

基于BOPPPS的无机化学实验混合式教学设计与实践

王峥*, 彭旭, 李昊杰, 董志月, 刘红英, 张驰

湖北大学化学化工学院, 武汉 430062

摘要: 基于BOPPPS的无机化学实验混合式教学设计突出“以学为中心”, 以“磺基水杨酸合铁(III)配合物的组成及稳定常数的测定”教学为例, 介绍混合式教学实施过程。研究表明, 基于BOPPPS的混合式教学能有效推动学生自主学习, 教学效率高, 有效提升学生实验能力和交流沟通能力。此外, 基于BOPPPS的混合式教学能找出教学中的盲点和难点, 有助于教学模式的持续改进。

关键词: BOPPPS; 无机化学实验; 混合式; 教学设计

中图分类号: O6; G64

Design and Practice of Blended Teaching of Inorganic Chemistry Experiment Based on BOPPPS

Zheng Wang *, Xu Peng, Haojie Li, Zhiyue Dong, Hongying Liu, Chi Zhang

College of Chemistry and Chemical Engineering, Hubei University, Wuhan 430062, China.

Abstract: The blended teaching design of inorganic chemistry experiments, utilizing the BOPPPS framework, places a strong emphasis on “learning centered”. This paper presents the application of the BOPPPS model in the teaching of “Determination of Composition and the Stable Constant of the Sulfosalicylic Acid Iron (III) Complex”, outlining its implementation process. Research findings indicate that this approach effectively fosters students’ self-learning, enhances teaching efficiency, and cultivates students’ experimental and communication skills. Furthermore, it enables the identification of teaching blind spots and difficulties, thereby facilitating ongoing improvements to the teaching methodology.

Key Words: BOPPPS; Inorganic chemistry experiment; Blended model; Teaching design

1 研究背景

BOPPPS是一种以有效教学著称的“导学互动”教学模式, 包含6个模块: B (Bridge-in导言)、O (Objective/Outcome学习目标)、P (Pre-assessment前测)、P (Participatory Learning参与式学习)、P (Post-assessment后测)和S (Summary总结)。该模式由加拿大引入我国后, 已有越来越多的高校教师对BOPPPS开展研究, 并将该模式应用于课程教学^[1-3]。

无机化学实验是一门专业基础课, 面向化学及相关专业学生, 一般在大学一年级开设。通过课程教学, 使学生掌握无机化学实验的基本方法和基本技能, 掌握实验室常用仪器、设备的使用方法, 具备基本数据采集、归纳、处理能力, 培养学生严谨的工作态度和实事求是的工作作风, 为后续专业课的学习奠定坚实的基础。该课程实践性强, 在培养学生解决复杂、真实问题的能力, 培养学生

的高级思维方面具有独特的地位和作用。

我校无机化学实验教学团队每年承担全校化学及相关专业约800多名学生的无机化学实验教学任务,一个教师往往需要带几个平行班的实验课,同一个实验要在不同的平行班重复讲授,同样的实验操作和仪器设备的使用方法要在多个平行班重复演示,仪器设备的基本结构、基本操作过程及现场演示细节只有离仪器最近的学生能够看清,教师授课效率不高,学生学习效果不好,此为常规实验教学的难点之一^[4]。

我国古代教育家荀子提出“闻之不若见之,见之不若知之,知之不若行之”,从学习者的角度揭示了目标层次及层次之间的递进关系,体现了以学习者为中心的思想。常规无机化学实验课堂讲授能使“闻之”,课堂演示仅少部分学生能“见之”,忽略了现场演示的局限性,此为常规实验教学的盲点之一。一个环节出了问题,会直接影响学生后续“知之”(理解实验原理、操作细节背后的科学知识)、“行之”(会运用所学知识解决真实问题)的目标达成,因此,我们首先需要解决学生“见之”的问题。各大慕课平台的无机化学实验慕课可提供实验视频,但是其内容与我校开设的无机化学实验内容相比,差别较大,即使个别实验项目相同,实验方法不同,实验中使用的仪器设备型号不同,不适于我校无机化学实验课程教学。本课程团队联系专业公司辅助拍摄制作慕课视频,无机化学实验慕课先后在智慧树、学银在线、优客联盟各大平台上线,为本课程的线上教学提供技术支撑及保障。

如何用好线上资源,结合线下教学,真正解决学生“见之”的问题,进而使学生能“知之”“行之”,需要对课程教学进行精心设计^[5]。

2 教学设计及教学过程

建构主义学习理论认为,学习是由学生以自己原有知识经验为基础建构知识的过程,教师是意义建构的帮助者、促进者。首要教学原理主张以“聚焦解决问题”为中心,教学由不断重复的四阶段循环圈——激活旧知、示证新知、应用新知和融会贯通构成^[6]。无机化学实验教学设计基于建构主义学习理论,结合首要教学原理,融合BOPPPS教学模式,突出“以学为中心”,采取线上线下混合式教学,教学设计思路如图1所示。

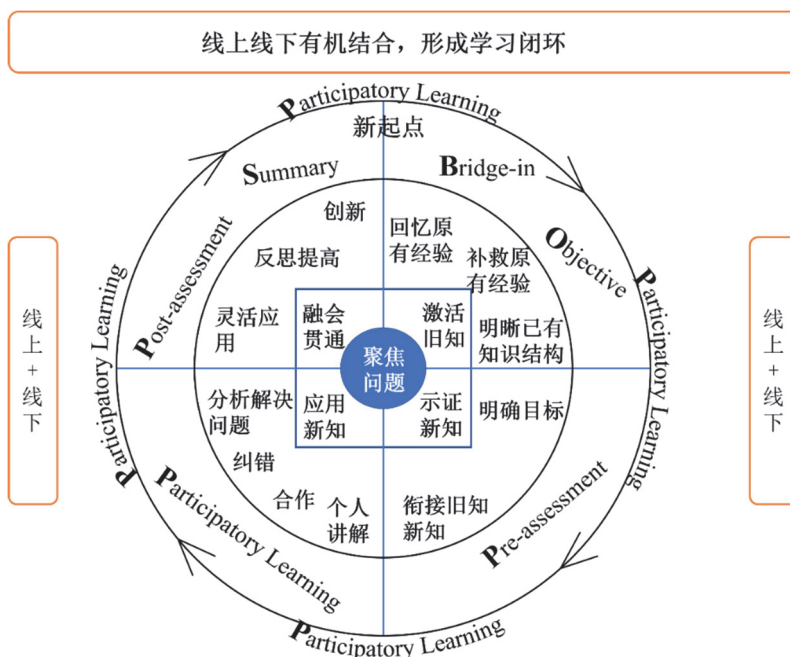


图1 基于BOPPPS的无机化学实验教学设计思路

我们抓住实践类课程“实操”这一重要教学阶段，按照实操前、实操、实操后三个阶段进行教学活动设计，参与式学习(Participatory Learning)贯穿整个教学过程，如图2所示。实操前对应BOPP四个模块(图2蓝色虚线框内容)，实操对应P模块(Participatory Learning)，实操后对应PPS三个模块(图2橙色虚线框内容)。

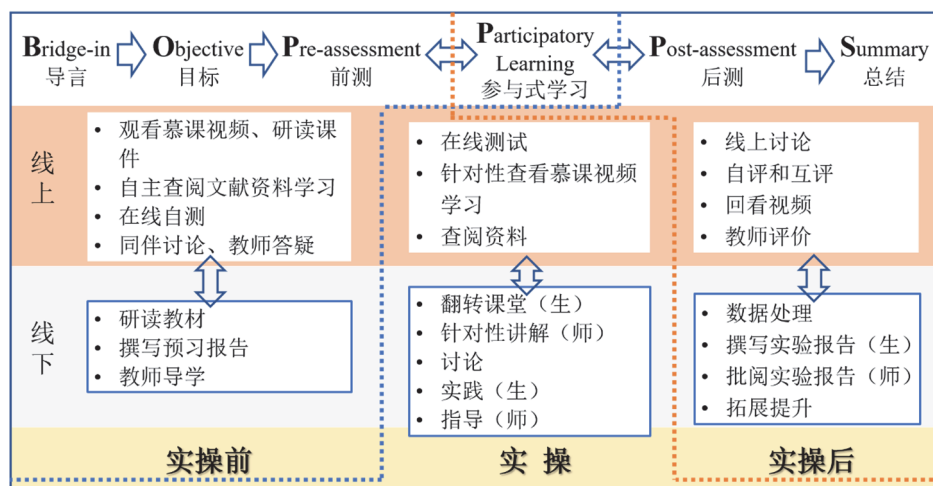


图2 基于BOPPPS的无机化学实验混合式教学活动设计

电子版为彩图

2.1 实操前

实操前的学习包括学生线上+线下自学和线下教师导学。

视频讲解生动形象、操作示范明晰，学生可随时随地多次反复观看，因此将线上观看视频自学作为学习起点，学生依托学银在线、湖北大学课程中心智慧平台、学习通作业系统开展学习。通过线上观看慕课视频和课件，线下研读教材，明确学习目标，激活旧知，学习新知，自主查阅文献资料；通过学习通、QQ群与教师、同学线上交流互动，将旧知和新知有效衔接；通过线上自测，自评自学效果，保证实操前自学目标达成。

前测(Pre-assessment)的主要目的是分析、了解学情，以便调整后续教学内容的深度及进度，常通过线上小测验、问卷调查、线上交流或面对面交流等形式获得数据或信息。小测验由多测和单测两部分组成，学生进入实验室前，由学习通作业系统随机抽题，得分80分以上获得进入实验室实操资格，可多次答题。设计多测的目的是引导学生自学，强化学生实操前的参与式学习(Participatory Learning)，实现学生对自学进行自我评价和监控，完善学生自学机制。图3是某同学自学后自测，未达到80分合格要求，针对性再学习后，第二次自测合格的作答记录。

- 查看作答记录



姓名: 熊... 班级: 2021级制药(王峥, 董志月)

作业重做次数	分数	提交时间
第1次作答	60.0分	2022-09-08 19:59:12
第2次作答	90.0分	2022-09-08 20:05:56

图3 某同学实操前多次作答记录

单测是在学生进入实验室后,教师开展课堂导学前,由学习通作业系统随机抽题,学生在规定时间内完成,设计单测的目的是帮助教师了解学生自学后对新知掌握的程度和熟练度。

教师摘选出多测和单测(图4)统计数据中正确率差异较大的对应试题,如第5题和第8题,分析原因,结合预习报告批改情况,适当调整线下授课内容及重难点。授课时,重点解决学生在课前学习时遇到的疑难问题,引导学生分析、理解。针对学生对某些基本操作要领不太熟悉的问题,在课堂上随机选择学生演示,相互纠错,规范操作,促使学生旧知和新知有效衔接,完善学生基本实验知识架构。采用线上视频+线下学生演示纠错的方式,解决常规实验教学现场演示的局限性,提升教师授课效率,通过讲授实验方法、实验理论背景,渗透科研思维,体现高阶性。

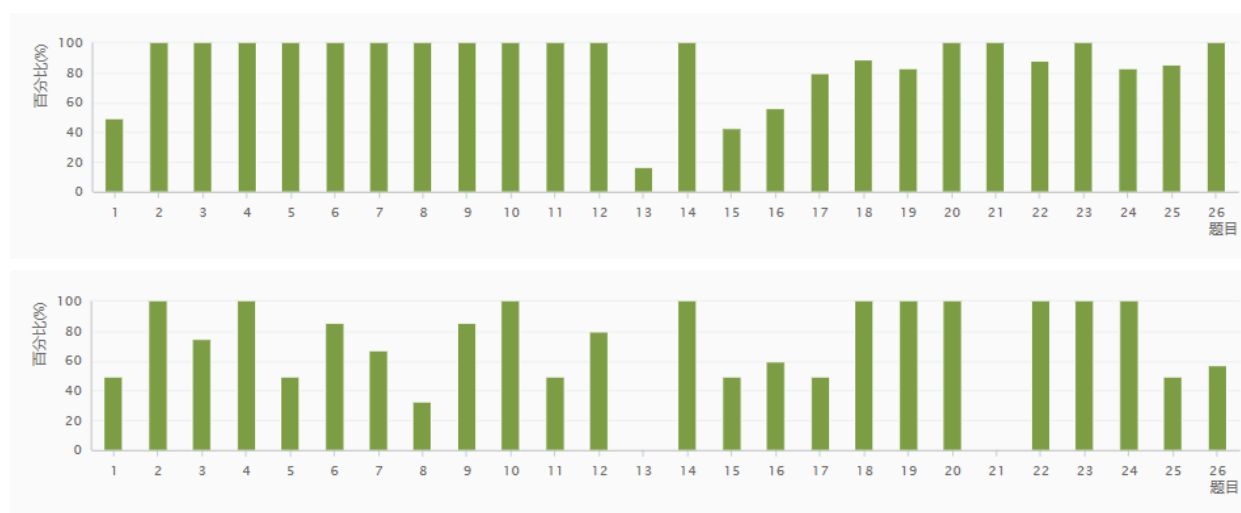


图4 多测统计(上)和限时单测统计(下)

2.2 实操

这一教学阶段是参与式学习(Participatory Learning)的重要阶段,是提升学生劳动技能水平、强化实践能力、培养科学素养和社会责任感的重要环节。

学生按照给定实验步骤,或经教师许可,按照自己设计的步骤完成实验,兼顾个人操作和团队合作。实操过程中,指导教师巡回指导,强调、监督学生动手,规范学生操作,引导学生分析、解决实操中发现的个性问题,对于实操中发现的共性问题,组织学生集中分析、讨论,助推学生深度学习。

学生测定完毕,或是得到最终产品后,在实验记录表旁签字,拍照上传到学习通,目的是提升学生的责任意识,对自己测定的数据,或是制备的产物负责。指导教师审核通过后,学生完成实验收尾工作,如仪器常规维护、整理实验室台面、打扫卫生。值日生打扫实验室公共区域卫生,清点整理公用仪器设备,培养学生劳动精神,使学生养成良好的劳动习惯和劳动品质。

2.3 实操后

完成后测(Post-assessment)和总结(Summary),后测的主要目的是判断学生是否达到预期目标,在后续授课时加以完善。常通过学生自评、小结、线上讨论、问卷调查等形式获得数据或信息。总结的目的在于归纳知识点,理清知识脉络,BOPPPS模型强调学生自行归纳总结,教师引导,解决常规教学中忽略学生总结的教学盲点。

学生层面:依托学银在线、湖北大学课程中心智慧平台、学习通系统,线上完成讨论、操作互评和自评,线下完成数据处理、实验小结,在教师的指导下深入思考,拓展提升。

教师层面:在学习通上对学生的实验结果评分,根据线上测试、问卷调查、学生自评等线上统

计数据, 以及课堂观察、学生线下提交的实验报告等线下反馈信息, 评估教学目标达成情况、实施教学活动的有效性、学生对教学活动的认可度等, 完成教学反思。教师在后续授课时, 对教学手段、教学方式加以调整、完善。部分数据收集及反馈信息收集界面如图5所示。

课后评价 [重新编辑](#) [返回](#) ☐ 显示答案

1 实验中, 我完成得比较好的操作有

序号	学号/工号	姓名	答题记录
1	202131106030	龙	减压过滤
2	202131106030	孟	常压和减压过滤
3	202131106030	戴	蒸发浓缩过程中, 液面出现晶膜时及时改用小火加热, 所得到的稠液水分适中
4	202131106030	熊	去除杂质离子
5	202131106030	韩	过滤操作
6	202131106030	刘	
7	202131106030	张	常压过滤
8	202131106030	牛	等压过滤
9	202131106030	程	常压过滤
10	202131106030	卜	减压过滤
11	202131106030	孙	减压过滤, 蒸发浓缩, 常压过滤

2 我会选择合适的方法, 使溶液中的产品析出

正确答案: ☒ 正确: 27 人 错误: 2 人 正确率: 93% [查看统计详情](#)

3 我更愿意按照既定步骤完成实验

正确答案: ☒ 正确: 25 人 错误: 4 人 正确率: 86% [查看统计详情](#)

4 我想尝试自己设计并完成实验

正确答案: ☒ 正确: 15 人 错误: 14 人 正确率: 52% [查看统计详情](#)

图5 学生操作自评及对教学活动安排的态度调查数据截图

3 教学实践结果与分析

以“磺基水杨酸合铁(III)配合物的组成及稳定常数的测定”实验教学为例, 选取本校21级化学类其中1个教学组(32人)为实验组, 采用基于BOPPPS的混合式教学, 另1个教学组(34人)作为对照组, 采用线下教学, 实验组和对照组都是两人一组完成实验。所有教学组全部纳入本课程的慕课平台, 平台上的视频、文档等资源以及作业系统对所有教学组开放。

3.1 预习效果分析

实验组和对照组均在规定时间内(5分钟)完成预习测试, 实验组预习成绩均分为73.9分, 明显高

于对照组均分62.3分。图6是实验组和对照组各分数段人数分布比例图,实验组90分以上和70分以下占比分别是37.5%和31.3%,对照组分别是17.6%和55.9%,实验组高分段人数比例远高于对照组,而低分段人数比例远低于对照组。图7问卷调查数据显示,实验组和对照组观看本课程慕课视频学习人数占比相近,实验组通过教材预习的人数比例低于对照组,为何预习测试成绩明显高于对照组呢?

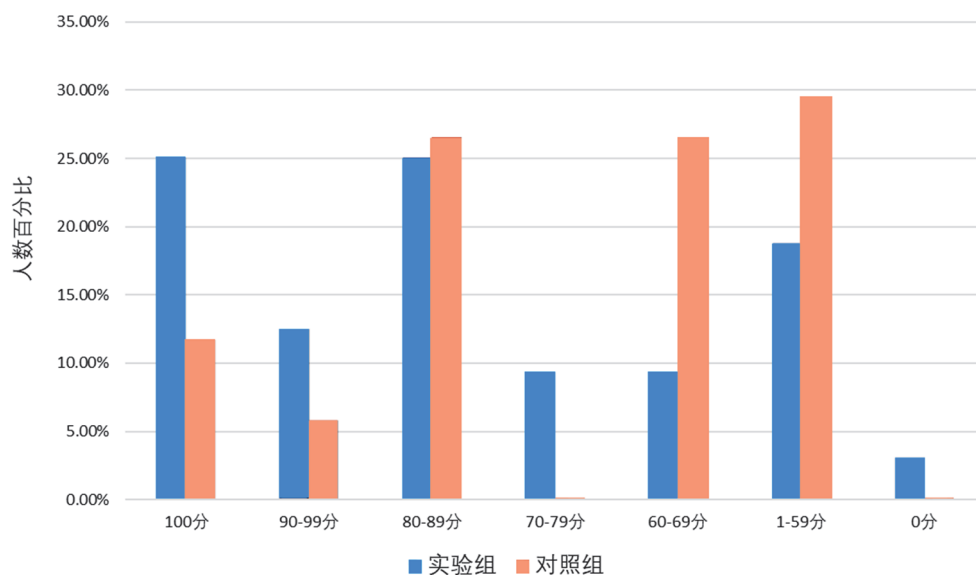


图6 预习测试成绩分布比较

实践证明,基于BOPPPS的混合式教学在预习阶段就给予学生明确的指引,使学生明确自学目标,合理、充分利用各类学习资源开展课前学习,理解实验原理,知晓仪器设备的基本结构、基本操作要点。BOPPPS重视教学互动与反馈,实验组与教师同学交流人数比例比对照组高近10%(图7),实验组比对照组具有更强的沟通意识。课程组在前测中特别设计了多测,学生在自学过程中能得到及时反馈,有效推动学生自主学习,突破提升预习效果这一教学难点。

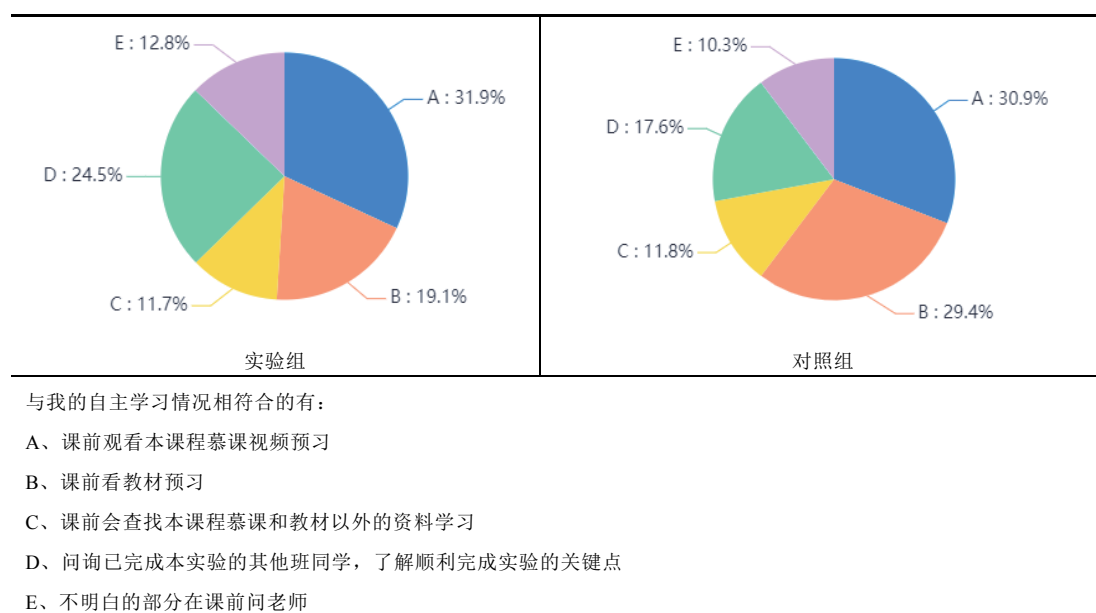


图7 自主学习情况对比

3.2 线下授课效果分析

完成预习测试后,教师进行线下授课。实验组教师引导学生通过参与式学习强化实验操作,解决学生在原理理解上存在的问题。对照组教师通过黑板板书,讲解实验原理、步骤、注意事项,对照仪器讲解仪器基本构造,演示仪器操作要点和操作过程。

为了比较实验组和对照组的学习效果,课后对两组学生进行问卷调查。数据分析结果表明,经过教师线下授课后,实验组和对照组的学习效果仍存在明显差异。实验组能独立完成实验的学生比例高于对照组,不存在需全程对着操作视频完成实验的学生,如图8所示。这是因为,实验组的线下授课内容是基于学生课前自主学习存在的问题而拟定,针对性强,授课效率高。对照组的线下授课面面俱到,重点不突出,而且现场演示只有少部分同学可看清,不能照顾到每一个学生,授课效率不高。实践证明,基于BOPPPS的混合式教学能有效提升学生实操前的学习效果。

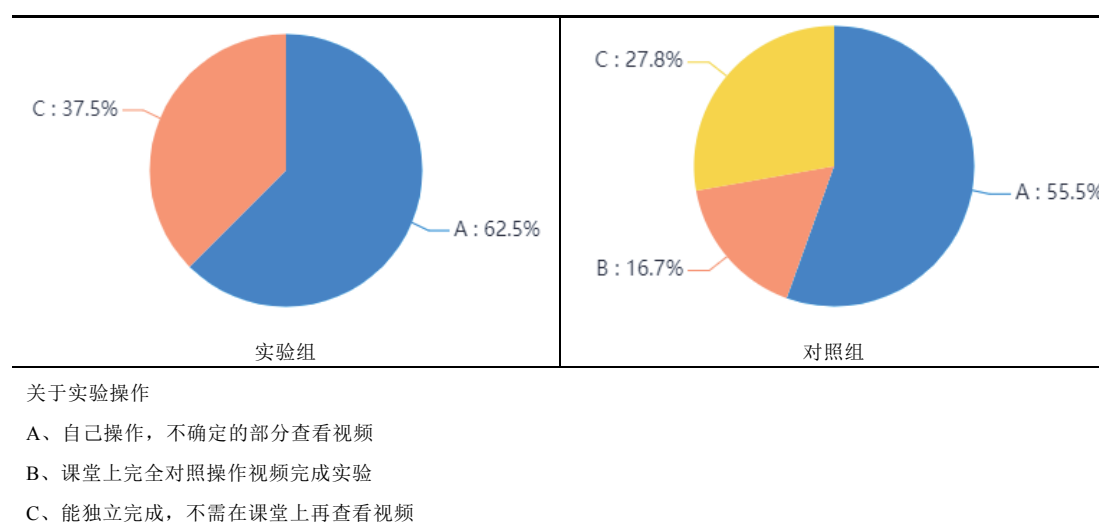


图8 实验操作状况调查结果

3.3 实验操作评价

实验组基于 BOPPPS 理念,在常规实验操作打分基础上,增加了实操后的操作自评和互评(如图 9 和图 10 所示),纳入 P3 (后测)模块。设计自评和互评的目的是给学生提供表达机会,满足每一个学生的表达意愿,体现以人为本的价值观。此外,学生为了能负责任地正确评价他人操作,必须保证自己掌握正确的操作,自觉再学习,强化操作知识。学生通过查看互评结果,研判是否达到预期学习目标,发现问题,改进学习方法,学会反思,充分体现学生在学习中的主体地位^[7]。

自评结果表明,90.3%的学生能独立、熟练、规范使用容量瓶,67.8%的学生能独立、规范操作分光光度计和吸量管。学生表示,不需要在使用前再次查看示范操作视频,与图8所示结果一致,与教师现场给出的操作评分结果相符,说明学生已掌握这三种主要仪器的操作步骤,但是熟练度和操作细节还存在问题,结合操作互评,可帮助学生进一步明确哪些操作细节存在问题,如图10所示。

互评采取双盲的形式,操作视频由同组学生拍摄,上传到学习通作业系统,每一个视频由系统随机分配给两个学生,每个学生需要对分配的两个视频打分,并书写评语。如有差别大的评分(图10),教师会查看视频,提醒错评的学生再评(教师端能看到学生姓名)。

“知之不若行之”,实操是实现学生知识和能力协调发展的一个重要环节,只有做好充分的预习,才能在实操阶段顺利开展实验,进而在实操过程中进阶到领悟操作细节背后的科学知识,运用所学知识解决真实问题。

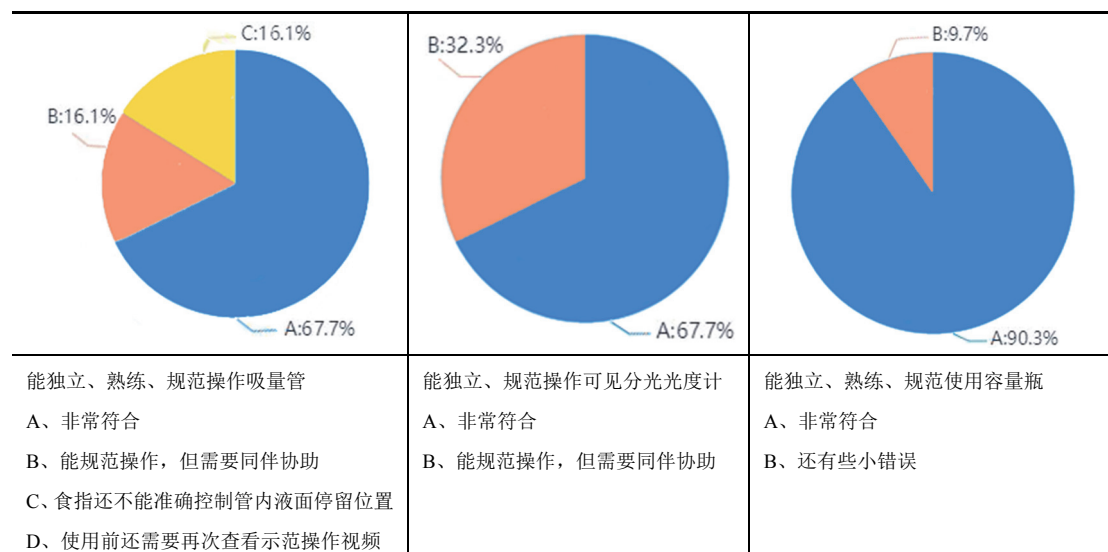


图9 操作自评结果

1 从烧杯中吸取3.00mL去离子水，转移到一个干净的小烧杯中（不用操作洗涤及润洗）。上传操作视频，或由老师现场查看。

互评标准：一个错误操作扣一分，需在评语中说明错误点。

(5.0分)

正确答案：

程 的答案：



20220902155406236.mp4

题目分值：5分 打分： 0.0 分	批语 ☒ 自认为是很标准的 1、右手拿吸量管时应该用拇指和中指，该同学无名指和小指都靠在吸量管上。 2、当出多余的液体时移液管应该靠在烧杯壁上，该同学直接放出的。 3、停留15秒时管尖应该紧贴烧杯内壁，该同学悬空处理的。 添加批语 ☒	牛 周
	客观题得分：0.0 分 总分： 3.5 保存 取消	

图10 操作互评界面

3.4 后测与总结

课后，学生在线上跟帖参与课后讨论，如图11所示，纳入P3 (后测)模块。线下完成数据处理，以研究者的视角对实验进行总结，纳入S (总结)模块，尝试提出改进措施，书写在实验报告上，培养学生的科学思维和科研意识^[8]。

王峥
02-10 22:05

实验课后讨论——磺基水杨酸合铁(III)配合物的组成及稳定常数的测定

1. 若溶液中同时有几种不同组成的有色配合物存在, 能否用本实验方法测定其组成和稳定常数? 为什么?
2. 本实验测定的每一份溶液的pH值是否需要一致, 如不一致对结果有何影响?

0 4

王峥 置顶
02-17 21:38

1. 不同组成的有色配合物最大吸收波长虽各不相同, 但是在本实验所用最大吸收波长(500nm)处均有吸收(见慕课6.8 拓展阅读图2), 因此会干扰500nm处的吸光度测定值, 影响后续作图和计算的准确性, 从而影响目标配合物组成及稳定常数的测定。
2. 不同pH值下, 生成不同组成的配合物(6.1实验原理视频1'43"-2'16"), 为了保证只有一种组成的有色配合物存在于溶液中, 本实验测定的每份溶液pH值需要一致。如不一致, 不能保证每份溶液中有色配合物的组成相同, 干扰吸光度测定值, 影响测定结果。

图11展示了磺基水杨酸合铁(III)配合物的组成及稳定常数的测定实验。图中包含一个吸收光谱图，显示了在不同pH值下，配合物的最大吸收波长（λ_{max}）和吸光度（A）的变化。图中还包含一段文字说明，指出在不同pH值下，配合物的组成会发生变化，从而影响实验结果的准确性。图11展示了磺基水杨酸合铁(III)配合物的组成及稳定常数的测定实验。图中包含一个吸收光谱图，显示了在不同pH值下，配合物的最大吸收波长（λ_{max}）和吸光度（A）的变化。图中还包含一段文字说明，指出在不同pH值下，配合物的组成会发生变化，从而影响实验结果的准确性。

图11展示了磺基水杨酸合铁(III)配合物的组成及稳定常数的测定实验。图中包含一个吸收光谱图，显示了在不同pH值下，配合物的最大吸收波长（λ_{max}）和吸光度（A）的变化。图中还包含一段文字说明，指出在不同pH值下，配合物的组成会发生变化，从而影响实验结果的准确性。

王
02-17 21:35

1. 不能, 因为本实验中采用分光光度计测定配合物的组成, 同时存在多种颜色的配合物会对目标配合物吸光度的测定产生影响, 导致实验结果不准确。
2. 需要, pH不同生成的配合物种类和浓度都不同, 所以需要严格控制pH相同, 控制单一变量为磺基水杨酸的摩尔分数。

赵
02-17 21:32

1. 不能。因为几种不同组成的有色配合物对光的吸收值不同, 使得吸光度的测定结果不准确, 从而会干扰组成和稳定常数的测定因此不能;
2. 需要。本实验需要控制单一变量, 若pH不一致会生成颜色不同组成不同的配合物, 会对试验结果造成干扰, 因此不能。

图11 课后讨论界面

为了比较实验组和对对照组对待实验报告中小结的态度, 在学期末对两组学生进行问卷调查。实验组愿意对实验进行评述的人数比例为46.9%, 远高于对照组27.8%的比例, 如图12所示。结果表明, 由教师引导学生完成实验总结, 以小结的形式写在实验报告上, 可使学生养成归纳、总结、反思的习惯, 有利于培养学生的科学思维和科研意识。

3.5 期末分析

将期末试卷分析纳入BOPPPS中的后测, 实验组期末卷面成绩在80分以上, 60分以下的人数占比分别为18.8%和12.5%, 对照组最高分74分, 无80分以上的学生, 60分以下人数占比为22.2%。说明基于BOPPPS的混合式教学取得较好的教学效果。

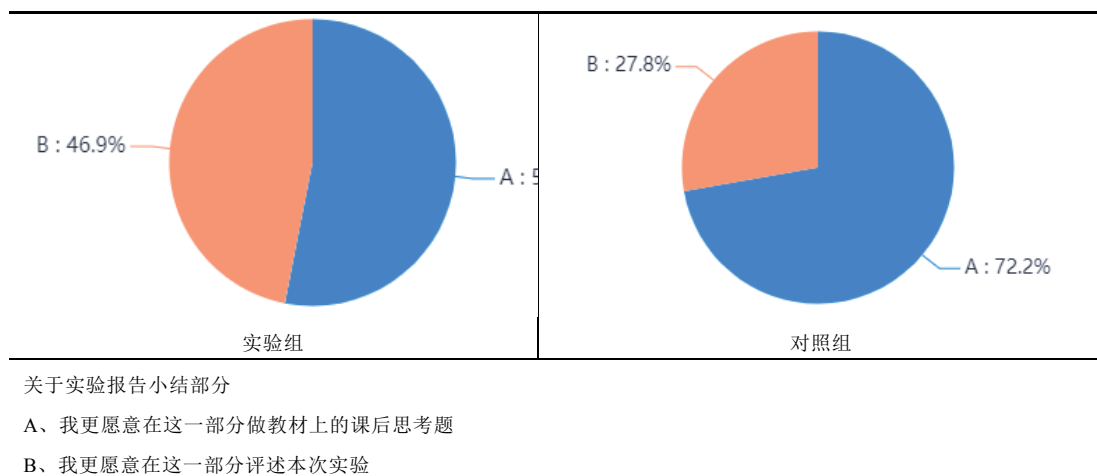


图12 小结部分内容调查结果

进而对个案进行分析, 期末试卷中与“磺基水杨酸合铁(III)配合物的组成及稳定常数的测定”实验相关的题型有选择题、判断题和填空题, 其中与基本操作相关的考题有5题, 包括1道选择题和4道判断题, 与实验原理和数据处理相关的考题有1道填空题, 包括5个空。图13是实验组和对照组答题正确率比较图, 实验组每一题的正确率均高于对照组。涉及基本操作的答题正确率均高于80%, 但是与实验原理和数据处理相关的答题正确率低于50%, 说明这两个方面存在教学盲点, 学生应用图解法进行数据处理仍存在困难。

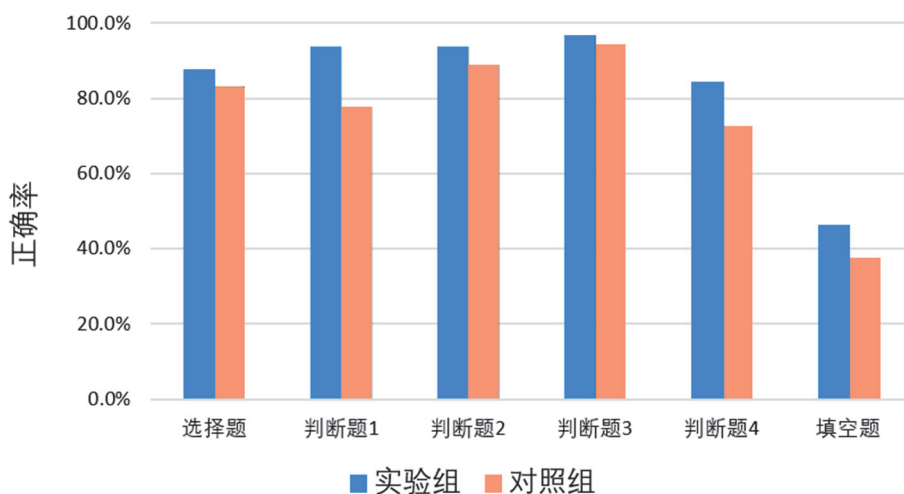


图13 期末试卷分析

课程组通过期末分析, 对教学过程、方法进行反思, 发现对于课程中只出现一次的理论和方法的教学存在盲点, 可通过在测试题中增加1-2道涉及实验原理和数据处理的必做计算题或多选题, 或是以实验设计的形式强化学生对所学新知的应用, 在下一轮教学中加以改进, 提升教学效果。

4 结语

BOPPPS是一个有效的课堂教学设计框架, 课程组基于BOPPPS理念, 依托智慧教育平台, 开展线上线下混合式教学, 突出“以学为中心”, 强调学生参与和反馈, 关注学生的心理需求和科学态度。

课程创新了前测方式,引入多测,使学生通过自身努力,收获成功的喜悦,增强自信心,提升自我效能感,满足学生的心理和情感需求。课程实行多元化评价,通过引入责任意识,促使学生主动作为,履职尽责,对自我和他人负责,有效促进学生自主学习,强化知识内化。课程教学将数据处理分析、科学论文写作等科研方法技能融入其中,培养学生的科研意识,提升学生的研究能力。

实践表明,基于BOPPPS的混合式教学既能有效提升教学效果,也能帮助课程组找出教学中的盲点和难点,课程组秉承持续改进的原则,继续改进和创新教学方法,完善混合式教学模式。

参 考 文 献

- [1] Pattison, P.; Russell, D. *Instructional skills workshop handbook*; UBC Centre for Teaching and Academic Growth: Vancouver, Canada, 2006.
- [2] 王宇超, 王志兵, 石金静, 杨国程. 大学化学, **2022**, 37 (1), 2104012.
- [3] 廖业欣, 韦伟婷, 李媚, 苏俏俏. 广东化工, **2022**, 49 (13), 205.
- [4] 王峥, 连培红, 李琳, 罗复蓉, 刘红英, 周立群. 大学化学, **2017**, 32 (6), 23.
- [5] 王璇, 姜晓晔. 广东化工, **2021**, 48 (11), 226.
- [6] 郝燕. 齐鲁师范学院学报, **2022**, 37 (3), 39.
- [7] Piccinno, T. F.; Basso, A.; Bracco, F. *J. Chem. Educ.* **2023**, 100, 489.
- [8] 边磊, 李田, 关玲, 徐烜峰, 王婕妤, 张奇涵. 化学教育(中英文), **2023**, 44 (2), 49.