

# 基于学生实践创新能力培养的生物化学仪器 分析课程的教学改革与实践

李艳艳\*, 林亚秋, 刘伟, 殷实

(西南民族大学畜牧兽医学院生物技术教研室, 成都 610041)

**摘要:** 生物化学仪器分析是针对生命科学领域学生继生物化学与分子生物学等课程之后开设的一门重要的专业基础课, 是主要基于物质的理化性质及生物学特性进行快速分析、检测的一门学科。本课程着重培养学生对生物化学与分子生物学基础理论知识的运用实践与创新能力, 激发学生的科研潜能。由于生命科学的发展不断推动仪器及技术的更新, 生物化学仪器分析课程需要不断改革, 以满足学生培养的需要。因此, 本文对生物化学仪器分析教学过程中存在的问题进行分析, 从教学体系、育人途径、课程创新、综合考核等方面进行教学改革, 以期为国内同类课程教学提供参考。

**关键词:** 生物化学仪器分析; 生物化学; 教学改革

## Reform and practice of Biochemical Instrumental Analysis course based on the cultivation of students' practical innovation ability

LI Yanyan\*, LIN Yaqui, LIU Wei, YIN Shi

(Department of Biotechnology, College of Animal Science and Veterinary,  
Southwest Minzu University, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** Biochemical Instrumental Analysis is an important professional basic course for students in the field of life science following Biochemistry and Molecular Biology. It is a subject for rapid analysis and detection based on physical/chemical properties or biological properties of substances. This course focuses on cultivating students' ability to apply, practice and innovate basic theoretical knowledge of Biochemistry and Molecular Biology, and stimulating students' potential in scientific research. As the development of life science promotes the updating of instruments and technologies, the course of Biochemical Instrumental Analysis needs to be constantly reformed to meet the needs of student training. Therefore, this paper analyzes the problems existing in the teaching process of Biochemical Instrumental Analysis, and carries out teaching reform from the aspects of teaching system, education way, curriculum innovation, comprehensive assessment and so on, in order to provide references for the teaching of similar courses in China.

**Key Words:** Biochemical Instrumental Analysis; Biochemistry; education reform

生物化学仪器分析融合了生物学、化学、数学、光学、计算机科学等多学科知识体系<sup>[1]</sup>, 是一

门集理论与实践为一体的综合性学科。在课程体系的设置中, 生物化学仪器分析起着承上启下的

收稿日期: 2022-03-28

基金项目: 四川省高等教育人才培养质量和教学改革重点项目(JG2021-405); 西南民族大学教育教学改革项目(2021YB69)

\*通信作者: E-mail: liyanyan@swun.edu.cn

作用, 不仅能够增强学生对知识的综合运用, 还能培养学生的动手及推理判断能力。如何培养学生的实践创新能力, 使之适应时代发展, 是教学改革的重点。笔者针对该课程内容广泛、抽象, 难懂难记、更新快的特点, 结合本门课程在教学过程中存在的问题, 通过更新教学内容、重塑教学体系、带领学生参加科研课题、综合性考核等着手教学改革, 以激发学生的自主学习兴趣, 培养学生的实践创新能力。

## 1 生物化学仪器分析教学改革的原因及目的

我国近些年提出了万众创新理论, 宣告我国进入创新时代。因此, 各用人单位也越来越看重人才的实践创新能力。生物化学仪器分析是一门理论与实践并重的课程, 各大高校不断做出改革以响应国家号召, 培养具有实践创新能力的、符合社会发展需要的应用型人才。

生物化学仪器分析这门课不仅讲授仪器的构造以及原理, 还介绍应用某一个仪器可以做什么, 达到什么样的目的, 达到这个目的所用的方法和原理是什么, 会用到哪些相关性的仪器, 使用这个仪器的原理是什么, 这样的原理技术还可以做哪些专业相关性应用。以此检验并巩固学生的基础理论知识, 拓宽学生的视野, 培养学生的实践创新能力, 达到“结合实际工作和社会需要, 学以致用”的目的(图1)。

### 1.1 课程内容繁杂, 学生专业水平与积极性不一

生物化学仪器分析是以生物化学、分子生物学的理论知识为基础的一门学科。通过对该课程的学习, 学生能够系统地掌握如何利用物质的理化及生物学特性, 应用相应仪器对某一指标进行快速检测和分析。课程内容繁杂抽象, 学生基础不一, 以本校生物技术专业为例, 课程开设在大三上学期, 有一部分学生大二学年从建筑、化学等学院转到本专业, 虽然对本专业表现出浓厚的兴趣, 但由于基础知识的差异, 导致知识的理解、记忆困难或存在偏差。另外, 本专业学生50%以上来自少数民族地区, 由于地域等环境因素, 学生基础知识薄弱, 专业技术实践能力远低于全国普通高校平均水平。同时, 由于“单声道”的以教师为主体的授课方式通常不能吸引学生的注

意力, 导致学生在课上的积极性及参与程度不高。

### 1.2 讲授内容欠缺前沿性, 与时代脱节

由于教材内容陈旧, 更新慢, 课堂作为教育终端, 老师应合理选择并引入学生感兴趣而又与就业需求及后续学习紧密结合的新内容及新技术。

### 1.3 理论与实践脱节

高等仪器通常结构精密、价格昂贵, 各高校不仅仪器数量有限, 且均分散在各个学院实验平台或课题组。虽然科研仪器全校共享, 但由于预约手续及上课学生人数限制等问题, 大部分仪器很难用于本科教学, 导致理论与实践脱节。最终致使学生实践动手能力差, 同时制约了学生的积极性与创造性。

### 1.4 考核形式单一

目前, 全国各高校的考核方式都比较单一, 主要由教学过程考核以及教学结果的考核两部分组成。教学过程主要包括考勤、作业、期中考试几个部分, 而教学结果主要是以试卷的形式对各知识点的考核。生物化学仪器分析是理论结合实践的学科, 仅对知识点的考核不利于学生对知识的综合运用及形成系统化的知识体系。

## 2 注重学生实践创新能力培养的生物化学仪器分析教学改革

### 2.1 “1+1引航计划”助力青年教师成长

青年教师教学经验缺乏, 学校充分发挥高级专业技术职务教师传帮带的作用。学院教学指导委员会推荐一位指导教师通过言传身教一对一关心一位青年教师的思想品德修养, 帮助其树立忠诚教育事业的理想和为人师表、立德树人、教书育人的师德; 指导新进教师掌握备课、课堂教学、辅导答疑、批改作业、实验指导、考试、学业评价、毕业设计指导等教学过程各个环节的规律和方法。以此帮助青年教师快速融入角色, 适应课堂教学。

### 2.2 教学内容及时更新, 紧跟时代前沿

生物化学仪器分析课程相关的教材少, 且内容陈旧, 更新较慢。虽然色谱仪在实际研究中应用较多, 但与本专业核心课程生物化学及生物工

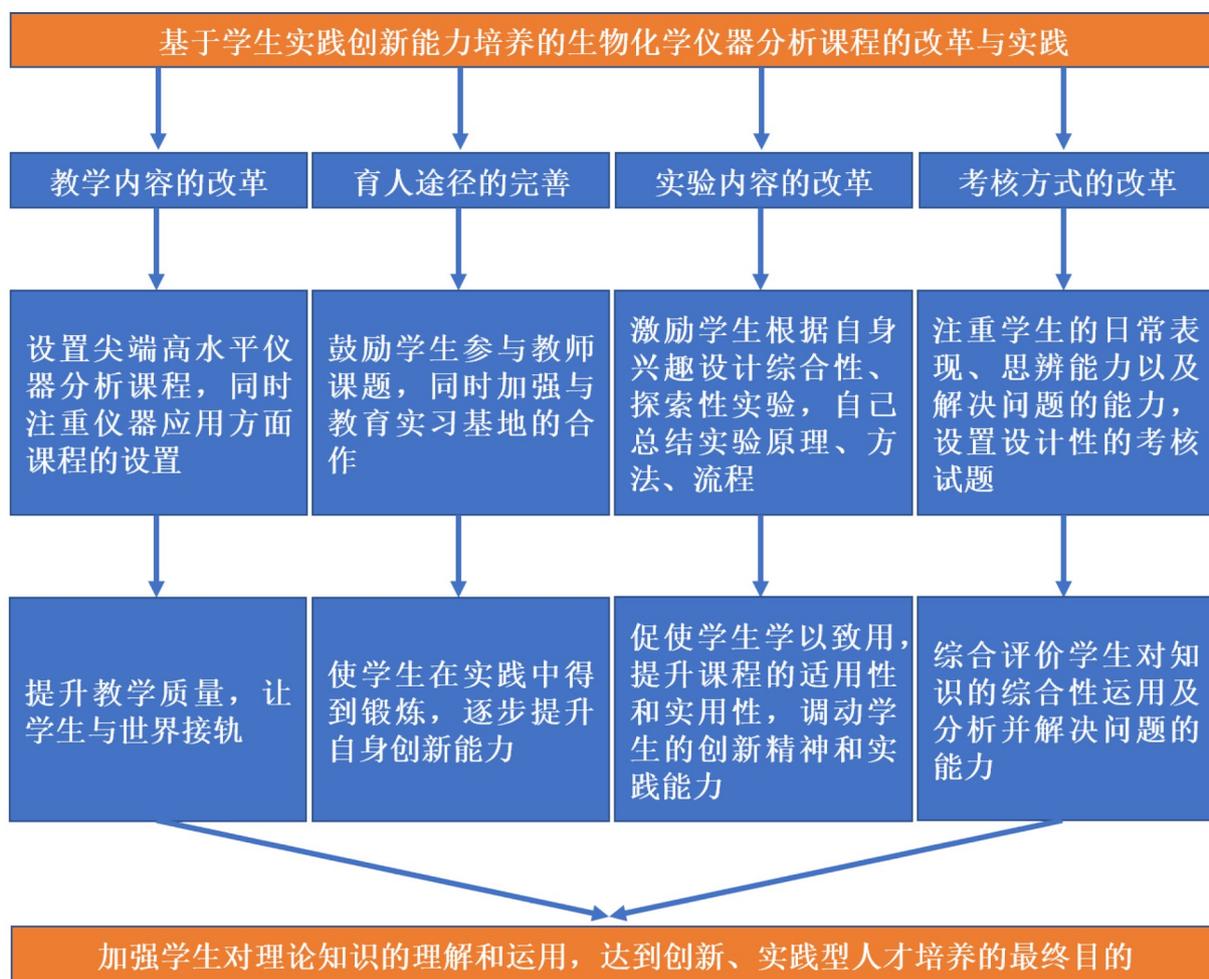


图1 生物化学仪器分析课程教学改革的目的

程下游技术的教学内容存在交叉。因此,经过资料查阅、参考同专业其他高校的课程设置并结合实际应用,调整教学内容(表1)。调查走访了已毕业同学(教学内容更新前后的毕业生)调整后教学内容的实际应用程度。学生表示,教学内容调整前,只有部分内容会有一些的应用,而调整后的教学内容,无论是继续考取研究生或者参加工作,都应用较广。

### 2.3 教学方式方法创新,因材施教

本校大部分学生来自民族地区,教育环境的不同导致学生理解能力、学习能力和基础知识差异较大,同时转专业同学的基础知识也比较薄弱。传统以课堂讲授为主的教学模式会导致部分学生学习兴趣减弱、学习认知模糊、学习动机丧失,甚至出现厌学情绪。因此,以学生为中心的五位一体(5P)教学新模式有助于充分发挥教师的教

学帮扶、督促以及管理,充分调动学生将知识、专业技能、综合素质充分整合,变被动为主动,掌握好基础知识并灵活运用。五位一体教学模式是指preparation(预习)、presentation(授新)、practice(实践)、production(活用)和progress(升华)。**Preparation:** 教师提前将课件发给学生,引导学生根据教材等自主学习,标记难点、易混淆点。**Presentation:** 教师在课堂上对各知识点进行讲解,加深学生记忆,激活背景知识,同时启发学生想象。**Practice:** 通过实验课、参与教师课题或到企事业单位进行实践,进一步理解、巩固理论知识。**Production:** 活用的特点在于学生的思维不再局限于书本上的理论知识,而是将它们整合后应用于实际。如设计综合性实验、申请研究型课题等,并能对实践过程中遇到的问题予以合理的解释。**Progress:** 学生对本门课程的归纳和深化,通

表1 课程安排及思考讨论题

时间安排	知识点	思考题
第一章 生物样品分析前处理技术	(1)生物样品分析前预处理的原则及主要技术; (2)离心机的构造与应用	(1)生物样品预处理的目的是; (2)为什么要进行细胞破碎, 细胞破碎的方法及注意事项; (3)使用离心机的注意事项
第二章 基因表达检测技术(转录水平)	(1)PCR与qPCR的原理、区别与应用; (2)普通PCR仪与定量PCR仪的比较	(1)普通PCR及qPCR的原理; (2)PCR五要素; (3)qPCR各参数的意义
第三章 ELISA和酶标仪	(1)ELISA的定义及原理; (2)ELISA的类型及注意事项; (3)酶标仪的应用; (4)酶标仪与分光光度计的异同	(1)什么是抗原和抗体; (2)什么是一抗和二抗; (3)ELISA结果的准确与否有哪些影响因素, 如何区分假阳性和假阴性
第四章 荧光显微镜	(1)构造及其应用; (2)常用荧光探针的介绍; (3)免疫荧光技术; (4)荧光显微镜的缺点	(1)免疫荧光技术与ELISA技术的相似性及优缺点比较; (2)免疫荧光技术的“封闭”和ELISA的“封闭”有什么区别
第五章 激光扫描共聚焦显微镜	(1)共聚焦的原理与应用; (2)与普通荧光显微镜的异同	激光扫描共聚焦显微镜为什么可以更清晰地成像
第六章 流式细胞仪	(1)流式细胞仪的应用; (2)流式细胞术; (3)与荧光显微镜的异同	流式细胞仪与荧光显微镜的异同及优缺点比较
第七章 石蜡切片机与冷冻切片机	(1)切片机的应用及注意事项; (2)免疫组织化学技术	(1)医院所谓的“活检”是什么; (2)你了解的病理技术有哪些
综合性实验 Western blot法检测细胞中β-actin蛋白表达	制胶、样本准备、电泳、转膜、抗体孵育、显影	Western blot的原理及操作流程

过所学知识形成自己独特的认知。5P教学模式的实施有助于学生对知识点的理解与记忆, 又能充分发挥课堂效率, 全方位培养和锻炼学生的科学素养。

随着信息技术的快速发展, 基于互联网平台的大型在线开放课程平台为高校开创了全新的教育模式<sup>[2]</sup>。让学生通过在线课程平台, 如慕课等自行学习, 可实现在任何时间、任何地点进行学习, 实现了以学生为中心的混合式教学模式, 在一定程度上调动了学生学习的积极性、主动性与创新性。主要知识点由教师指定, 学生根据兴趣爱好自主选择拓展平台, 对知识点进行总结、梳理, 课上分组针对难点、易混淆点进行讨论和讲解。这种模式可以培养学生主动学习、创新性学习的能力, 同时实现学生的个性化发展。

此外, 高校教学经常处于教师的“单声道”教学模式, 不利于调动学生自主学习的兴趣, 因此可采取汇报式、讨论式教学模式。如在讲解完PCR、ELISA及免疫荧光章节时, 给出选题: 小红想检测两种细胞中A分子的表达情况, 请帮小红设

计合理的实验。根据学生人数进行分组, 让学生课后讨论做出讲解PPT, 每组派代表在下节课的预留时间进行讲解后, 由全班同学进行实名制打分, 排名靠前的那组同学给予一定的分数奖励。对于小组讲解后的遗留问题, 则由大家一起讨论解决。

## 2.4 活跃课堂氛围, 吸引学生注意力, 激发学生的自主学习兴趣

生物化学仪器分析课程内容繁杂, 且学科间的交叉性较强, 在教学过程中适当引入经典案例及当前时事热点, 有助于激发学生的学习热情。例如, 在讲解定量PCR技术的时候, 向学生提出“疫情之下新冠病毒核酸检测主要基于什么原理”这一问题。同时引入实时热点, 如“我们经常在疫情防控新闻发布会上听到Ct值低, 病毒载量高的说法。那么Ct值是什么, 和病毒载量有怎样的关系”, 由此激发学生的学习兴趣。通过对教学内容的讲解, 学生了解到Ct值、熔解曲线、扩增曲线等基本概念及PCR的基本要素, 并掌握了PCR扩增及实现检测的基本原理。同时, 针对重点、难

点及易混淆点可以抛出案例，吸引学生的注意力。如在讲解流式细胞仪章节时，可通过应用举例说明它和荧光显微镜的异同及应用时的区别；而针对流式细胞仪的不同用途，如当前应用比较多的分选、增殖、凋亡、细胞周期的检测等，则可通过列举不同的荧光染料及实际应用进行说明，可分享最新发表的文章进行举例。对于细胞周期和细胞凋亡都可用PI进行检测，可通过引入小故事给学生警醒，以区分不同检测时同一试剂应用的区别。如将细胞比喻成一座城池，细胞膜比喻成城墙，城墙完整时，作为贼人的PI不能进入。一旦城墙年久失修，牢固性改变，则贼人PI会见缝插针，进入城池内部；PI的荧光就类似定位装置，根据其荧光的积累则可判断贼人PI进入细胞的量，以此判断细胞这座城池的状态是否完好。而在进行周期检测时，细胞这座城池由于固定剂的作用，城门大开，同时这座城池像中了葵花点穴手，所有事物静止，金币(DNA)不再流通。不同的城池由于发展程度不同，所拥有的金币数量不同，贼人PI进入城池后想偷金币，偷金币的PI的量与金币的量是成正比的，由于PI荧光的存在，则可通过荧光的量来判断不同城池金币的量。“城墙牢固性”指的是什么，是如何改变的以及“事物”是如何静止的，留做讨论题，由大家共同讨论解决以加深印象。

## 2.5 融入OBE理念, PBL教学法提升实验教学

实验教学是培养高素质应用创新型生命科学

人才的重要环节之一。实验教学环节是生物化学仪器分析课程的重要组成部分，学生通过实验可以更好地理解理论知识、掌握相应的实践技能，同时提升自身分析问题和解决问题的能力。传统的实验教学是教师讲授为主，学生根据实验指导完成实验，且多为验证性实验。这既不利于调动学生学习的主动性，也不利于发挥实验教学的根本目的——提高学生的创新思维和实践能力。反而造成学生对实验原理、教学内容理解不佳，且操作时敷衍了事。

PBL(problem-based learning)是以学生为中心、以问题为导向的教学方法，强调通过解决问题来学习隐含于问题背后的科学知识，从而培养学生自主学习的能力和解决问题的能力<sup>[3]</sup>。OBE(outcome-based education)即教学成果导向教育，与传统教学模式不同的是它更注重学生综合能力的培养，以学生为主导，以成果为导向，并不注重教学过程，一改以老师为主导、由老师掌控容易造成学生思想固化学习效率低下的传统教学模式<sup>[4-6]</sup>。

以本课程开展的“Western blot法检测细胞中 $\beta$ -actin蛋白表达”的实验为例，将实验内容提前两周告诉学生后，让学生按照分组，组内每位同学根据自己的能力，设定不同的目标后自行查阅资料，进行实验原理及操作方法的疏导与整理(表2)。几天后，通过线上会议的方式，每组同学进行实验流程及注意事项展示，并提出在资料查阅中

表2 Western blot法检测细胞中 $\beta$ -actin蛋白表达实验前思考题

样本的提取与准备	(1)细胞蛋白质提取的方法及步骤； (2)蛋白质浓度的测定方法及原理； (3)蛋白质为什么要变性处理?变性液各组成成分的作用
电泳	(1)影响蛋白质电泳迁移率的因素； (2)SDS-PAGE凝胶电泳的蛋白迁移率取决于什么； (3)为什么浓缩胶和分离胶Tris-HCl缓冲液的pH值分别为6.8和8.8
转膜、封闭	(1)转膜的原理及步骤； (2)膜的选择； (3)转膜方式的选择； (4)封闭的原理及常用封闭液的选择
抗体的孵育	(1)什么是抗体； (2)一抗和二抗是什么，如何选择二抗； (3)内参抗体的作用
ECL显影	(1)显影的原理及优缺点； (2)显影的注意事项； (3)Western blot结果的分析及半定量

综合思考题与课堂讨论: Western blot与PCR、IF、IHC、ELISA、FCM优缺点的比较与实际应用举例，讨论细胞样本、动物组织等进行分子检测时应用以上技术的利弊

遇到的困惑, 如果有同学能进行解答, 则给予一定的分数奖励。在展示过程中, 其他同学可以提出问题, 由展示组的同学回答或大家自行讨论解决。最后, 教师梳理实验流程及解答学生讨论后没有解决的问题。实验课堂上, 学生自主完成实验操作流程。在实验等待间隙, 学生自由讨论在实际操作过程中遇到的问题, 教师解答遗留问题并就实验操作和学生的疑问做更深层次的分析。实验结束后, 学生根据自己掌握的理论知识分析实验结果, 书写实验报告, 并就检测分子表达, 分析Western blot、PCR、免疫荧光(immunofluorescence technic, IF)、免疫组织化学(immunohistochemistry, IHC)、ELISA以及流式细胞术(flow cytometry, FCM)的优缺点并予以讨论, 以小论文形式提交实验报告。

此外, 鼓励学生根据所学知识, 自主设计综合性、探索性实验, 与教师讨论方案可行后, 学生可根据自己的时间进行安排, 自行到实验室进行实践。根据学生实验内容的创新性、可行性及完整性等可给予一定的分数奖励。经过不断的改革与实践, 学生思维更加活跃, 科研热情高涨, 申请到的课题数量及文章产出逐年增加(表3)。

## 2.6 考核模式多元化

传统的考核方式一般是最终性考核模式, 主要针对教师的教学成果而不是学生的学习成果。

经走访调查, 大部分院校学生课程学习成绩=期末成绩 $\times$ 60%+平时成绩 $\times$ 40%, 平时成绩主要源于出勤率。新时代人才需求背景下的教学改革应以学生为中心, 着重考核学生的学习成果, 即学生的学习效果和综合素质。基于此, 建立了以学生为中心、以学生实践创新能力培养为目标的生物化学仪器分析课程立体化考核模式(图2)。教师根据考核模式, 调整课程成绩组成及成绩占比, 其中期末成绩占30%, 除期中考试成绩和实验成绩外, 增加企事业单位考核成绩, 同时注重学科竞赛及科研项目等创新考核(图3)。

另外, 适当增加作业、随堂考试、提问的数量, 以考察学生对知识点的理解和掌握情况, 以便对教学内容及时调整, 做到真正的“教”“学”。对于积极与老师互动、与同学讨论的学生给予一定的分数奖励, 可直接计入总分。对于分组讨论内容, 根据组间查阅资料积极性、讨论积极性、观点及见解独特性等表现予以打分排名, 综合学期表现, 排名靠前的小组可予以一定现金奖励。通过几年的尝试, 已初步形成了对该课程的考核标准, 每项成绩加分公平、公正、公开, 单次核对。

## 2.7 鼓励学生参与科研课题或到企事业单位实践

党的十九大报告指出, 创新是引领发展的第一动力, 这使社会对人才的需求不断提升, 培养

表3 近两年学生成果列表

项目列表	文章列表
山羊Inc_004888的生物学特性分析和表达特性研究(2020, 省级)	《山羊APOL6基因克隆、生物学特征及组织表达分析》
基于拟南芥受干旱胁迫时高表达基因的新型实时给水泵前期研究(2020, 校级)	《简州大耳羊肌肉脂肪细胞成脂分化差异表达基因的筛选与鉴定》
基于红外相对格西沟国家级自然保护区亚洲黑熊的调查研究(2020, 校级)	《山羊KLF5基因生物学特征与时空表达分析》
UCP3对山羊肌肉脂肪细胞分化的调控作用研究(2021, 国家级)	《山羊STI3基因的克隆及表达特性分析》
山羊ZNF32表达特性及调控皮下脂肪细胞增殖作用的研究(2021, 省级)	《Knockdown of adiponectin promotes the adipogenesis of goat intramuscular preadipocytes》
番茄红素在小鼠原始卵泡激活过程中的作用研究(2021, 省级)	《SRSF10对山羊肌肉脂肪细胞分化的影响》
Asearcher——生物知识科普小程序(2021, 省级)	《山羊UCP3基因克隆及表达特性分析》
尿肠球菌VanA、VanD、VanM基因测定及水平转移(2021, 校级)	《山羊PNPLA3基因克隆及序列分析》
成都市昆虫多样性调查(2021, 校级)	
山羊PSMD9 3'UTR克隆及microRNA调控研究(2021, 校级)	
槲皮素对牦牛睾丸组织玻璃化冷冻保护作用的研究(2021, 校级)	
山羊FATP5克隆与组织表达分析(2021, 校级)	

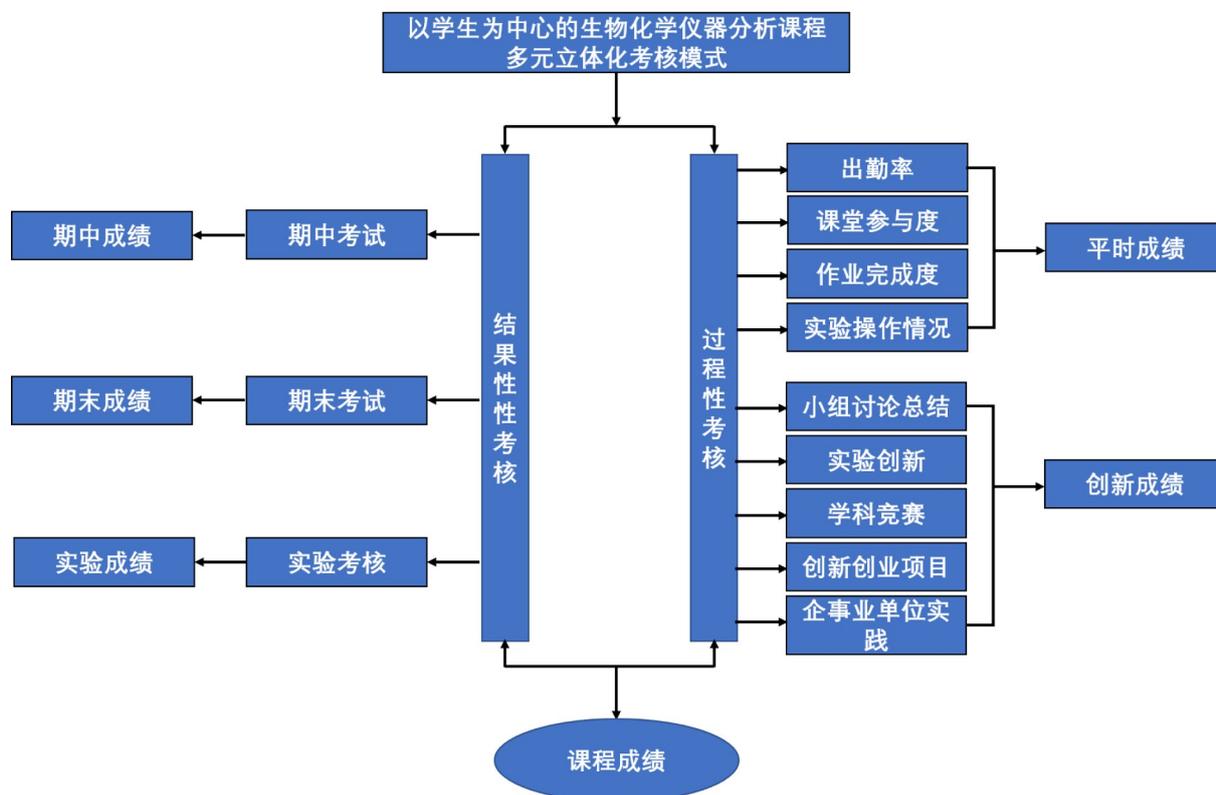


图2 生物化学仪器分析多元立体化考核模式

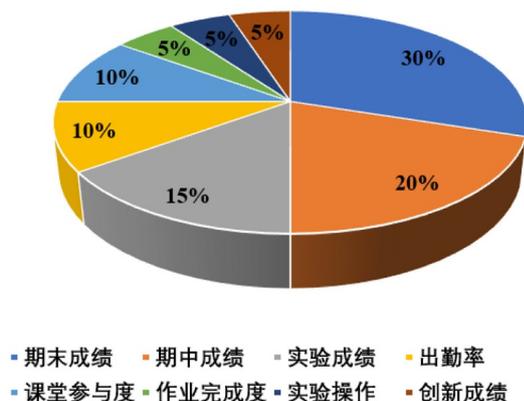


图3 课程成绩组成及占比

将理论和实践相结合的应用创新型人才成为高校的重要任务<sup>[7]</sup>。而将实践创新融于教学是高校通过专业教育培养优秀实践创新型人才的有效途径。除实验教学外，教师应多鼓励学生参与科研课题，或申请大学生创新创业、互联网+等项目，以此锻炼学生的动手能力，激发学生创新思维，以达到实践创新型人才培养的最终目的。据统计，近4年来，本教研团队带领本校生物技术专业共计70余人申请校级、省级及国家级大学生创新

创业训练项目20余项，共发表SCI或中文核心期刊论文8篇，另有多篇在投稿或已录用。此外，与企事业单位建立合作关系作为教育实习基地，鼓励学生到相关企事业单位实践，既可以锻炼学生的实践动手能力，又可以检验学生对理论知识的掌握程度，达到进一步巩固理论知识的目的。学生表示，通过课题及企事业单位实践的训练，不仅实践动手能力得到锻炼，眼界和思维也得到拓展。走访调查学生继续深造或就业的企事业单位，均表示学生能很快融入新的环境，不仅动手能力强，且思维没那么局限，发展潜力巨大。

### 3 结语

生物化学仪器分析是生命科学各专业学生的必修课程，对于培养学生的实践能力、创新思维，提高学生分析问题、解决问题的能力具有重要作用。因此，根据本门课程对生物技术专业学生的培养目标，建立了以学生为中心、以实践创新能力培养为导向的教学改革模式(图4)。从提升青年教师教学能力开始，逐步培养锻炼青年教师

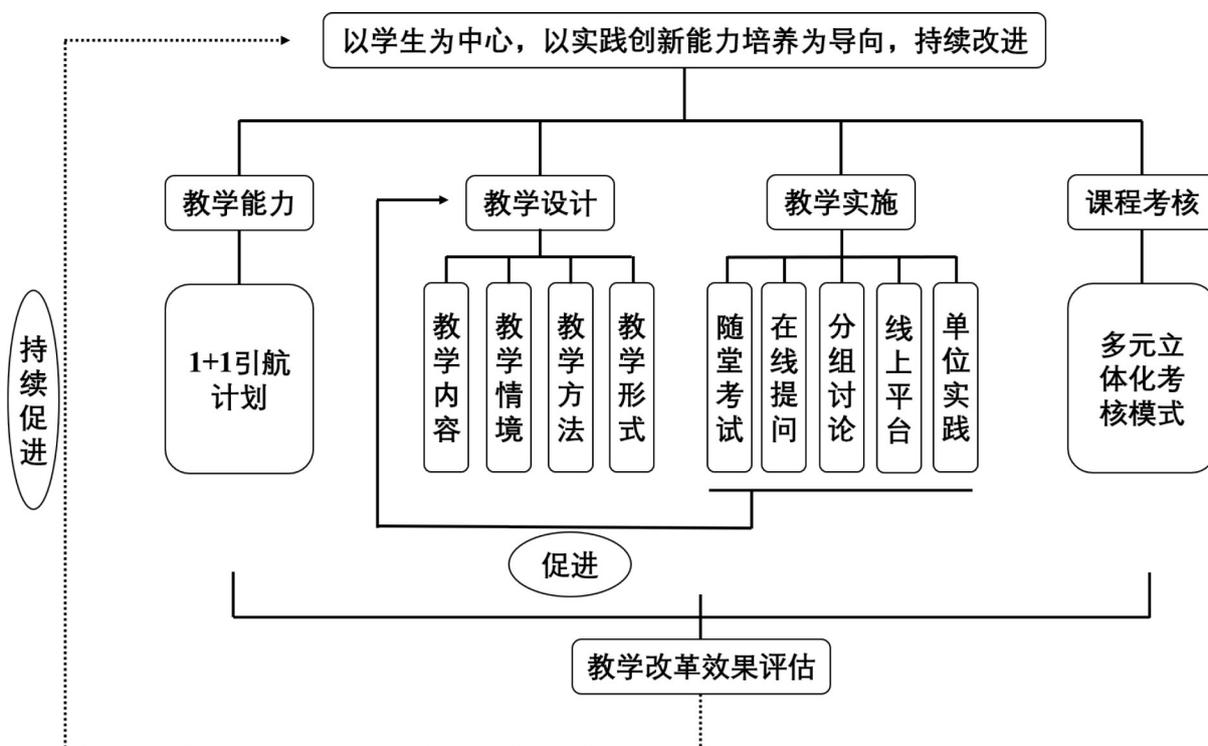


图4 基于学生实践创新能力培养的生物化学仪器分析课程教学改革模式

的创新教学及教学研究课题申报能力。重新整合优化教学内容后从教学情境、教学方法、教学形式、育人途径着手优化教学设计。在教学过程中,以学生为中心,淡化教师的主导地位,充分利用随堂测验、提问、讨论、线上平台、企事业单位实践等方式调动学生的实践创新能力。同时,构建了多元立体化考核模式,全面评价学生的学习能力及学习效果,形成了以学生为中心、以实践创新能力培养为目标的课程教学体系,以期国内其他高校同类课程的教学改革提供参考。

生物化学仪器分析课程的教学改革已初见成效,但是仍然存在需要改进的问题。如本校属于民族类院校,学生基础不一,理解能力及接受程度不一,导致部分同学的课堂参与度不高。且由于课时限制,不能让学生在课堂上充分了解当前很多其他重要的生物化学领域相关的仪器设备。在今后的教学实践中,将进一步优化教学内容及

培养方案,逐步完善课堂教学。

#### 参考文献

- [1] 王立成, 王丽萍. 生物仪器分析实验课程的教学探讨. 生命的化学, 2020, 40(9): 1636-1640
- [2] 姜雪梅. 基于慕课的高校英语教育教学改革研究. 英语广场, 2022(4): 110-114
- [3] 谢红艳, 胡灵娟, 朱允华, 等. 翻转课堂结合PBL在医学细胞生物学实验教学中的应用. 教育教学论坛, 2020(50): 385-386
- [4] 李剑, 张秋根, 汤爱萍, 等. 基于OBE教学理念的水文学教学改革研究. 教育教学论坛, 2019(22): 128-129
- [5] 王艳玲, 巩慧玲, 李志忠, 等. 基于工程认证OBE理念生物化学混合式教学改革与探索. 生命的化学, 2021, 41(11): 2512-2518
- [6] 陆鑫, 任立勇. 基于OBE工程教育理念的课程实践教学模式探索. 实验科学与技术, 2018, 16(6): 107-111, 116
- [7] 程修文, 宋盈阳, 张新怡, 等. 新工科背景下环境工程专业学生实践创新能力培养与改革探索. 中国现代教育装备, 2022(5): 88-90