•专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202004074

www.dxhx.pku.edu.cn

“高分子材料合成创新实验”线上教学探索与实践

闫毅, 颜静, 姚东东, 顾军渭*

西北工业大学化学与化工学院, 西安 710129

摘要: 依托“QQ 分享屏幕 + 视频直播”平台, 通过“在线讲授理论环节”“开发居家替代实验”“游戏式”实验操作和“虚拟仿真实验”相结合的形式, 开展了融“理论 + 实践”“虚拟 + 现实”为一体的高分子材料合成创新实验在线教学, 同时也是一次很好的劳动教育。这些探索和实践有望为疫情期间化学类实验课程的在线教学提供一定的借鉴和参考。

关键词: 线上实验教学; 居家替代实验; 劳动教育; 虚拟仿真; 知识关联

中图分类号: G64; O6

Exploration and Practice of Online Teaching of “Polymer Material Synthesis Innovation Laboratory”

Yi Yan, Jing Yan, Dongdong Yao, Junwei Gu *

School of Chemistry and Chemical Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, P. R. China.

Abstract: Based on the platform of “QQ share screen + video live broadcast”, through the combination of “online theory teaching”, “development of home alternative experiment”, “game type” experimental operation and “virtual simulation experiment”, we carried out the online teaching of polymer material synthesis innovation laboratories, integrating “theory + practice” and “virtual + reality”, which is also a good opportunity for labor education. These explorations and practices are expected to provide some references for online teaching of chemical laboratory courses during the COVID-19 epidemic.

Key Words: Online laboratory teaching; Stay home alternative experiment; Labor education; Virtual simulation; Knowledge relevance

1 前言

实验教学是化学类专业必不可少的实践环节, 实验室教学一直是化学实验类课程教学的主要形式和必要手段^[1,2]。2020 年“新冠”疫情的突然来袭打乱了正常的教育教学秩序, 尤其是对实验实践类课程的实施提出了新的要求和挑战。为落实教育部“停课不停教、停课不停学”的要求, “高分子材料合成创新实验”教学团队积极开展实验课在线教学尝试, 通过“QQ 分享屏幕 + 视频直播”“开发居家替代实验”“虚拟仿真实验”等形式开启实验课教学活动。一个多月以来, 实验教学开展顺利, 受到了学生和家长的欢迎与认可。本文主要介绍本实验课程在线教学的一些探索和尝试, 希望对化学类、尤其是高分子相关实验课程在线教学的开展提供一定的借鉴。

收稿: 2020-04-19; 录用: 2020-05-06; 网络发表: 2020-05-11

*通讯作者, Email: gjw@nwpu.edu.cn

基金资助: 西北工业大学高等教育研究基金(GJJM03); 2020 年陕西省高等教育学会“疫情防控专项研究课题”(XGH20003); 陕西省新工科研究与改革实践项目; 西北工业大学 2020 年“课程思政”示范课程建设项目; 西北工业大学实验核心课程建设(18GH0203014); 2018 年度校级教育教学改革项目(W015304); 西北工业大学校级虚拟仿真项目; 陕西省提升公众科学素质计划项目(2020)

2 在线教学体系的构建

2.1 课程介绍

“高分子材料合成创新实验”是针对我校工科特色开设的一门面向高分子材料专业本科生及将来有志从事高分子材料研究的相关专业本科生的集中实验环节课程。本课程是校级核心实验课、校级“课程思政”示范课程、校级创新创业课程；依托校级教育教学改革项目，建有校规划教材《高分子材料合成创新实验》1部和校级虚拟仿真实验项目1项。本课程的定位是西部高校第一门高分子材料合成创新实验课程，一门实现本科生向研究生过渡的“工具课”。

本课程包括13个高分子材料合成与表征实验，共计56个学时。本学期选课学生包括来自化学与化工学院和伦敦玛丽女王工程学院(中外联合培养)的68名学生。根据学生知识储备的不同，分为两个自然班进行教学。

教学团队包括教授2人，副教授3人。本学期由1名教授和1名副教授担任课程的主讲教师。

2.2 在线教学整体设计

实验课的教学目的是训练学生的动手能力和塑造学生的核心素养，核心是培养其运用所学知识解决实际问题 and 理论联系实际的能力。为了维持正常教学秩序，结合疫情的发展态势，教学团队决定分阶段进行授课：先期将第一次理论课、四次居家替代实验、一次虚拟仿真实验进行在线授课；如果这六次课程结束后仍然不能复学，将继续在线讲授剩余实验的理论部分，待复学后进行相应的实验室教学。

在教学平台选择方面，考虑到师生互动的便捷和网络不稳定等因素，决定采取“QQ分享屏幕+视频直播”的形式。两位授课教师互相在彼此的课堂中通过QQ群聊天方式进行助课。这种授课方式的优势在于：一方面，学生可以看到授课教师的肢体语言和关键实验操作环节的演示，拉近了教与学的距离；另一方面，学生的课程参与度也可以通过QQ签到和随机提问等形式进行考查。

为了保证线上实验教学质量，发挥在线教学灵活多变的师生互动优势，本课程线上教学的主要内容和环节包括：(1) 学生课前预习；(2) 教师课堂讲授；(3) “翻转课堂”；(4) 学生线下开展实验；(5) 实验结果分享、数据分析和教师点评。

2.3 在线课堂讲授

一次完整的在线实验课堂讲授环节包括：上次实验结果分享、数据分析与实验拓展、本次实验导入、知识关联、实验步骤介绍、与本实验相关的课程思政和科技前沿介绍等六部分。为了便于学生线下开展实验和课后复习，我们通过录屏软件将在线讲授内容录制，并上传至课程QQ群文件。

为了更加形象地介绍实验操作，我们重点通过视频的形式进行实验演示。此外，为了弥补在线教学中实验操作的缺失，我们从历年实验室教学的图片中选取了相关实验细节图片(图1)，让学生切实看到、看懂实验内容和实验操作，了解实验结果和数据处理过程。

图1 原定实验往年图片分享

从左到右依次为：引发剂的重结晶，水凝胶，聚乙烯醇缩甲醛胶水，聚氨酯泡沫

为了帮助学生掌握关键的实验操作,我们设计了“游戏式”的在线实验操作教学模式(图2)。比如通过“仪器连连看”的形式让学生学会重要玻璃仪器的连接,学会根据不同的实验目的选取相应的玻璃仪器;又比如通过录制“人为植入错误操作”的实验视频,让学生在“找茬儿”,进一步巩固关键的实验操作细节。

图2 “游戏式”在线实验操作教学模式: 仪器连连看(左)和操作“找茬儿”(右)

此外,依托校虚拟仿真实验教学项目,我们初步建成了“高分子有序结构的同步辐射散射实验表征”实验平台。学生在三维虚拟环境下进行具体实验操作,包括样品制备、样品原位加热、结构表征等内容,涉及固体样品称量、高分子溶液配制、流延成膜、高分子薄膜样品制备、原位加热、同步辐射散射实验、数据处理与分析等理论知识和实验操作。

2.4 课堂翻转

为了帮助学生巩固实验原理,与已学知识之间形成关联,我们充分利用在线教学的便利条件,将“学”转变为“讲”,针对高分子表征仪器的原理、方法、实验操作和数据分析等内容开展了“翻转课堂”尝试。如图3所示,学生四人一组互相协作精心完成了各种大型表征仪器的在线讲解与分享,既熟悉了仪器的原理、数据分析等环节,还锻炼了总结和表达能力,提升了团队协作精神。

图3 “翻转课堂”环节中部分ppt展示

2.5 居家替代实验开发

高分子材料在日常生活的方方面面都发挥着重要作用, 为了使学生可以在家进行相关高分子材料合成和性能表征实验, 我们设计了 4 个居家替代实验, 设计原则是: (1) 不偏离原定实验教学原理和基本理论, 突出科学性; (2) 尽可能使用厨房或居家必备的试剂和器具, 突出居家可操作性; (3) 所用试剂和器材安全、无毒。结合实验教材的相关内容, 最终选择了 4 个可以在家开展的居家替代实验, 如表 1 所示。居家替代实验不仅方便易行, 更重要的是可以和家人一起操作, 增进家校互动, 同时也是一个特殊的劳动教育环节^[3]。

表 1 原定实验教学内容和居家替代实验对比

序号	原定实验教学内容	居家替代实验	二者之间的联系
1	单体和引发剂的精制	食盐、小苏打、碱面、蔗糖的重结晶	热敏感化合物的重结晶操作
2	聚丙烯酸水凝胶的制备及其吸水性能测试	物理交联水凝胶的制备及其吸水性能测试	物理交联和化学交联水凝胶的异同
3	聚乙烯醇缩甲醛胶水的制备及其粘结性能的测试	常见家用胶水的粘结性能测试	查阅国标或者文献设计胶水粘结性能的定性、定量测试方法
4	聚氨酯发泡材料的制备	馒头、面包制作中的发泡及泡孔控制	发泡原理和泡孔尺寸的控制

以“单体和引发剂的精制”实验为例。在原定实验教学内容中, 我们设计了通过甲醇重结晶的方法来精制偶氮二异丁腈的实验内容。在替代实验中, 我们设计了家庭厨房中常见的食盐、小苏打、碱面、蔗糖等的重结晶。替代实验与原定实验内容之间存在如下相同之处: (1) 这些物质的重结晶操作中均涉及到配制饱和溶液、趁热过滤、室温(或低温)结晶的基本操作, 需要严格的称量、溶解等程序, 必要条件下还需要引入成核中心, 比如在蔗糖的重结晶过程中学生联想到了冰糖制作过程中棉线的作用; (2) 小苏打受热易分解, 其重结晶操作与原定实验中所采用的偶氮二异丁腈非常相像; (3) 厨房中的这些替代药品不一定是纯净物, 需要查阅其成分表了解其中的“杂质”, 这与原定实验中查阅每个化合物的 MSDS (Material Safety Data Sheet) 十分相似。比如食盐的重结晶过程中, 多数学生没有注意到其中的抗结剂亚铁氰化钾的存在, 导致重结晶的产物晶体质量不佳。

又比如“聚丙烯酸水凝胶的制备及其吸水性能测试”实验^[4]。在原定实验内容中, 我们设计了通过双丙烯酰胺交联聚丙烯酸制备化学交联水凝胶的实验内容。在替代实验中, 我们设计了家庭厨房中常见的水凝胶, 比如皮冻、凉皮、凉粉等的制备。替代实验与原定实验内容之间存在如下相同之处: (1) 凝胶的形成原理大致相同, 一个是通过共价键进行交联, 一个是通过高分子链的缠结和氢键等非共价键进行交联; (2) 吸水性测试原理和操作基本相同, 都是利用水凝胶在水中吸水溶胀质量和体积发生变化来进行定量分析; (3) 替代实验中, 学生使用了不同种类的淀粉, 其所形成的水凝胶性状不同, 引发其深入思考这些淀粉中直链和支链淀粉含量的不同, 以及如何区分等问题。

再比如“聚乙烯醇缩甲醛胶水的制备及其粘结性能的测试”实验^[5]。虽然居家替代实验中缺少了胶水的制备环节, 但是学生在胶水粘结性能的测试环节进行了多样化的尝试。如图 4 所示, 参考国标 GB/T 7124-2008, 某学生设计了 502 胶水粘结塑料与金属界面的实验。通过已知重量的物体施加载荷的方法, 精确地测出了拉伸剪切强度。更重要的是, 为了考察 502 胶水粘结性能的耐候性, 还设计了不同温度、湿度条件下的粘结强度测试。

2.6 实验内容的拓展与延伸

结合我校国防军工特色, 在课程的讲授过程中, 还引入了相关高分子材料研发中的西工大人与事、国家急需的卡脖子技术等内容对实验内容进行深度的拓展和延伸, 开展课程思政教学。讲授过

图4 学生设计的502胶水粘结强度测试流程图

程中，我们密切结合实验内容，让学生了解到这些看似“高大上”的研究其实与本课程的实验内容和所学知识十分相关。比如在“聚丙烯酸水凝胶的制备及其吸水性能测试”实验讲授中，特意引入了水凝胶材料在我校航海学院研发的“魔鬼鱼”中的应用；在“重结晶”实验讲授中，更是引入了提拉法制备单晶硅和硅基电子器件制作中的“卡脖子”技术等科技前沿内容；在“聚氨酯发泡材料制备”实验讲授中，更是结合绿色发泡技术和我国载人潜水器“蛟龙号”中浮力材料的迫切需求等对实验内容进行拓展。

2.7 实验报告与考核

与以往的线下实验教学不同，本次线上教学的实验报告主要通过视频、照片、电子版实验报告等形式进行。超过90%的学生通过照片、视频的形式反映自己的实验操作过程和实验结果(图5)。有些学生甚至对自己的视频进行剪辑，配上文字说明和背景音乐，发在了“抖音”等自媒体上。这种形式在往年的实验报告中是少见的，极大地提高了学生的实验热情和课程参与度。

由于在线实验教学无法直接跟踪学生的具体实验操作，对于课程的考核主要分为课堂表现与参与度、实验报告、实验讲解三部分，所占比例分别为30%、50%、20%。很多学生在实验报告(图6)中图文并茂，加入了严谨的科学计算，也从一个侧面反映出“居家替代实验”设计的科学性。

图5 部分居家实验图片展示

重结晶实验(上)和胶水粘结性能测试(下)

西北工业大学 高分子材料合成创新实验报告

姓名 王一琇 班级学号 11081701 2017302695 同组姓名 无

实验成绩 _____ 实验日期 2020.4.15 指导教师 闫毅老师

实验三 家用胶水性能的测试

一、实验目的

1. 了解家用胶水的组分及固化原理。
2. 掌握家用胶水粘结性能、亲疏水性能的测试方法。
3. 在家庭已有条件下对家用胶水进行性能测试。

二、实验原理

家用胶水的种类繁多,各种胶水的成分、使用方法及性能等都各不相同。下面根据实验中所使用五类胶水的固化及性能测试,进行介绍。

三、实验原料及试剂

原料	主要成分	质量或体积
晨光牌液体胶	聚乙烯醇 (PVAL)	50mL
晨光牌变色固体胶	聚乙烯吡咯烷酮 (PVP)	15g
液体工具 AB 胶	丙烯酸酯结构胶粘剂	20g
502 胶	α -氰基丙烯酸乙酯	7g
晨光牌双面棉纸胶	丙烯酸酯胶粘剂	12mm*10m

四、实验装置

实验器材及原料如图 2 所示,其中拉力机的精度值为 0.001kg。

图 6 部分实验报告及图片展示

五、实验步骤

• 力学性能测试

1. 取 1 块干净的塑料板和 4 个可活动挂钩,在上面分别涂上四种不同的胶水,控制胶层厚度和面积相同,进行重叠贴合。
2. 固化 24 小时后,测试一组剪切强度。
3. 取另 1 块塑料板和 5 个可活动挂钩,在上面分别涂上五种不同的胶,进行重叠贴合。
4. 固化 10 分钟后,测试一组力学性能,包括正拉伸、剪切、劈裂和剥离强度。

六、实验记录

表 1 力学性能测试数据

力学强度 (MPa)	固体胶	液体胶	502 胶	AB 胶	双面胶
拉伸强度	6.78×10^{-4}	1.31×10^{-2}	3.29×10^{-2}	大于 5.28×10^{-2} 挂钩拉扯断	1.19×10^{-2}
劈裂强度	固化 10 分钟	9.92×10^{-4}	2.38×10^{-2}	大于 5.28×10^{-2} 挂钩拉扯断	9.24×10^{-3}
剥离强度		7.26×10^{-3}	1.23×10^{-3}		9.15×10^{-3}
剪切强度	固化 10 分钟	1.94×10^{-3}	3.39×10^{-3}	1.21×10^{-3}	1.43×10^{-2}
	固化 20 小时	5.32×10^{-3}	7.26×10^{-4}	4.11×10^{-2} 大于 8.76×10^{-2} (人力拉不动)	

注:对于 AB 胶的测试,人力未能完成拉伸(以 48 周岁,体重 70kg 的成年男子为例),为确保人身安全,在现有条件下,未进一步完成测试。

七、实验结果

由四种受力形式所测得的强度数值可得,室温条件下,对塑料板的粘附性能,由好到坏依次为:AB 胶 > 502 胶 > 双面胶 > 液体胶 > 固体胶。

八、实验小结

注意事项:

1. 在涂胶时要特别注意,不要将 502 胶、AB 胶涂到手上,且涂胶不要过满,以免溢出粘结面之外。

改进措施:

1. 对于液体胶,可以选择使用胶枪来涂胶,以免手动挤出无法控制用量。

3 在线实验教学质量的评价和反馈

3.1 课程督导

为了保证线上教学质量,尤其是线上实验教学的教学效果,学校安排了院校两级督导和行政督导进入在线课堂督课,对课堂教学效果进行评估,并及时给出反馈意见。

3.2 课程反馈

为了及时了解实验课程在线教学的学生反馈,做到进一步提升。在课程进行 1 个月后,我们开展了授课效果调查问卷。结果显示:90%以上的学生认为“网上授课 + 居家替代实验”的形式可操作性很强;本课程的教学体系较好地做到了与已学知识之间的相关关联;80%的学生认为有些实验室实验不可替代,希望能尽快返校开展实验;参与调查的家长认为这是一次很好的家校互动。

4 总结与展望

依托“QQ 分享屏幕 + 视频直播”的教学模式,通过开发居家替代实验、“游戏式”在线实验操作等形式可以有效实现高分子材料合成创新实验的在线教学;通过“翻转课堂”“课程思政”的教学模式可以有效实现实验教学的拓展与延伸,有助于实现“本科向研究生的过渡”;基于大科学装置的虚拟仿真实验的开展可以有效提升学生了解前沿技术的兴趣,实现了已有知识与学科前沿的

关联。

一个多月的线上教学实践表明：这些探索不仅是实现化学实验课程在线教学的有效途径，而且有可能拓展至其他实验类课程。当然，这些实践和探索也再次提醒我们：目前实验课的在线教学还有很多不足，需要更多地积累和整合教学资源，建立实验类课程的相关 MOOC 或者视频共享课，甚至基于虚拟现实技术的远程实验教学平台，这些都是我们需要进一步探索和努力的方向^[6]。

参 考 文 献

- [1] 马艺, 张伟强, 薛东旭, 张航, 顾泉, 郑浩铨, 翟全国, 高玲香. 大学化学, **2020**, 35 (5), 229.
- [2] 鹿现永. 化学教育, **2019**, 40 (6), 81.
- [3] 央视网新闻. [2020-04-17]. <http://news.cctv.com/2020/03/26/ARTIJVMIXKWylGcEV1ZZpsm1200326.shtml>.
- [4] 颜静, 姚东东, 史学涛, 耿旺昌, 张宝亮, 闫毅. 化学教育, **2019**, 40 (10), 34.
- [5] 颜静, 姚东东, 耿旺昌, 史学涛, 顾军渭, 吴亚东, 闫毅. 化学教育, **2019**, 40 (24), 34.
- [6] 周云, 张连庆, 林金明. 大学化学, **2010**, 25 (6), 48.