

“五措并举”科教融合实验教学模式促进“专业实验”课程建设

刘妍¹, 韩晓军¹, 徐平¹, 张国旭¹, 王宇^{1,*}, 张志成^{2,*}, 齐殿鹏^{1,*}

¹ 哈尔滨工业大学化工与化学学院, 哈尔滨 150001

² 天津大学理学院化学系, 天津 300072

摘要: 专业内的实验课程在学生实践能力和综合科学素质培养上起到承上启下的作用。将“五措并举”科教融合的实验教学模式应用于“专业实验”课程建设中, 从思政教育提实效、教学项目重融合、科研习惯厚基础、教学环节强实践、实验成果促创新等方面进行教学改革。以思政引领为基, 科教融合为魂, 开发综合型、探究型的实验项目、培养良好的实验习惯、融入研讨式实验过程, 提高学生科学素养的同时, 促进学生创新意识的启蒙和科技创新能力的培养, 有效提升立德树人育人成果。

关键词: 科教融合; 实验教学改革; 创新培养

中图分类号: G64; O6

“Five Measures” Based Science and Education Integration Experimental Teaching Mode to Promote the Construction of “Specialized Experiment” Curriculum

Yan Liu¹, Xiaojun Han¹, Ping Xu¹, Guoxu Zhang¹, Yu Wang^{1,*}, Zhicheng Zhang^{2,*}, Dianpeng Qi^{1,*}

¹ School of Chemistry and Chemical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China.

² Department of Chemistry, School of Science, Tianjin University, Tianjin 300072, China.

Abstract: The “Specialized Experiment” courses plays a connecting role between basic experiments and scientific research experiments. The experimental teaching mode of integrating science and education with “five measures” is applied to the curriculum construction of “Specialized Experiment”. The teaching reform is carried out from the aspects of improving the effectiveness of ideological and political education, re-integrating teaching projects, strengthening the foundation of scientific research habits, strengthening the practice of teaching links, and promoting innovation with experimental results. With ideological and political guidance as the basis and the integration of science and education as the soul, we develop comprehensive and exploratory experimental projects, cultivate good experimental habits, and integrate into the discussion-type experiment process. Finally, the students' scientific literacy has been cultivated, the students' innovation consciousness and innovation ability have been improved, and the results of moral cultivation and education have been effectively enhanced.

Key Words: Integration of science and education; Experimental teaching reform; Innovation training

当今时代, 国际竞争日趋激烈, 科技创新作用日益凸显, 国家的发展对优秀人才的需要比以往任何时候都迫切。高等教育是培养优秀人才的关键, 其发展必须同国家的发展目标和未来方向紧密

收稿: 2024-05-07; 录用: 2024-06-17; 网络发表: 2024-08-05

*通讯作者, Emails: zczhang19@tju.edu.cn (张志成); wangyu1012@hit.edu.cn (王宇); dpqi@hit.edu.cn (齐殿鹏)

基金资助: 黑龙江教改项目(SJGY20210300, SJGY20220052); 高等教育 2024 年黑龙江省教育科学重点课题(GJB1424023)

联系在一起^[1]。科教融合是当今世界重要的高等教育理念，将科学研究与教学育人进行有机结合，发挥科学研究的育人特性，提高教学的科学性和前沿性，是提升人才培养质量的有效途径^[2-4]。实验课程是培养高质量创新人才的重要抓手，也是实施科教融合协同育人的重要平台。其优势是从实验中获得的知识比理论知识更加直观和丰富，是将抽象的知识具体化的过程。学生可以通过具体的实验原理、实验步骤、测试方法、仪器使用及实验项目应用背景等内容，了解理论知识如何帮助解决实际问题，并进一步理解创新的内涵和意义，感受创新的魅力和价值，深化学生进行科技创新的兴趣和动力。

1 学情分析

哈尔滨工业大学化工学院化学专业内实验课程即“专业实验”是面向化学专业，大三(下)学生开展的必修实验课程。届时基础实验课程已全部修完，学生已具备基本的实验操作技能及自主学习的能力^[5]。如何帮助学生从按部就班的实验思维和习惯顺利向科研思维和习惯过渡，从而胜任即将面临的毕业设计或是毕业后的研究学习至关重要。因此，专业内的实验课程在学生科学素质培养中起到了承上启下的作用。

本校大三的学生虽已接触过大一年度项目、大二科创项目等科研训练，但大部分学生因自身所学知识与开展的科学实验间匹配度不高、对所开展科学实验的了解较少、指导教师因工作繁忙对学生指导时间有限等问题，懵懂中便失去了对所从事实验项目的兴趣和热情。与开放的大一年度项目和科创项目不同，必修基础实验课都配有专门的授课教师，能够保证对学生的充分指导，同时实验课在内容设置上会注重与已学理论课程内容相衔接，达到了学生的理论知识与所开展的科学实验间的良好匹配。其不足之处在于传统的基础实验教学项目相对独立，缺少与科研工作相似的连续、完整的实验流程，不利于学生自主学习能力、创新思维能力的培养^[6]。如果在必修实验课程中植入思政及科教融合的理念、在理论知识和实验内容紧密结合的同时，适时地融入思政元素和创新元素，将会对培养学生科学素养和创新意识，调动其对科学实验的积极性，树立人生目标等方面起到积极的促进作用，为学生顺利走入科研学习生活 and 科研工作岗位奠定扎实的基础。

笔者所在的教学团队针对专业人才培养中学生实践和创新能力不足、兴趣缺乏、学习态度不端正等问题，对传统的实验教学理念、教学方法及实验内容进行改革。从思政教育提实效、教学项目重融合、科研习惯厚基础、教学环节强实践、实验成果促创新等方面提出了一种“五措并举”的实验教学模式(如图1所示)，将课程思政、科教融合协同育人等思想引入到实验教学中。该模式将思政教育贯穿教学过程始终，以各实验项目为基础，课堂所学为引子，助力学生提炼出解决实际问题的思路，增强综合科学素养，提升育人成效。进而形成一门主体多元、内容多维、方式多样的特色实验课程。

2 “五措并举”科教融合实验教学培养模式的实施

2.1 提实效——思政引领、铸魂育人

“专业实验”课程是我系大三学生必修实验课程，在学生科研技能训练、科学思维养成、创新思维启发等方面具有重要的地位。面对学生轻视实验课程、实验预习不充分、实验操作敷衍、抄袭实验报告及照搬数据处理结果等问题，授课时引入必要的思政教学环节对于提升实验操作技能、夯实学生理论知识、激发学生爱国情怀、促进科教融合教学改革实施等方面有着至关重要的作用^[7]。结合笔者前期构建的思政教学方法^[8]，根据课程的实际情况尝试在“专业实验”课程科教融合教学改革模式中融入思政元素以提升教学改革的成效性。如图2所示在实验中引入思政元素(表1)，采取线上线下双通道的教学模式，通过资料推送、视频讲解、思政案例辅助知识传授、线上线下教师辅导等方法，引导学生建立正确的科学研究理念，培养学生的科学研究精神，增强使命担当，树立正确的世界观、人生观和价值观。

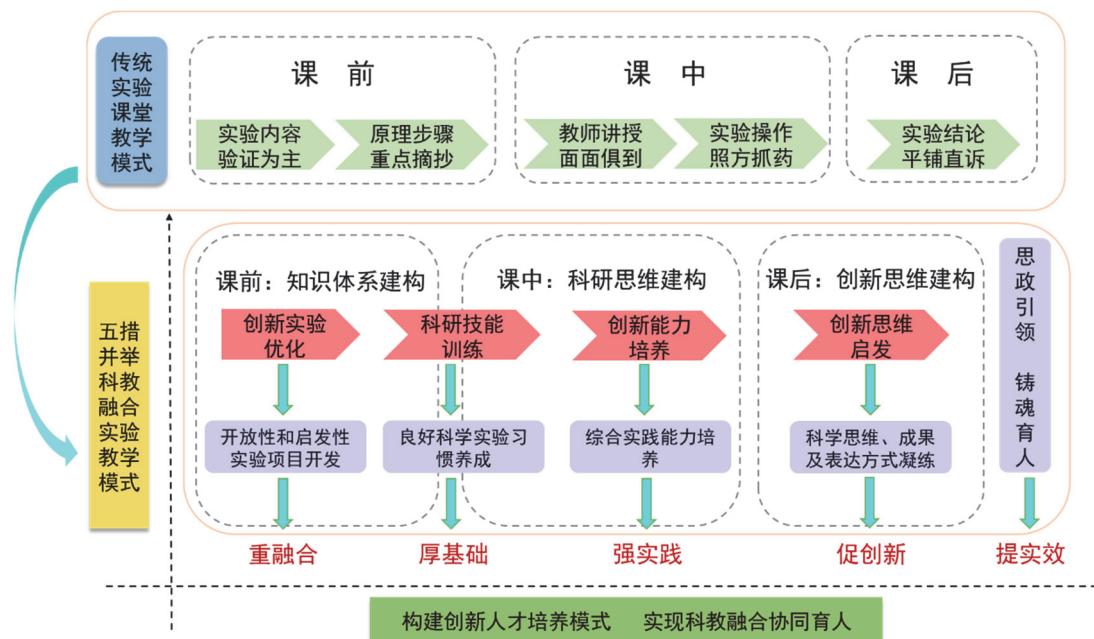


图1 “五措并举”科教融合实验教学培养模式

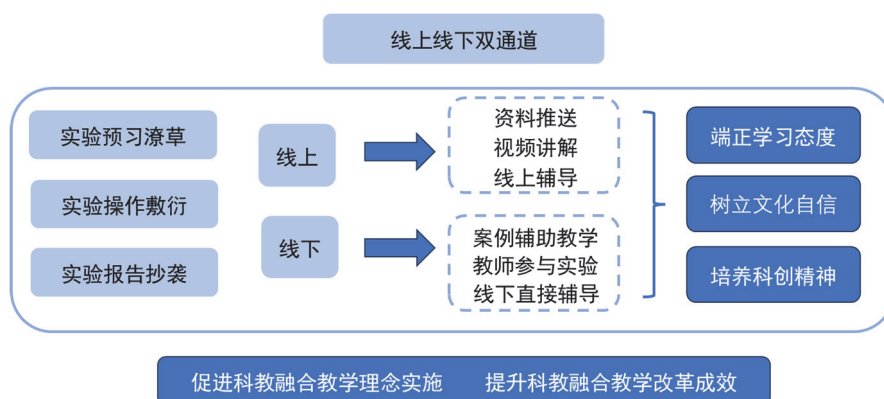


图2 思政融入科教融合实验教学培养模式

2.2 重融合——启发式、探究式实验项目开发

目前绝大多数必修的实验课程依然沿用传统的实验教学方式，即给出具体的实验条件和操作步骤后学生进行验证性的实验，对学生的要求仍然停留在操作是否标准，数据处理是否正确。这不仅缺乏了学生自主思考的过程，使实验课程被动处于理论课程的辅助地位，长期下去还会导致学生对实验丧失了兴趣和求知欲，认为实验课仅仅是简单完成课程任务。

笔者所在的教学团队将已有实验进行优化，摒弃验证性实验、单一性实验，建立探究式实验、综合性实验。具体设计(如表2所示)包括：

(1) 在原有实验项目基础上通过更改实验条件，或对实验进行延伸拓展，增加实验的开放性和启发性。使学生在分析问题、查找资料、解决问题的过程中理解具体知识点的实际应用。

(2) 设置开放式实验结果，让学生分析不同实验条件对实验结果的影响，训练学生科研逻辑思维能力。

(3) 以问题为导向，学生按兴趣自组团队，进行同一研究背景、不同实验体系的对比实验，实验结束后进行集体讨论，总结实验结果和实验心得，培养学生举一反三的创新性科研思维。

表1 课程思政案例举例

授课内容	思政目标	思政结合点
热致变色材料的制备及性能表征	文化自信	瓷器是中华民族对世界文明的伟大贡献,从瓷器色彩的演变入手,介绍我国古人很早就懂得利用化学物质的颜色变化制作精美的瓷器,树立学生的文化自信,增强其民族自豪感
三氯化六氨合钴的制备、性质和组成	家国情怀	线上推送我国配位化学的开拓者和奠基人之一戴安邦先生的相关纪录片,分享戴安邦先生的学术成就与爱国奉献精神。以戴先生爱国之情,激发学生爱国之心
多孔炭对有机染料吸附性实验	科学方法	提出问题——物理吸附和化学吸附有何本质的不同,引导学生用科学的方法分析问题
纳米二氧化硅的表面改性	科研精神	从“荷叶出淤泥而不染”的现象入手介绍江雷院士发现材料自清洁根本原因的事迹,启发学生应具有追求真理的科学精神
柔性可穿戴应变传感器的制备及应用	创新精神	线上推送TED演讲视频,分享iWalk创始人休·赫尔打造世界第一个踝足假肢机器人系统的故事,鼓励学生要勇于探索,开拓创新

表2 传统实验设计与开放性、启发性实验设计对比

实验名称	传统实验设计	开放性、启发性实验设计	教学目标
	(改革前)	(改革后)	
热致变色材料的制备及性能表征	精确各反应条件及反应物用量,进行验证性制备实验	调整反应物用量,提醒学生按既往的实验操作无法制备出目标产物,学生经过思考及查找资料最终制得目标产物	培养学生分析问题、解决问题的能力
三氯化六氨合钴的制备、性质和组成	明确活性炭催化剂用量及规格,进行验证性制备实验	使用不同性能的活性炭催化剂,通过讨论和启发引导学生选择催化剂类别、种类与用量	培养学生举一反三的创新性科研思维
多孔炭对有机染料吸附性实验	给出具体吸附时间、吸附剂用量、有机染料浓度,学习基本吸附知识	单因素实验条件考察。变化其中一个实验条件,通过实验来确定整体实验中该因素的具体作用及影响。至少探讨两个相关联的实验条件	培养学生科研逻辑思维能力
纳米二氧化硅的表面改性	确定修饰剂用量,学习表面改性相关知识	选取一类表面修饰剂(如长链醇),不同小组间进行同一背景不同体系(不同碳链醇修饰剂)的实验。通过表征对比修饰结果,引导学生理解修饰机理,建立科研条件与产品性能之间的因果关系	培养学生用科学的方法分析、总结及表达实验结果的能力
柔性可穿戴应变传感器的制备及应用	科研转化实验,只有电极基本性能检测	增补应用测试环节,将柔性可穿戴应变传感器应用于人体桡动脉或指关节运动检测,将抽象的理论知识、枯燥的科学研究具象到实际应用中	提高学生科研兴趣的同时,培养学生将理论知识转化成解决实际问题中的创新能力

2.3 厚基础——良好科研实验习惯的养成

不积跬步,无以至千里;不积小流,无以成江海,基础实验对学生实践能力的培养尤为重要。对于传统的实验教学,大部分学生均按实验讲义所述“照方抓药”,而无自己的认识和思考;课堂上教师主要关注学生操作是否标准、结果是否正确、报告是否规范,而忽略学生良好科研实验习惯的养成。为训练学生科研实验基本功,增强其核心竞争力,为其走向工作岗位或从事科研工作打下扎实的基础,我们将良好科研习惯作为一个训练要素融入到实验教学中。

2.3.1 实验过程的重新梳理

以往的教学中发现,学生的实验步骤书写均抄写实验讲义,实验操作时同样会按照讲义逐字进行,缺乏对知识体系内化的过程。针对此问题,授课前教师会通过雨课堂或微信群发布相关学习资料,如实验背景相关的科普知识、实验原理和步骤的问答互动讲义、实验过程的视频讲解等帮助学生理解实验内容。授课时,教师会播放《大国工匠》纪录片节选调动学生的积极性,引导学生明晰实验课程要课前预习规划,课后梳理归纳。例如王同学在第一份实验报告中沿用以往的习惯书写实验步骤(如图3上图所示),通过课上教师的授课和引导,第二份报告可以对实验过程进行归纳和总结(如图3下图所示)。做好实验过程的梳理可养成学生做好工作计划的习惯,如此不仅可以极大地提高工作效率,还能够避免在实验中犯错,从容应对在实验中可能出现的问题。

四、实验步骤

1. 热致变色材料 $(Et_2NH)_2[CuCl_4]^{2-}$ 的制备

称取 3.2g 乙脒盐酸盐溶解于装有 15mL 异丙醇的 50mL 锥形瓶中;另取 1 个同样的锥形瓶称取 1.7g $CuCl_2 \cdot 2H_2O$, 加 3mL 无水乙醇, 微热使其完全溶解;将两者混合后,加入 3 粒 3 μ 分子筛, 以促进晶体的形成。用水冷却后析出亮绿色针状结晶, 迅速抽滤, 并用少量异丙醇洗涤沉淀, 将产物放入干燥器中保存

2. 热致变色现象的观察

取 1-2mg 上述样品装入一端封口的毛细管中致实, 用凡士林封口后, 用橡皮筋将其固定在温度计上, 让样品靠近温度计下端水银泡。

将带有毛细管的温度计一起放入装有水的烧杯中, 注意观察变色现象, 并记录变色温度, 然后从热水中取出温度计, 室温下再次记录下变色温度

原始记录

四、实验步骤 $NH_3 \cdot H_2O$ (液), NH_4Cl (s), $CoCl_2 \cdot 6H_2O$, 活性炭, 甲基红指示剂

1. 三氯化六氨合钴的制备

1.5g $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ + 2g NH_4Cl $\xrightarrow{5mL \text{ 水}}$ 锥形瓶微热溶解 \rightarrow 1g 活性炭 + 7mL 浓氨水 $\xrightarrow{\text{冷却至 } 10^\circ\text{C 以下}}$ 逐滴加入 10mL 6% H_2O_2 (化学计量比为 1.7:1 mL)

趁热过滤 \rightarrow 沉淀转入含 2mL 浓 HCl 的水中 \rightarrow 趁热过滤 \rightarrow 水浴至 55-65 $^\circ\text{C}$ 20min \rightarrow 逐滴加入 10mL 6% H_2O_2 (化学计量比为 1.7:1 mL)

趁热过滤 \rightarrow 沉淀转入锥形瓶中, 加入 4mL 浓 HCl, 用水彻底冷却 \rightarrow 抽滤得到产物 \rightarrow 产物 105 $^\circ\text{C}$ 烘箱中烘 20min

2. 测定分裂能

3. 测定组成

0.2g 产品 + 50mL 水 + 5mL 20% NaOH \rightarrow 蒸馏液以另 30mL 0.5mol/L 盐酸液 \rightarrow 蒸馏液以另 30mL 0.5mol/L 盐酸液作吸收剂, 蒸至粘稠, 用少量水中冲洗冷却

原始记录

图3 训练前(上)、后(下)学生实验步骤整理

2.3.2 实验过程的详尽记录

做实验记录是培养学生逻辑思维能力的有效手段^[9]。实验中的现象、数据应该及时被整理, 否则难以从中发现某些规律, 也不能对后续实验的实施和调整提供正确的指导^[10]。作为化学与化工专业的学生, 无论未来继续接受研究生教育还是走入工作岗位都与实验密不可分, 有针对性地训练学生养成良好的记录实验的习惯就显得尤为重要。授课时, 教师通过讲述我校马祖光院士的事迹让学生意识到养成做好实验记录习惯的重要性, 并提醒学生注重知识的点滴积累。马祖光院士善于学习并记录, 不畏困难攻克红外激光中“钠双原子分子第一三重态跃迁”的世界难题, 回国时行李箱内除了少量衣物就是一大堆的记录本, 良好的做实验记录的习惯是马院士取得一批处于国际前沿水平的开创性科研成果的重要保障。同时, 在行为上要求学生要详实且实事求是地记录自己的实验过程。本门实验课程中, 学生能够对实验现象进行如实的记录(如图4a、b所示), 甚至有些学生可以加入自己的想法(如图4c、d所示)。

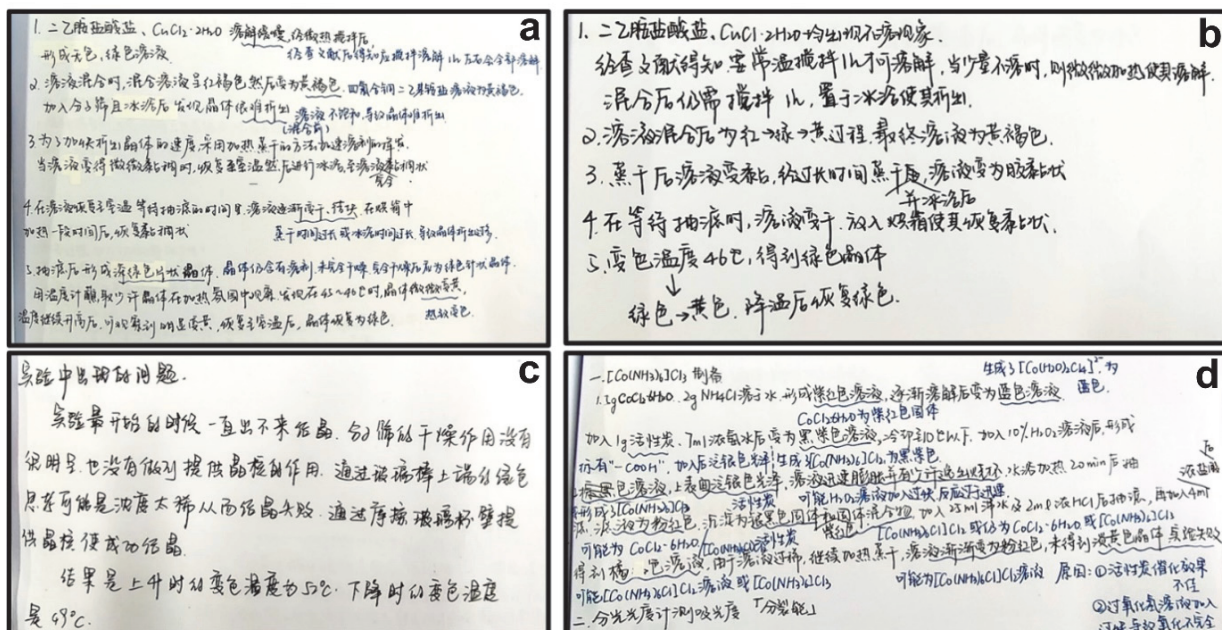


图4 学生实验过程记录

2.4 强实践——综合递实践能力培养

为增强学生综合实践能力提高其核心竞争力，“专业实验”课程注重对学生事物认知能力、动手操作能力、问题解决能力、团队合作能力的训练。因缺乏科研实验经历，学生的实验认知和经验几乎完全来自于理论课和基础实验课，呈现出思维固化的现象，例如：体系pH的认定只通过理论计算获得、不善于利用文献及网络资源解决实验中的问题、分离实验只能想到布氏漏斗等。针对上述现象，授课教师以讲解、演示、参与等方式引导学生掌握更多实际操作的技能 and 仪器使用方法。但实践能力培养不应只有操作技能的获得，更应强调固有思维的重塑和科研思维的建立，要在教学过程中让学生充分地“体验”实践的魅力，从而激发并形成积极的实践意识。“专业实验”课程利用实验课师生互动较多的特点，教师作为引导者在授课过程中针对设置的或偶发的实验问题，开展研讨式授课环节，注重对学生分析问题和解决问题能力的训练。在此过程中强调科研思维和方法的培养，促使学生从中获得创新思维能力和解决实际问题的能力，提升学生的综合实践能力。将传统授课与研讨式授课以案例对比的方式进行展示，如表3和表4所示。

2.5 促创新——提升学生综合科学素养

传统实验教学中，学生对于实验报告的书写主要是对实验原理和步骤内容的摘抄重点、实验结果的数据处理及直接描述，是学习层次较低的一种表达形式，缺乏学生主动构建知识的过程，缺乏思维成果的凝练和创新思维的培养。在“五措并举”科教融合实验教学模式的指导下，经过前期的铺垫，学生可以对实验过程进行有效梳理、对实验现象加以记录和分析，对实验中设置的或出现的障碍进行探究和解决。为进一步促进学生创新思维培养，每节实验课程结束学生与教师会针对实验中出现的共性问题进行集体讨论，引导学生总结自己的实验心得，即用科学的方法讨论问题、描述结果并体现在实验报告中，如图5所示。从图5可以看出，学生利用科技论文的方法表达实验结果已经初具形态。目前“专业实验”课程授课年均15人次，学生数相对较少，授课教师在批改实验报告时采取点对点的方式指导学生。2025年“专业实验”课程将同时面向中俄联合办学学生授课，年均50人次，人数急剧增多，为保证指导质量，将利用雨课堂批改作业的方式对学生出现的问题及时进行评估和指导。同时教师在雨课堂开辟讨论版，对实验和实验报告中存在的共性问题、实验过程还需改

进的地方、实验项目的设计与开发、课前预习所需辅助资料等内容进行讨论和答疑，以激发学生对实验的再反思培养学生的创新思维。

表3 传统授课与研讨式授课案例1

传统授课	研讨式授课
<p>【教学活动】教师通过准备实验得到活性炭最佳使用量，规定使用活性炭种类，在讲义中标明具体使用量。</p> <p>【特点】学生只需按照讲义完成实验即可。</p>	<p>【背景】经过教师前期准备实验发现“制备三氯化六氨合钴”实验成功的关键之一是活性炭的选取。</p> <p>教师：$[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$制备是一个催化氧化还原反应，催化剂对该反应起到至关重要的作用，实验中活性炭作为催化剂利用的是其什么特点或者性质？</p> <p>学生1：多孔性。</p> <p>学生2：表面官能团。</p> <p>教师：活性炭也叫多孔碳，发达的孔隙结构使其具备较高的吸附能力，可以吸附反应物质，增加反应物之间的接触机会，提高反应速率。因其制备工艺使其表面具有丰富的官能团甚至某些活性炭还具备导电性，丰富的官能团可以为吸附或反应提供活性位点促进反应的进行，良好的导电性则可以促进电子转移加速反应速率，在实际催化反应时可能是几种原因协同作用促进反应的进行。我们今天准备了三种活性炭，可以观察三种活性炭的宏观状态。</p> <p>学生1：有块状活性炭，很硬。</p> <p>学生2：有粉体活性炭，很轻，打开袋子会飘起来。</p> <p>教师：请试着分析它们哪个性能会更好，为什么？</p> <p>学生1：粉体的会更好，从活性炭比表面积单位可以知道，比表面积大的活性炭相对较轻。</p> <p>学生2：粉体活性炭在打开袋子时吸到了手上，可能是由于静电作用，那么其导电性能会更好。</p> <p>教师：分析得很有道理，初步认定该活性炭性能相对较好，书中只给出活性炭使用量1g，没有给出具体规格，如孔径或比表面积的大小。本实验是多次重结晶的实验过程，试想是不是一味追求过大的比表面积、优良的吸附性能对实验结果一定有利？</p> <p>学生：没有，重结晶时，如活性炭比表面积过大，会吸附重新结晶得到的产物使产率下降。</p> <p>教师：非常正确，所以今天的实验如果选取比表面积相对较小的活性炭作为催化剂时应该怎样？</p> <p>学生：增加其用量。</p> <p>教师：如果选取比表面积相对较大的活性炭作为催化剂呢？</p> <p>学生：减小其用量。</p> <p>教师：今天每组选用不同的活性炭进行试验，用量可以相应的进行增减。</p> <p>【特点】引导学生明晰实验条件的设定有据可依。</p>

将“五措并举”科教融合的实验教学培养模式应用于实验教学中，形成了一套思政引领贯穿始终、良好科研实验习惯训练、综合实践能力培养、科学思维凝练及科研结果正确表达逐级递进的教学模式。经过系统的科研能力的训练，显著提高了学生分析问题及解决问题的能力。学生将专业实验课程上所学到的知识和本领应用于科研项目中，在科创竞赛中取得了优异的成绩。杜同学在第二届“微瑞杯”全国大学生创新实验设计大赛总决赛中获得一等奖、毕设期间与同组研究生合作在零碳未来创新大赛中获得一等奖，并荣获哈尔滨工业大学本科优秀毕业论文(设计)奖。郑同学在节能减排大赛中获国家级一等奖、“建行杯”第七届黑龙江“互联网+”大学生创新创业大赛中获铜奖、iCAN全国大学生创新创业大赛获省三等奖、校祖光杯创新创业大赛中获银奖。以2022年和2023年毕业生为调查对象在问卷星设计“实验教学满意度调查问卷”进行在线调查。主要包括学习体验、学习收获、改革必要性的评价，重点调查课程改革内容对其工作是否有帮助。如图6所示大部分同学认为经过《专业实验》课程的训练，自身科研习惯得到纠正和培养、实践水平得到提升、创新思维得到引导，且2022年与2023年毕业学生均认为课程的训练内容对其毕业后的工作有帮助。

表4 传统授课与研讨式授课对比案例2

传统授课	研讨式授课
<p>【教学活动】教师讲述:因为目标产物在空气中极易吸湿自溶,因此我们需要使用真空干燥箱对其进行干燥,或者使用易吸湿的滤纸进行包裹,放置于玻璃真空干燥器中。</p> <p>【特点】教师主动输出,学生被动接受,没有思考过程。即将实验中涉及的所有注意事项告知学生,实验操作过程讲解细致,保证学生顺利得到目标产物。</p>	<p>【背景】:产物回收实验步骤未详细列出,学生发现制得产品为棕黄色粘稠状物质非绿色晶体后,学生提问为什么得不到晶体?</p> <p>教师:请思考遇到这种情况可能有那些原因?</p> <p>学生1:获得物质不是目标产物。</p> <p>学生2:目标产物的某些性质导致了这种现象的发生。</p> <p>教师:如果是学生1说的情况我们应如何求证?</p> <p>学生:测试证明。</p> <p>教师:可以结合红外光谱、元素分析等检测手段去分析得到的产物。由于书中给出的条件是成熟可靠的,应首先确定操作是否有误,这就体现了实验过程中详尽且求实的实验记录的重要性。</p> <p>学生1:经过核对操作没有出错。</p> <p>学生2:极大的可能是因为讲义中说的目标产物吸湿自溶。</p> <p>教师:可以通过什么方法解决?</p> <p>学生:利用干燥装置干燥产物。</p> <p>教师:对,实验时你们喜欢用称量纸或玻璃器皿盛装产物,如果用滤纸进行盛装在一定程度上可以起到吸湿作用,或放到真空玻璃干燥器中也可以起到吸湿的效果。在实验中往往很多实验习惯决定了实验的结果,一定要注意记录和总结。依靠这些记录和总结积攒经验帮助我们去解决实验中遇到的困难。</p> <p>【特点】:引导学生找出问题、分析问题、解决问题。</p>

1. 制备过程

① 按量称量后,发现原料无法完全溶解,因为小离子晶格能较大,溶剂化热补偿能力不够在暗中溶解度较小;反应之间形成配合离子后溶剂化效应同时因为氢键作用及尺寸变大的影响增大同时晶格能下降,因而配合物的溶解性立即增大,可完全溶解,因而开始原料不溶解完全不影响平衡;因而开始时可不溶解,只靠后边加配使配合物完全反应达到平衡即可。

② 混合后降温以原先的溶剂配合物完全无法从中结晶出,尝试蒸去部分溶剂;然而在低温下该产物及其吸附溶剂,导致产物结块,后续难再将其中溶剂脱去;因而正确做法是多保留溶剂至刚好结晶(低温下),过滤后抽干或在干燥器中自然风干,溶剂保留的量需多次尝试。(用旋蒸低温下直接抽干溶剂可至结晶后抽滤也可,同时省去多次降温失温是否结晶)

③ 该无机盐变色机制为晶型改变,我们制备的产物在高温下直接再溶于溶剂变为液体,改变颜色机制是因为溶解时还是配合物本身结构改变导致似已不明,应该进一步试一下这个配合物的醇溶液低温下是否为黄色,从而确定一下溶解的影响

④ 本身干燥所含的

时间(min) 0 5 10 15
 泡沫高度(m) 6 4 2 1

现象① 溶液稀时起小泡沫,有稠时起大泡?

分析:由弯曲液面附加压力得: $p_s = \frac{2\gamma}{R}$ (R 为曲率半径) (1)

观察液面处的气泡,假设其相等

由表面张力随表面活性剂浓度变化规律:

浓度越大,表面张力越小,由(1)得 R 减小

液面曲率减小,体现为气泡体积变大

② 为什么表面活性剂起泡沫作用?

并非所有表面活性剂都有起泡沫效果,都为具起泡效果

起泡原因:表面活性剂与水混合时,亲水性一端溶于水,疏水性一端聚集在表面,当受到搅动,疏水基会包入空气带入水中成为气泡

消泡原因:泡沫是热力学上的不稳定体系,因泡沫形成后体系总熵增大,能量增高,会自发地向体系总熵减小的方向进行,即泡沫破灭,破灭是由于气体通过膜的扩散,膜中液体受重力作用,膜中各点压力不同导致流动(排液)

③ 但是液体表面张力不是泡沫稳定性的决定因素,液膜粘度才是。当液体膜表面吸附表面活性剂,表面粘度增高,阻碍膜上液体流动排出,使泡沫稳定。

3. $Fe(OH)_3$ 最佳絮凝剂含量

V	$NaCl$	Na_2SO_4	$K_2[Fe(CN)_6]$
10ml 50ml	X	0.28	1.53
20ml 100ml	X	X	5.13

以 $NaCl$ 为基准和 限条件: $NaCl$ 限条件 (1) 3 倍水和 (2) 10 倍水

Na_2SO_4 : $\frac{0.28 \times 10}{10 + 0.28} = 0.2616 \text{ mol}$

加入明矾后条件进行计算

$K_2[Fe(CN)_6]$: $\frac{0.28 \times 10}{1.85 + 10} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ mol}$

加入明矾后 $\frac{0.28 \times 5.17}{5.17 + 10} = 3.5 \times 10^{-4} \text{ mol}$

受限制因素絮凝度增大。

4. $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ 的制备 $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ 或 $[Co(H_2O)_6]^{2+}$

1. $6H_2O$ 和 NH_4Cl 溶于水,微热时呈现红色,就溶解呈现蓝色

2. $100ml$ 的粉末状硫酸和浓氨水,溶液呈蓝色,表面浮着一层黑色物质,蓝色可加入 H_2O_2 , 反应剧烈,活性基团被氧化成过氧化氢,加热,产物,溶液呈蓝色

3. 溶液呈蓝色,加入 HCl 后呈红色,结晶失败,取少量呈粉红色

4. 溶液呈蓝色,加入 HCl 后呈蓝色和黑色固体

5. 加入 H_2O_2 后,溶液呈蓝色,原因可能是 H_2O_2 加入过快,反应过快,又有极少量产物,原因是 Co^{2+} 以及被氧化的,后来溶液呈红色应当是生成 $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ 或极少量 $[Co(NH_3)_6]Cl_3$, 前面有损耗,导致溶液过稀而无法结晶,氧化失败还可能活性基团 NH_2 被氧化成 $N=O$ 氧化性能不好导致。

孔雀石绿浓度随时间变化的曲线

图5 学生实验结果讨论

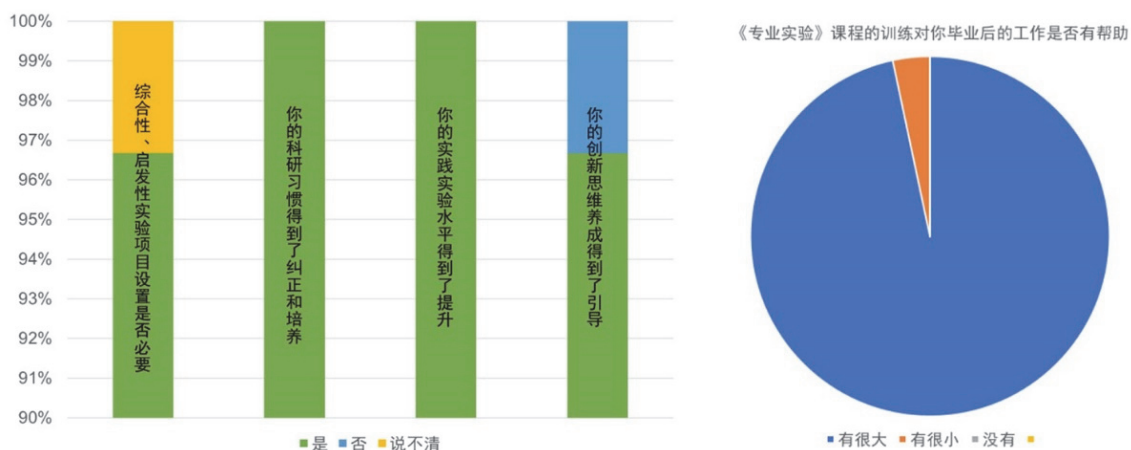


图6 实验教学满意度调查问卷

3 结语

实验教学不应是简单的学生操作和教师指导的组合,而是理论、实践、科学研究、思政教育相融合的科学素养和实践能力的培养过程。“五措并举”实验教学模式,将科教融合协同育人的理念引入到实验教学中,变传统的学生被动“照方抓药”式的实验课程,为学生主动参与、积极研讨式的实验教学。夯实学生科研基本功的同时,提高其运用所学知识解决实际问题的能力,实现高阶思维带动低阶思维的培养,强化学生创新意识和能力。该教学模式的开展激发了学生的学习兴趣,显著提升其学习热情,培养了学生的科学研究素养,在本科拔尖人才培养方面取得了显著的成果。

参 考 文 献

- [1] 大力培养社会主义建设者和接班人. [2024-08-02]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5148/201805/t20180530_337700.html
- [2] 王立娟, 罗沙, 迟文锐, 刘若婷. 高教学刊, 2023, No. 36, 41.
- [3] 孙长艳, 范慧俐, 弓爱君, 王明文. 大学化学, 2023, 38 (3), 53.
- [4] 曹宝月, 李春, 刘明宝, 李燕怡, 杨强, 龚伟, 侯小洁, 周春生. 大学化学, 2023, 38 (3), 40.
- [5] 张晨曦, 陆福泰, 李沁然, 郝庆兰. 大学化学, 2023, 38 (3), 105.
- [6] 胡水, 李厚金, 臧真明, 李莲云, 赖榕. 大学化学, 2024, 39 (4), 314.
- [7] 徐玲, 魏恒伟, 魏灵灵, 马艺, 王晓明, 焦桓. 大学化学, 2021, 36 (3), 1912042.
- [8] 刘妍, 王宇, 齐殿鹏. 大学化学, 2022, 37 (10), 2205082.
- [9] 康胜利, 刘明生, 魏娜, 勒德军, 张小坡. 药学教育, 2011, 27 (1), 61.
- [10] 王雪萍. 档案建设, 2023, No. 11, 58.