemical Engineering, Foshan University, Foshan Guangdong

Received: May 24th, 2022; accepted: Jun. 22nd, 2022; published: Jun. 29th, 2022

Abstract

Bilingual physical chemistry experiment course has been designed scientifically and carefully practice. By introducing the stories of scientists, making physical chemistry experimental teaching materials and courseware and video with ideological elements, and assigning physical chemistry experimental homework with ideological and political elements and expanding experiments, and carrying out bilingual physical chemistry experiment teaching with the ideological and political elements and the education reform achievements and the latest development, the students' ability

of practice and innovation, research, and autonomous learning was effectively developed. By integrating value shaping, knowledge imparting and ability training, the scope, depth and temperature of physical chemistry experiment course were reasonably expanded, and the organic unity of ideological and political education and knowledge system education can be implemented.

Keywords

Physical Chemistry Experiment, Heat of Combustion, Curriculum Ideology and Politics, Bilingual Teaching

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

物理化学实验课程是我校化学工程与工艺专业、资源循环科学与工程等本科专业学生的一门必修的专业基础实验课[1]-[7]。笔者在借鉴各校物理化学实验教学改革经验[8]-[14]及现代教学技术[15]的基础上,通过双语物理化学实验教学,通过介绍科学家的故事,制作融入思政元素的物理化学实验教材、课件和实验录屏,布置融入思政元素的物理化学实验作业。通过物理化学实验课程思政,使学生了解科学研究工作的方法,培养学生严谨的实事求是的工作作风和创新性思维的能力,从而实现思想政治教育 with 知识体系教育的有机统一。具体如下:

2. 双语物理化学实验课程思政案例的设计

本文以燃烧热的测定实验为例,进行双语物理化学实验课程思政案例的设计,如下方案。

2.1. 教学目标

通过燃烧热的测定实验教学,掌握用氧弹量热计测定燃烧热的方法;了解燃烧热的概念、恒压燃烧热与恒容燃烧热的区别。

了解量热计的原理、构造及其使用方法;掌握采用雷诺图解法校正温度的技术;掌握压缩气体钢瓶的正确使用。

2.2. 教学重点和难点

燃烧热的测定实验教学重点为了解量热计的原理、构造及其使用方法;其教学难点为掌握采用雷诺图解法校正温度的技术。

2.3. 教学内容与思政融入点

了解恒压燃烧热和恒容燃烧热的差别和量热计的主要作用及实验技术;学会雷诺图解法校正温度。采用线上和线下学习方式,进行仿真实验,培养学生的安全责任意识 and 团队合作精神。

2.4. 教学评价

通过实验操作,培养和评价学生的安全责任和分工合作意识及团队精神;通过实验报告的撰写,评价学生的科学思维及严肃的科学态度;通过实验数据的处理和分析,评价学生对实验内容的掌握以及解

决问题的能力。

2.5. 教学过程

以燃烧热的测定实验为例，教学过程如下表 1。

在疫情期间，可采取仿真进行实验，进行标准样品(苯甲酸)的测定并电脑采集数据；进行待测样(萘或蔗糖)的测定并电脑采集数据；绘制标准样品的雷诺校正曲线(已知苯甲酸燃烧热，求水当量)；绘制待测样品的雷诺校正曲线(萘或蔗糖)；求萘或蔗糖的燃烧热。

通过分析仿真实验和现实实验操作上的区别，观察学生的安全责任和分工合作意识及团队精神。查阅文献，分析绝对误差和相对误差，验证实验结果并验证实践是检验真理的唯一标准。

Table 1. Experimental teaching process of determination of combustion heat

表 1. 燃烧热的测定实验教学过程

教学过程	双语课程思政方案
一、课前预习和撰写双语实验预习报告(学生准备)	
二、燃烧热的测定原理介绍(5 分钟)	
1) 内容导入：热力学第一定律	
2) 氧弹量热计的基本原理	阅读双语教材、浏览燃烧热的测定录屏和双语课件(线上)
能量守恒定律原理。此部分内容已经在物理化学理论课中有讲解，通过提问、讨论或课堂派思考题等互动方式激发学生的学习热情，加深学生对相关原理的理解。	每课金句(线下)
3) 采用雷诺图解法校正温度的原理。	科学家的故事(每日一星)(线上)
三、压缩气体钢瓶的使用原理(5 分钟)	双语 PPT 讲解
1) 问题的引出：安全事故。	
2) 原理讲解。	操作视频(线上)
3) 介绍压缩气体钢瓶的正确操作。	
4) 压缩气体钢瓶的安全注意事项。	《广东省学校安全条例》
四、仪器、试剂、实验步骤和实验注意事项(30 分钟)	
简单介绍仪器的使用：由于操作相对较难，尽量通过线下和线上、仿真实验结合的方式使学生掌握相关内容。告诉学生此实验装置可以进一步进行的扩展实验。鼓励学生利用课余时间看操作视频并预约实验室进行开放实验。讲解过程中提醒学生爱护仪器，严谨认真对待各个实验步骤和实验数据，做到实事求是。	1) 仿真实验——电脑采集标准样品(苯甲酸)
	2) 仿真实验——电脑采集待测样(萘或蔗糖)
	3) 仿真实验——手工采集雷诺曲线(已知苯甲酸燃烧热，求水当量和萘或蔗糖燃烧热)
	4) 仿真实验和现实实验操作上的区别
	5) 观察学生的安全责任和分工合作意识及团队精神
	6) 查阅文献，验证实验结果
五、实验操作(130 分钟)	
学生分组进行实验，教师检查预习情况，关注实验过程：检查压片、装样、充氧、点火是否正确、燃烧是否完全等各个环节，尤其是充氧时提醒学生注意安全事项，观察学生的团队合作和操作过程，随时解答学生操作时的各种问题。	
六、数据记录与处理、实验总结(10 分钟)	
检查和分析学生的实验数据，对本实验成败进行总结。查阅文献，计算绝对误差和相对误差，学生对实验中存在问题的总结。	

3. 双语物理

3.1. 物理化学实验课程思政案例的实践

作为一名高校教师，应不断更新课程内容，创新授课方式，注意育德启蒙。应梳理物理化学实验课

程所蕴含的思想政治教育元素和所承载的思想政治教育功能，融入课堂教学各环节，将思政之“盐”，融于所教的课程之“汤”。把中华优秀传统文化、思想道德和追求、科学精神、爱国情怀、职业道德、人格培养等思政元素有机融入课程教学内容。

3.2. 制作融入思政元素的双语物理化学实验教材和课件

根据多年的物理化学实验教学经验，于2018年重新撰写第一版物理化学实验双语教材，每年更新修改，至今已升级到第四版，补充了课程思政内容，以及每个实验思政的具体内容和目标，培养学生绿色化学的理念，从实验设计、药品用量和使用，尤其是围绕实验净化、回收等后处理方面，进行了修改。在满足实验教学要求的前提下，极尽节约药品的使用，而且使产生的废物最少，如“比表面测定—溶液吸附法”实验，在配制100 mL亚甲基蓝浓度为 $50 \times 10^{-3} \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 溶液后，该溶液一半用于吸附法实验，剩余的一半用于后续实验，进行标准工作曲线绘制，而不再采用 $500 \times 10^{-3} \text{ mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ 原溶液，节省了药品；实验产生的亚甲基蓝废弃物采用“过氧化氢分解速率常数的测定”实验后多余的过氧化氢进行处理，减少了废弃物的产生；“胶体的制备和电泳实验”产生的氢氧化铁胶体废液比较多，而“溶胶聚沉值的测定实验”产生的氯化钠和硫酸钠电解质废液比较多，因此，将这些电解质废液用来净化胶体废液，减少了胶体废液的产生；“一级反应——蔗糖的转化实验”需用易制毒药品盐酸，在教学中应培养学生节约药品，远离毒品，珍爱生命的意识。根据旋光管的体积，新教材改成使用 $30 \text{ mL}^2\cdot\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ HCl的盐酸溶液，修改后不仅满足了蔗糖转化过程中的旋光度测定实验的所需用量，而且剩余量仍能满足旋光度无穷值的测定；又如“二级反应——乙酸乙酯的皂化”需用氢氧化钠，将该实验产生的废液用来处理“电导法测定弱电解质的电离常数测定”实验中的冰醋酸废液；“最大泡压法测定溶液的表面张力”和“纯液体饱和蒸汽压的测定”实验中产生的乙醇废液用来处理“离子迁移数的测定”实验所需的铜电极；针对“电导法测定表面活性剂临界胶束浓度”和“比表面测定——溶液吸附法”等实验所产生的废液，在新版教材中开设了“实验室废水的水质测定及净化”综合性研究实验，采用光电催化处理废液，创建绿色化学实验室，培养学生节能减排和实现“碳达峰”、“碳中和”的理念。

通过近几年的教学实践，学生对双语教材的满意度达90%以上，绿色化学的理念得到提高，活学活用，而且双语书写实验报告的能力得到大大提升。因节约成本，教材几乎黑白印刷，所以为了增强学生对专业词汇的认识，后续又制作了融入思政元素的双语物理化学实验课件(如图1)。

理论联系实际，实践是检验真理的唯一标准
• Theory is connected with practice, and practice is the only criterion for testing truth.

燃烧热的测定

Determination of Combustion Heats

刘弋潞 1752820256

combustion /kəm' bʌstʃən/ 燃烧热 criterion /kraɪ' tɪəriən/ 标准

1 Objectives and Requirements

- 1.1 To determine the combustion heat of sucrose with a oxygen bomb calorimeter. /' su:kreuz/ /' ɒksɪdʒən/ /kəm' bʌstʃən/ 燃烧热 /, kælə' rɪmɪtə/ 热量计
- 1.2 To understand the definition of combustion heat and the difference between the combustion heat in constant pressure and volume. /, defɪ' nɪʃn/
- 1.3 To acquire the main parts function and usage of the oxygen bomb calorimeter. /ə' kwæɪə/
- 1.4 To proofread the change of temperature by Reynolds illustration. /, rɪlə' streɪʃn/ 图解 /' pru:frɪ:d/ 校正 /' renəldz/

Figure 1. Bilingual physical chemistry experiment courseware integrating ideological and political elements
图 1. 融入思政元素的双语物理化学实验课件

市面教材目前虽有双语教材,但普遍对专业词汇的音标不够重视,学生不能方便识读和快速记忆,造成哑巴英语。因此,笔者在教材和PPT上的相应位置配上较难单词的音标和中文,尤其是PPT上对单词的重音用彩色进行了标记,达到一目了然的效果。再通过课堂讲授,将思政元素溶“盐”于汤,针对实验重点、难点以及学生的理解程度,采用双语混合式教学。如:实验目的、实验原理等部分主要采用英文讲授,中文为辅;实验步骤和注意事项等部分主要采用中文教授,英文为辅。经过几年的教学尝试,不仅发现学生对双语教学兴趣很高,而且感受到学生在双语混合式教学中受益匪浅,既掌握了物理化学实验的教学内容,实验操作,数据的收集、处理和分析,还意外地收获了大量的专业词汇以及撰写双语实验报告的能力,提高了学生科学研究的能力,养成了学生实事求是的工作作风、科学态度和创造性思维的方法,达到了事半功倍的效果。

3.3. 推送科学家的故事等,培养学生严谨的治学态度

利用教学平台推送化学科学家的故事(每日一星)或每课金句,学生每次课前可登陆教学平台点击链接,浏览科学家的感人故事,以培养学生严谨的治学态度、奉献精神和爱国情怀。

在讲解物理化学实验绪论的时候引入物理化学实验科学家徐光宪。他认为,化学通过借用物理学领域的研究方法而取得理论和方法的变革。物理学的理论和技术、数学方法及计算机模拟技术在化学中的应用,使学生们意识到这些对现代化学的发展起了很大的推动作用。

在讲授“一级反应——蔗糖的转化实验”时介绍高分子化学家沈之荃全心育人、全情科研的故事。有一年冬天学生凌君在实验室里做动力学实验,发现需要三个干净的烧瓶,而自己又抽不出手洗烧瓶,这时,年近七旬的沈之荃已经默默地洗好了三个烧瓶。通过该故事,告诉学生正确使用旋光管,尤其是后期的洗净存放,避免盐酸的腐蚀。同时授课老师也要做好引领工作,在每个实验中,全程认真检查每一组学生的读数。通过教师检查和分析学生的实验数据,帮助学生对本实验成败进行判断,避免误操作。

在讲授“燃烧热的测定”实验时介绍物理化学科学家张大煜。因当时我国天然石油资源尚未发现,石油严重贫乏,他作出以液体(和固体)燃料为重点的战略规划,他不仅要求大家多读文献,了解国际科技动态,多看业务书,而且他自己也常呆在图书馆和实验室。张大煜率先垂范的人格魅力,营造了一种科研文化。通过榜样的力量,学生认真地进行了燃烧热实验,在后续的课外科研训练中,有的学生饶有兴致地开展了新型生物燃料的制备与工艺研究,如表2。在室温为25℃下,把纯煤粉和纯玉米秸秆粉按不同比例混合,加入适量的添加剂(木素质磺酸钠)和水制备成秸秆水煤浆,并对秸秆水煤浆进行燃烧热实验,对其热值进行测定。随着纯秸秆占比例越大,水煤浆的热值越低,在纯煤粉跟纯玉米秸秆粉的比例为6:1时的热值最高,为19666.78 J/g。

Table 2. The combustion heat of different mixing proportions of straw coal water slurry (J/g)

表 2. 各种不同比例的秸秆水煤浆的燃烧热(J/g)

煤粉:秸秆粉	6:1	6:2	6:3	6:4	6:5	6:6
1	19663.12	18638.25	17840.68	17210.30	16683.12	16354.75
2	19659.78	18645.18	17833.82	17206.77	16680.73	16355.45
3	19677.45	18640.53	17837.9	17217.1	16683.84	16350.59
平均值	19666.78	18641.32	17837.47	17211.39	16682.56	16353.60

3.4. 制作融入思政元素的物理化学实验录频

制作热力学实验、电化学实验、动力学实验和表面化学实验等物理化学实验录频。每个实验前都有实验室安全小提示，见图2。



Figure 2. Bilingual physical chemistry experiment video integrating ideological and political elements
图 2. 融入思政元素的双语物理化学实验录频

学生通过实验前、中、后期浏览视频，进行预习。通过认真预习，学生不仅能按操作规程规范实验、注意气瓶的正确使用，正确读数，课后认真分析总结，查找实验成败原因；还能通过视频，教会学生如何应对意外情况，如何处理火灾事故和防灾化险，进一步培养学生的安全责任意识。

3.5. 拓展实验并布置融入思政元素的物理化学实验报告

进行融入思政元素的物理化学实验作业安排。在教学平台上，发布作业提醒及注意事项。在每次实验前，应总结上一个实验的成败原因和分析实验报告所出现的各种问题，尤其是图表的规范性；实验中，教师应注意培养学生的安全责任和分工合作意识及团队精神；实验后，督促学生查阅文献，计算绝对误差和相对误差，对实验中存在问题进行分析总结，验证实践是检验真理的唯一标准。另外，注意及时批改学生的实验报告，若发现问题，发回学生重新订正，老师再重批重改。这种不厌其烦的精神，能很好地培养学生严谨的实验态度和工作作风。

在燃烧热的测定实验中，学生认真进行雷诺校正、误差分析和求证真理。比如，经雷诺校正可知苯甲酸实验 $\Delta T = 1.62713^\circ\text{C}$ 蔗糖实验 $\Delta T = 1.7631^\circ\text{C}$ ；根据已知条件，苯甲酸的燃烧热为 $-26,460 \text{ J/g}$ ，金属燃丝的燃烧热为 -2.9 J/cm ；根据实验测定，初始引燃丝长度 12.16 cm ，燃烧后引燃丝长度 5.03 cm ，由 $W\Delta T = Q_{\text{样品}}n + Q_{\text{燃丝}}\Delta L = -26,460 \times 0.7893 - 2.9 \times (12.16 - 5.03) = -20905.555 \text{ J}$ ，即得 $W = -12848.116 \text{ J}$ ；因为同个仪器设备 W 相同，所以蔗糖燃烧热的计算为： $Q_{\text{蔗糖}} = (W\Delta T - Q_{\text{燃丝}}\Delta L) M/n = (-12848.116 \times 1.7631 + 2.9 \times 7.13) \times 342.3/1.4759 = -5248.9176 \text{ kJ/mol}$ 。查阅文献可知 $Q_{\text{蔗糖}} = -5680.4 \text{ kJ/mol}$ ，得到绝对误差 = $|-5248.9176 + 5680.4| \text{ kJ/mol} = 431.482 \text{ kJ/mol}$ ，相对误差 = $|-5248.9176 + 5680.4|/5680.4 \times 100\% = 7.60\%$ 。通过误差分析，学生意识到实践是检验真理的唯一标准。

在二组分金属相图实验中,该实验因样品多,实验时间长,记录的数据多,如果学生每个样品都去测,教学时数不够,而且学生会产生枯燥情绪,因此在这个实验中,分成六组样品,分组测定和采集实验数据,每组得到一条步冷曲线,再团结合作汇集实验数据,最后要求学生自己绘制步冷曲线和铋锡合金相图。该实验既有分工又有合作,使学生明白自己在实验中承担的角色和责任,必须自己亲力亲为,不能照葫芦画瓢。在第一次交实验报告时,很多学生以为实验报告图也是可以团结合作复制的,结果出现的错误比比皆是,此时,老师应要求学生重新自己绘图。在第二次批改订正的实验报告时,发现很多学生纠正了先前的各种绘图小错误,得到了很规范的图,如图 3。另外,成立实验小组促进了同学之间的互相交流和互相帮助,学生实验的兴趣有较大提高。

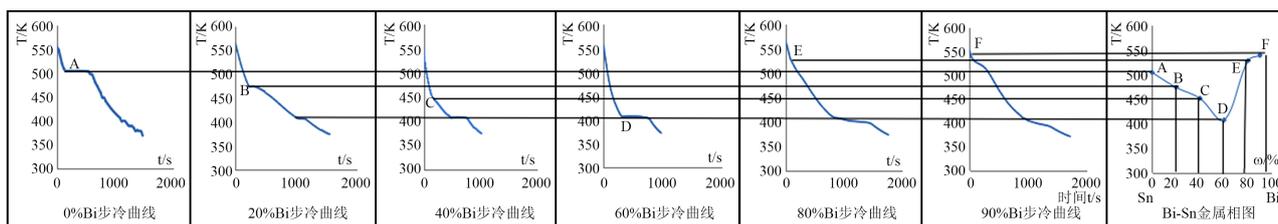


Figure 3. Diagram of physical and chemical experiment report incorporating ideological and political elements

图 3. 融入思政元素的物理化学实验报告图

实验综合考查环节,主要测评学生认真学习的态度,培养学生严谨的思维习惯。除了建议学生课后开展可新型生物燃料的制备与工艺研究,进行燃烧热的测定实验之外,还布置了拓展实验题“3d 打印材料的物理化学性能的测定”(凭学生的兴趣,属于自愿性质题)。在布置该课外作业时,通过教学平台推送了物理化学家刘云圻。他时刻强调创新,将电子和材料相结合,致力于研究成果向应用方向转化,他在中科院化学研究所工作时,星期六、星期天、除夕、大年初一基本是在办公室或实验室里度过的。有的学生倍受感动,能自觉地利用业余时间,进行测试 3d 打印材料的物理化学性能。如:根据工程制图和 Autocad 知识,绘制并 3d 打印标准样条,测试 3 打印材料的物理性能:如拉伸、弯曲和冲击、熔体流动速率和差热分析等性能;将塑料树脂粒料和 3d 打印线材制备成满足红外光谱实验所需的样品,测试材料的红外光谱,判断其属于何种材料。这些拓展实验项目,极大地提升了学生的思考空间,有的学生甚至表示,将利用物理化学实验知识进一步进行贴近生活的实验项目。

通过作业及拓展实验环节,学生规范书写实验报告的能力、尤其是绘制图表的能力大大增强,学习习惯有很大改善,学习兴趣较浓,培养了学生严谨的实事求是的工作作风、科学态度和创造性思维的能力。

3.6. 双语物理化学实验课程思政成效

笔者一直担任物理化学实验等课程的教学,能根据课程内容和学生特点,进行合理的教学设计。在教学内容、教材建设、教学方法与手段等方面不断进行教学改革。教材几乎每年更新,课件、教学平台等资料每年不断丰富。经物理化学实验问卷调查,统计如下:表示枯燥的同学仅占 1.22%,有点兴趣的占 17.36%,较感兴趣的同学占 42.86%,很感兴趣的占 38.56%,后两者占比较高,说明同学们学习物理化学实验的兴趣较高。同学们普遍认为双语教学虽有难度,但双语教学比较新颖,有助于了解与专业有关的英语词汇,激发学生学习和物理化学实验和专业英语的兴趣,学生普遍认为对今后的专业英语有一定的帮助;而课程思政提高了学生发现问题和解决问题的能力。通过物理化学实验课上和课下教学的相互融合,妥善处理实验教学难点和重点,化难为易,使线上和线下教学达到有机统一,取得了显著成效。具体如下:

近几年来,主持或参加的与物理化学实验课程有关的教改课题5项(市级1项、课程建设立项3项);获校级教学成果奖1项、校级“教学名师”1次、校级“课堂教学十佳教师”1次、校级师德师风建设先进个人1次;校级教师教学质量奖4次,校级教学优秀5次,校级年度考核优秀1次,获学院教学改革与研究先进个人2次;指导大学生创新创业训练计划项目3项(其中:省级1项)。指导大学生科技竞赛获国家级三等奖3项。

4. 结束语

总之,通过以上双语物理化学实验课程思政案例的科学设计和认真实践,将学科最新发展和教改成果引入教学,有效地培养学生的实践和创新能力、研究性和自主学习的能力,将价值塑造、知识传授和能力培养三者融为一体,合理拓展了物理化学实验课程的广度、深度和温度,实现了思想政治教育与知识体系教育的有机统一,达到润物无声,潜移默化的作用,为学生今后从事专业工作,奠定了良好的基础。

基金项目

广东省本科高校教学质量与教学改革工程建设项目产业学院立项建设专项资助(粤教高函[2018] 179号);佛山科学技术学院“课程思政”教改立项建设项目——物理化学实验课程思政的教学改革与探索(教研(教材)[2020]41号);佛山科学技术学院双语教学课程立项建设项目——物理化学实验双语教学课程(教研(教材)[2019]20号)。

参考文献

- [1] 蒙丽丽,李媛媛,李猛,等.基于OBE理念的物理化学实验教学改革探索与实践[J].教育教学论坛,2022(17):121-124.
- [2] 胡俊平,刘妍,毕慧敏,等.基于微课的“物理化学实验”翻转课堂教学案例设计[J].化学教育,2016,37(14):45-48.
- [3] 刘仁植,鲁辉,常笑.基于虚拟仿真技术的高校物理化学实验创新性教学研究[J].西昌学院学报(自然科学版),2021,35(2):124-128.
- [4] 淳远,高卫,杨金月.物理化学设计实验教学的实践与体会[J].大学化学,2017,32(7):33-36.
- [5] 夏春兰,邓立志,刘欲文,等.物理化学设计实验教学探索与实践[J].实验室研究与探索,2013,32(8):181-183.
- [6] 费会,周晓容,方华.物理化学实验混合式教学的实效性研究[J].河南化工,2021,38(9):62-64.
- [7] 张国艳.物理化学实验与理论教学的互补与促进——案例教学:多相平衡系统相图[J].高等理科教育,2018(4):107-112.
- [8] 石雷,赵国虎,缙浩.物理化学实验综合能力培养的改革与探索[J].山东化工,2021,50(10):206-207.
- [9] 孙越,杨钻.新时代背景下物理化学实验的课程思政教学初探[J].大学化学,2021,36(8):25-31.
- [10] 常贯儒.新形势下环保、创新为导向的物理化学实验教学探讨[J].黄山学院学报,2021,23(3):125-127.
- [11] 何乐芹,师程程,郝勇静,等.以学生为主体开展物理化学实验“课程思政”教学实践[J].大学化学,2021,36(7):52-57.
- [12] 李笑峰,乔洪涛,赵二劳.物理化学实验教学的课程思政改革探索[J].山东化工,2019,48(22):161-163.
- [13] 郑湘娟,李凤丽,迟宝珠,等.基于网络教学平台的PBL教学模式在物理化学实验教学中的实践[J].化学教育,2017,38(14):40-44.
- [14] 沈海云,朱莉娜,王海媛,等.浸润式课程思政在物理化学实验中的设计与实践[J].大学化学,2022,37(X):2112047.
- [15] Hew, K.F., Hu, X., Qiao, C. and Tang, Y. (2020) What Predicts Student Satisfaction with MOOCs: A Gradient Boosting Trees Supervised Machine Learning and Sentiment Analysis Approach. *Computers & Education*, 145, Article ID: 103724. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103724>