

•教学研究与管理•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202210080

www.dxhx.pku.edu.cn

面向创新实践能力培养的仪器分析四轮融合教学创新

李振华^{1,*}, 苏琼^{1,2,*}, 孙初锋^{1,2}, 刘娟丽¹, 向晓明¹, 哈斯其美格¹, 于京¹, 庞少峰¹, 魏小红², 卢永娟²

¹西北民族大学化工学院, 兰州 730030

²甘肃省高校环境友好复合材料及生物质利用重点实验室, 兰州 730030

摘要: 新工科背景下, 创新实践能力的培养已经成为高校人才培养工作的重点。仪器分析作为科学研究的眼睛, 内容涉及诸多领域, 体现多学科交叉的全局思想观和方法论, 对人才创新实践能力培养具有重要作用。针对仪器分析课程教学凸显的诸多痛点问题, 课程组坚持“以生为本, 立德树人, 思创融合, 知行合一”的教改理念, 构建了以学生创新实践能力塑造为导向的课程教学目标和三维评价体系, 采用显性知识与隐性价值观相融合、线上与线下相融合、问题驱动与可视化教学相融合、理论学习与研究实践相融合的四轮融合教学模式创新实践。实践证明, 新的教学模式极大地激发了学生的学习兴趣 and 求知欲望, 在课程成绩大幅提高的同时, 学生的综合创新实践能力也得到了很好的塑造。

关键词: 仪器分析; 四轮融合; 创新实践; P-MASE研究性模型

中图分类号: G64; O6

Four-Round Integrated Teaching Innovation of Instrumental Analysis Based on the Cultivation of Innovative Practical Ability

Zhenhua Li^{1,*}, Qiong Su^{1,2,*}, Chufeng Sun^{1,2}, Juanli Liu¹, Xiaoming Xiang¹, Qimeige Hasi¹, Jing Yu¹, Shaofeng Pang¹, Xiaohong Wei², Yongjuan Lu²

¹ College of Chemical Engineering, Northwest Minzu University, Lanzhou 730030, China.

² Key Laboratory for Utility of Environment-Friendly Composite Materials and Biomass in University of Gansu Province, Lanzhou 730030, China.

Abstract: Under the background of emerging engineering education, the cultivation of innovative practical ability has become the focus of talent training in colleges and universities. As the eyes of scientific research, instrumental analysis involves many fields, reflects the overall thinking and methodology of multidisciplinary, and plays an important role in cultivating talents' innovation and practice ability. In view of the many pain points highlighted in the teaching of instrumental analysis course, our team adhered to the teaching reform concept of “student-centered, moral cultivation, integration of thinking and innovation and integration of knowledge and practice”, reconstructed the curriculum teaching objectives and three-dimensional evaluation system guided by the cultivation of students' innovative practical ability. The four-round integrated teaching modes including the combination of explicit knowledge and implicit values, online and offline, problem-driven teaching and visual teaching, and theoretical teaching and research practice, is

收稿: 2022-10-26; 录用: 2022-12-02; 网络发表: 2023-02-02

*通讯作者, Emails: lizhh02006@163.com (李振华); 2281169692@qq.com (苏琼)

基金资助: 西北民族大学创新创业教学改革项目(2021XJCXYXM-12); 甘肃省首批创新创业教育示范课程(仪器分析); 甘肃省化学工程与工艺课程思政示范专业(2021GSKCSZZY-01); 甘肃省课程思政教学研究中心(2021GSKCSZJXYJZZ-01); 西北民族大学仪器分析一流课程建设项目(YLKC-79); 西北民族大学应用化学一流专业建设项目(2021XJYLZY-07); 西北民族大学虚拟仿真实验一流课程建设项目(2021XJYLKC-02); 教育部民族院校应用化学专业虚拟教研室(XNJYS2022)

adopted for teaching innovation. It has been proved that the new teaching model has greatly stimulated students' interest in learning and desire for knowledge. Based on this teaching reform effort, the students' curriculum performance has been continuously improved, and their comprehensive innovation practice ability has also been well shaped.

Key Words: Instrumental analysis; Four-round integration; Innovative practice; P-MASE research model

仪器分析是利用分析仪器进行物质结构和含量分析的一种手段,是科学研究的眼睛,是透过现象看本质的基础和阶梯^[1],在化工相关的各个领域都有广泛的应用。仪器分析是我校化工、环工和高分子专业的一门学科平台必修课(54学时,3学分),也是化学类研究生入学考试的必考课程。课程主要包括各种分析仪器的基本原理、仪器构造及分析应用等方面的内容。学好本门课程将为后继专业课程和实践课程的学习打下坚实的基础,也是达成毕业要求的重要支撑,将对学生综合创新实践能力的塑造起到至关重要的作用。基于课程的重要性,课程组始终坚持改革创新,本校仪器分析课程经过校级精品课程、校级精品资源共享课、校级线上线下混合式一流课程的建设,2022年被认定为甘肃省首批创新创业教育混合式示范课程。

1 四轮融合教学模式改革创新及实践

多年的教学实践证明,仪器分析课程教学主要面临四个问题:(1) 教学内容显性知识不精不新不准、缺乏隐性价值观融入,课程没有温度;(2) 传统的教学方式不能满足学生个性化学习的需求;(3) 学生接受信息的方式单一,难以达成对知识点的高阶认知;(4) 理论和实践相脱节,学生不能学以致用,更无法创新实践^[2]。基于此,我校仪器分析课程组坚持“以生为本、立德树人、思创融合、知行合一”的教学理念,重构了以学生创新实践能力塑造为导向的教学目标和课程评价体系,采用显性知识与隐性价值观相融合、线上与线下相融合、问题驱动与可视化教学相融合、理论学习与研究实践相融合的四轮融合教学模式进行课程教学创新实践(图1),以期突破课程痛点、激励学生自主探究和创新实践,实现知识获取、能力提升和情感滋养的全面融合。



图1 四轮融合教学创新设计

1.1 四轮融合教学模式组织及实施

1.1.1 显性知识与隐性价值观相融合

教学内容作为课程的“脊梁”,既要反映课程的基本理论、知识和技能,又要反映科技发展最新成果,有一定的学术性和先进性;更加重要的是课程内容应注重“思政元素”教学设计,将价值塑造、知识传授与能力培养融为一体^[3,4]。基于此,课程组采用显性知识和隐性价值观相融合的手段进行创新实践。

(1) 显性知识优化。

参考目前国内外名校仪器分析课程的主流教材和学科发展趋势，突破原有课程框架的束缚，整合和更新仪器分析课程的基本内容和侧重点，做到教学内容的“精、新、准”(图2)。

	精	新	准
气相色谱	删除色谱记录仪相关内容	更新应用案例； 增加 GC-MS 介绍。	加强色谱基本理论讲解； 加强应用探究。
液相色谱部分	删除液相制备色谱	更新应用案例； 增加 HPLC-MS 介绍。	调整液相色谱讲解思路，以色谱类型为主线讲解； 加强应用探究。
电位分析法	删除格式作图法	增加组织电极； 更新应用案例；	加强离子选择性电极选择性的讲解； 加强应用探究。
伏安分析法	删除双指示剂电流滴定	增加三电极系统； 更新应用案例。	强化定性定量原理讲解； 加强应用探究。
库伦分析法	删除微库伦分析	电解分析原理； 更新应用案例。	强化恒电流库伦滴定； 加强应用探究。
原子发射光谱	删除摄谱法相关内容	优化光电检测器内容； 更新应用案例； 增加 GC-AES 介绍。	强化 ICP-MS 结构及应用讲解； 加强应用探究。
原子吸收光谱法	删除无极放电灯相关内容	完善原子荧光光谱法内容； 更新应用案例； 增加 GC-AAS 介绍。	强化分析条件的选择； 加强应用探究。
紫外光谱法	删除分光光度计的校正	增加反应过程追踪； 增加 SPE-UV 介绍； 更新应用案例。	强化谱图解析； 加强应用探究。
红外光谱法	删除色散性红外光谱仪介绍	增加近红外光谱分析； 更新应用案例； 增加联用技术介绍。	强化谱图解析； 加强应用探究。

图2 显性知识创新

(2) 隐性价值观融入。

在隐性价值观维度中，课程组深挖思政元素，通过“史、时、实、诗”四个“shi”将“科创精神”“家国情怀”“职业操守”“人文素养”等思政要素融入到课堂教学中，落实立德树人的根本任务(表1)。

1.1.2 线上与线下相融合

依托自建仪器分析超星-学习通线上SPOC平台开展线上线下混合式教学。首先科学分配线上线下学习内容，线上内容学习采用微课视频任务点+自评测试的方式进行，这种方式在有效减少教师的重复性教学的同时，解决了学生个体化能力差异的问题，既满足了学生的个性化学习需求，也有利于学生对内容的深度学习。

另外注重在整个教学过程中的师生互动和生生互动，以及时获取学生的反馈，调整教学计划，精准施教。互动方式除了线下课堂主阵地之外，还通过学习通、QQ、电话以及每周1-2次的空中自习室进行交流互动，将课堂同步爆发式学习变为异步个性化学习，实现线上线下的深度融合。

1.1.3 问题驱动与可视化教学相融合

为了能够引导学生深度融入课堂，在线下课堂的讲授过程中坚持以问题为导向，系列问题设计层层递进，由浅入深激发学生带着问题、带着思考、带着质疑进行学习，培养发散思维能力和质疑精神。

表1 仪器分析隐性价值观融入(以色谱分析为例)

思政融入	思政要素切入点	思政育人案例	思政育人目标
史	科学家的故事	Nobel奖获得者马丁·辛格研发经历 中国色谱之父卢佩章及其弟子关亚风的故事 中国Nobel医学奖获得者屠呦呦提取青蒿素的故事	浸润科学家情怀, 学习科学家不畏艰难、精益求精、开拓进取的科创精神
	仪器发展史	色谱模型的建立——茨维特是金子总会发光 色谱发展史——科学研究中的偶然和必然 仪器分析技术发展现状——我国在仪器研发领域面临的机遇和挑战	传承科学思维, 思考科技发展的意义, 树立打造民族仪器品牌的信念
	公共安全事件	三聚氰胺检测、瘦肉精检测、兴奋剂检测、挥发性有机污染物检测……	明确仪器分析课程学习的意义, 树立学好仪器分析、用好仪器分析的使命感和责任感
时	时事热点	色谱分析应用于中国航空航天, 新冠治疗、刑事案件侦破……	
	实践过程	实验操作, 数据分析, 谱图解析	树立实验安全第一的责任感; 坚持实事求是、勇于质疑、追求真理的探索精神, 遵守学术规范和职业道德
实	实验成果	教师科研、学生优秀成果融入教学	拓宽科技视野, 培养科学思维
	融入中国传统文化	色谱分析应用于故宫、敦煌壁画、三星堆考古 色谱分离过程融入: 物以类聚, 人以群分(战国策) 人间四月芳菲尽, 山寺桃花始盛开(白居易) 《本草纲目》和色谱分析的关系	提高人文素养的同时, 坚定文化自信, 增强民族自豪感

另外, 为了解决教学内容枯燥、抽象、学习难度大的问题, 通过引入大量的图片、视频、动画、思维导图以及情景化的游戏设计, 让学生能够从听觉、视觉、触觉全方位的沉浸式接受信息。最后问题的答案也不是老师告知的, 而是学生经过思考、分析、总结, 评价自己获取并且表达出来的。学生对于问题的理解不仅仅是停留在简单的认知、理解而是达到了评价、分析和创造的高阶创新。实现了学习内容听得到、看的见, 摸得着还有趣味。

1.1.4 理论学习与研究实践相融合

采用南开大学张伟刚教授教研团队创立的 P-MASE (Problem-Method-Analysis-Solution-Evaluation) 研究性教学模型实现理论学习与研究实践相融合^[5] (图3)。并将课题选择、方案撰写、翻转课堂汇报及小组协作的情况作为个性化成绩的来源。P-MASE模型很好地将知识的理论性、实践性、拓展性、探究性、趣味性有机结合起来, 提高了课程的挑战度, 让学生真正忙了起来, 在理论知识实现内化的同时训练了学生的高阶思辨能力和创新实践能力, 实现“思创融合, 知行合一”。

另外, 学生提出的方案可行性好的可以直接进入第二课堂开展创新实践, 在此基础上, 仅20级化工3班学生(40人)就获批7项大创项目, 4项实验室开放项目。

1.2 课程评价方式

学习评价是教学持续改进闭环的关键, 课程考核改变以往单一的试卷考核模式, 构建了以创新实践能力培养为导向的三维评价体系。具体考核方式及成绩比例构成见图4。

过程性考核(25%): 侧重知识目标达成度评价, 由超星-学习通平台统计, 全方位把控线上线下学习的各个环节, 包括学生签到互动、微课视频学习、章节测试及作业成绩等, 大数据及时反馈学习成效, 激励学生自主矫正和探究学习。与此同时, 教师根据大数据反馈, 不断调整课程设计, 优化教学方案, 落实“以生为本”。

理论学习与研究实践相融合--实践为要



图3 理论学习与研究实践融合教学实施方案

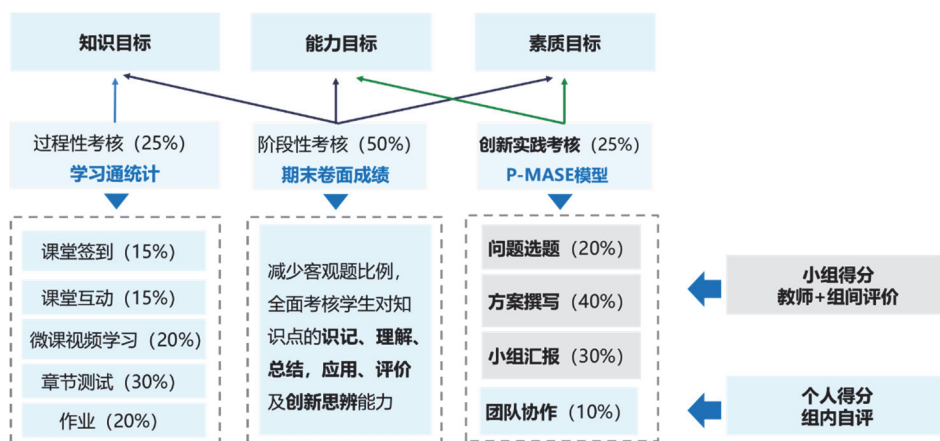


图4 仪器分析评价方案

创新实践考核(25%): 侧重评价创新实践能力目标和素质目标达成度, 考核学生创新实践及团队协作成效。根据学生P-MASE模型问题选题(20%)、方案撰写(40%), 小组汇报(30%)及团队协作(10%)的情况评价, 由教师、组间及组内自评共同评价, 通过引入校正因子 F 和个人贡献率 E 促使学生全员深度融入创新实践学习。具体评分细节见图5。

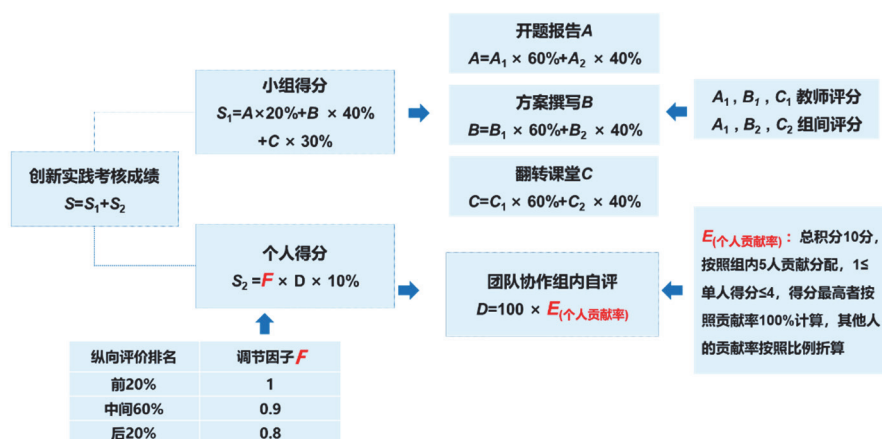


图5 创新实践考核评价方法

阶段性考核(50%): 期末闭卷考试全面评价三维目标达成度。减少客观题比例, 提升期末考试的挑战度, 全面考查学生的基础应用和高阶创新思辨能力。

1.3 四轮融合创新特色

近三年的创新实践效果证明, 采用四轮融合教学模式进行仪器分析教学改革, 不仅能够突破课程痛点和难点, 提高三维育人目标达成度, 还可以实现教学资源的系统性、教学内容的时代性、教学手段的有效性和考评方式的科学性, 打造有温度、有趣味、有拓展、有挑战且能有效引导学生自主创新实践的混合式教学模式, 进而提升学生的高阶创新实践能力和团队协作能力, 利于全方位、多维度地落实立德树人的根本任务。

2 课程建设成效

2.1 成绩分析

选择18级化工3班、19级化工3班和20级化工3班作为教学改革创新实验班级, 经过三期的教学创新, 期末总评高分段学生比例和班级平均成绩均明显上升(平均成绩由64.77升高至85.13), 与此同时, 随着改革不断深化, 认为本门课程难学的学生比例也不断降低(70.40%降低到了17.5%)。

2.2 学生评价

为了全面了解学生的课堂学习体验和教学效果, 我们在学期末对学生的情况进行了问卷调查。相比19级化3班, 20级化3班认真听课学生比例由19级的81.3%升高至100%, 证明我们采取的教改举措有效提高了学生的课堂参与度。97.5%的学生认为在课堂学习收获大或者很大, 证明学生在学习成绩提升的同时学习获得感也得到了满足。学期结束学生反馈的词云给出了“受益匪浅、轻松、理解、掌握、好、希望”等关键词, 证实了学生们对课程教学的认可。

2.3 学生综合能力提升

后续专业核心课程授课教师对教改三期学生的综合能力评价逐步提升(图6), 证明依托本课程的学习, 学生的学习习惯、创新实践及团队协作能力均得到了很好的强化。另外, 学生积极参与各类科学研究, 发表多篇SCI及中文核心论文, 获批多项省级、校级大创项目, 并多次在各类大赛荣获特等奖、金奖、一等奖等荣誉。与此同时, 学生P-MASE模型选题大多倾向于食品安全、化工环境污染等关系民生安全的课题研究(图7), 证明课程思政融入有效提升了学生的社会责任感和使命感; 另外, 学生积极参与疫情防控、校园美化、节能减排等公益活动, 证明在课程情感价值观的滋养下, 学生的道德品质也得到了很好的塑造。

2.4 教师成果

在进行教学创新的过程中, 课程组也获得了丰硕的成果。获2021年省级教学成果一等奖, 课程

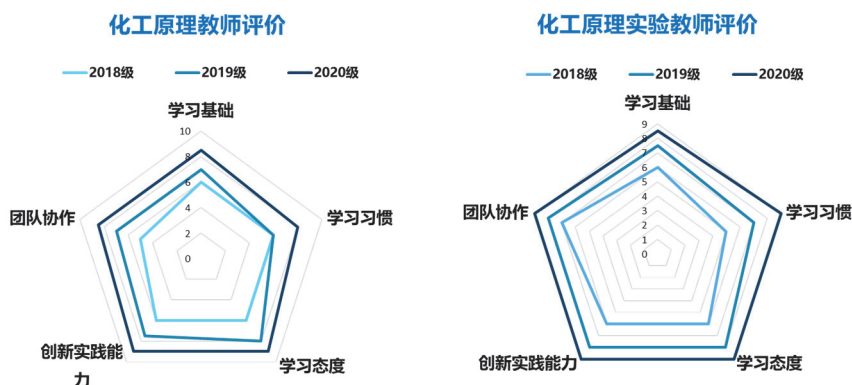


图6 后续专业核心课程教师评价

电子版为彩图

部分P-MASE模型选题
市售羊肉中盐酸克伦特罗的测定 (气相色谱法)
化妆品中邻苯二甲酸酯的测定 (气相色谱法)
化工废水中苯系物的检测 (气相色谱法)
牛肉面蓬灰水中重金属Pb的检测 (原子吸收光谱法)
糖果中日落黄和亮蓝的检测 (紫外光谱法)
饮用水中的As和Hg含量的测定 (原子荧光光谱法)
工业废水中氯离子的检测 (电位分析法)
奶粉中三聚氰胺的测定 (高效液相色谱法)
黄河水中五种重金属元素的同时测定 (原子发射光谱法)

图7 部分P-MASE模型选题

被认定为省级创新创业教育混合式示范课程,获2022年省级教学创新大赛副高组二等奖,第二届“智慧树杯”全国思政示范案例教学大赛一等奖,近三年发表教改论文十余篇。自建的学习通仪器分析线上SPOC平台千余人线上选课,累计学习次数超过75万次,线上教学资源除了应用于我校仪器分析和仪器分析实验课程教学之外,还推广应用于我校色谱分析、光谱分析、波谱分析等课程的教学,我们创新的教学模式已经被兰州大学、中国药科大学等同行借鉴使用,也被教务处作为疫情防控示范课堂在全校推广。

3 结语

哈佛大学原校长普西先生曾经说过,创新实践能力是区分一流人才和三流人才的重要标杆,可见创新实践能力的塑造对于培养一流人才至关重要。仪器分析作为科学研究的眼睛,是一门应用性很强的学科,课程学习的目的就是需要学生熟练使用各种分析仪器创新地解决生产生活过程中所遇到的各种现实问题,可见本课程的学习对人才创新实践能力的培养具有重要作用。基于此,课程组以培养学生的创新实践能力为导向,在各种教学方法的基础上创新使用四轮融合教学模式进行课程教学设计,将知识传授、能力培养和价值塑造有机结合起来,不仅提高了课程的创新性、高阶性和挑战度,更激励学生真正动了起来,有效促进了学生深度参与课堂,提高了学生的创新实践及团队协作能力,既打造了一流课程,又培养了一流人才,一举两得。教学改革没有终点,我们将不忘初心,始终坚持“以学生中心”砥砺前行。

参 考 文 献

- [1] 王荷芳,孔德明,唐安娜,李文友,刘定斌,郭玮炜,李一峻,邵学广. 化学教育, 2021, 42 (18), 92.
- [2] 杨彩玲,赵国虎,缙浩. 甘肃高师学报, 2020, 25 (5), 59.
- [3] 刘海燕,杨秀敏,郝琳,张帅华,赵孝先,崔鹏雷,臧晓欢. 大学化学, 2022, 37 (8), 2108073.
- [4] 杜振霞,杨屹,苏萍,胡高飞,吕超,张丽娟. 化学教育, 2022, 43 (4), 39.
- [5] 张伟刚. 科研方法导论. 第3版. 北京: 科学出版社, 2022.