

•专题•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202306007

www.dxxh.pku.edu.cn

高阶能力导向进阶式研究性学习模式探索与实践 ——以“药物化学”课程为例

郭文婷^{1,*}, 赵丽^{1,*}, 汪宝堆², 马妍¹, 赵仲丽¹¹ 兰州交通大学化学化工学院, 兰州 730070² 兰州大学化学化工学院, 兰州 730000

摘要: 针对药物化学课程教学存在的问题, 提出高阶能力导向进阶式研究性学习模式的教学创新。采用P-MASE研究性学习模型与进阶式教学活动设计相结合, 创建以高阶能力为导向的“案例趣研+创研活动+项目挑战”进阶式教学活动, 搭建教学场景, 融入教学内容。学生在教师指导下通过P-MASE (即引入问题Problem-寻找方法Method-科学分析Analysis-有效解决Solution-效果评价Evaluation五个环节)推进药物化学研究性学习, 完成理论构建, 同时促进提升学生科研能力和创新思维。通过分析药物化学课程达成度证实, 该模式能够有效提高课程高阶性、创新性和挑战度。

关键词: 药物化学; 高阶能力导向; 研究性学习模型; 进阶式教学活动

中图分类号: G64; O6

Exploration and Practice of Higher-Order Competency-Oriented Progressive Research Learning Model: A Case Study of a “Pharmaceutical Chemistry” Course

Wenting Guo^{1,*}, Li Zhao^{1,*}, Baodui Wang², Yan Ma¹, Zhongli Zhao¹¹ School of Chemistry and Chemical Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China.² School of Chemistry and Chemical Engineering, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China.

Abstract: In response to the issues in the teaching of the medicinal chemistry course, we propose an innovative teaching approach based on a higher-order skills-oriented advanced research-oriented learning model. By combining the P-MASE research-oriented learning model with advanced instructional activity design, we create a higher-order skills-oriented teaching activity that integrates “interesting case research + creative research activities + project challenges”, and construct a teaching scenario that incorporates the instructional content. Under the guidance of teachers, students advance their research-oriented learning in medicinal chemistry through the P-MASE framework, which involves problem identification, method exploration, scientific analysis, effective solution, and evaluation of outcomes. This approach facilitates theoretical development and enhances students’ research and innovation thinking skills. Through an analysis of the achievement of the medicinal chemistry course, it is confirmed that this model can effectively enhance the higher-order nature, innovation, and challenge of the course.

Key Words: Medicinal chemistry; Higher-order competence orientation; Research-oriented learning model; Activities of progressive teaching

收稿: 2023-06-02; 录用: 2023-06-26; 网络发表: 2023-07-19

*通讯作者, Emails: guowenting@mail.lzjtu.cn (郭文婷); zhaol@mail.lzjtu.cn (赵丽)

基金资助: 兰州交通大学 2022 年重点教改项目(JGZ202205, JGZ202203); 2023 年兰州交通大学校级课程思政示范课程(1010070957); 2022 年兰州交通大学《药物化学》校级一流课程(101025060134); 兰州大学教育教学改革研究项目(202120); 2023 甘肃省高等教育教学成果培育项目; 2022 甘肃省高等教育教学成果培育项目

1 引言

新时期我国高等教育全面推进“四新”建设,以提高人才培养质量。课程建设必须以提升学生高阶能力为核心,调动学生主观能动性,激发学生探究兴趣,促进学生有效思考,将学生学习引向高阶思维发展和高阶能力培养。

药物化学是一门连接化学与生命科学并使其融为一体的交叉学科,是关于药物发现、发展和确证,并在分子水平研究药物作用方式的一门学科^[1]。药物化学也是探究各类药物分子与生物大分子之间相互作用规律的综合性学科^[2]。药物化学课程具有较强的理论性和实践性,且内容繁多、更新快、与多学科交叉融合,教学内容涉及新药发明与发现、化学药物合成、化学药物性质、药物结构与药效关系、药物在体内化学变化过程等^[3,4]。应用化学专业学生首次接触时缺少跨专业知识背景,普遍感觉课程难度大。面对教学效果不佳的问题,课程组教师通过课前问卷调查方式发现学生学习内驱力不足、学习力不强、思辨与创新意识不够(图1)。通过常态化教学调查反馈,得出药物化学教学痛点:基础药化思维比较欠缺、高阶药化思维难以建立(图2)。

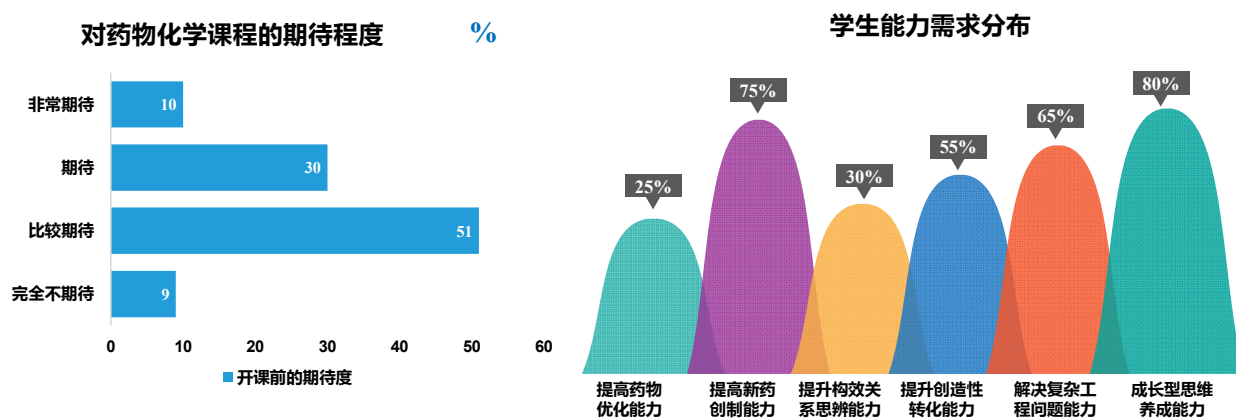


图1 课前问卷调查数据分布

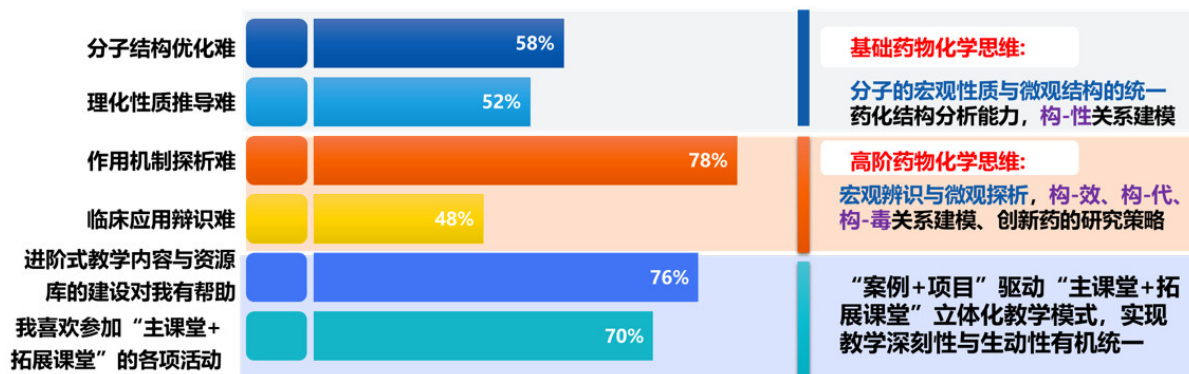


图2 常态化教学调查——药物化学的教学痛点

在“健康中国”战略背景下,教育作为支持学生面向未来的重要途径^[5],如何才能支持面向未来的学习是课程组教师需要思考的问题。课程组教师不断反思,从教学存在的痛点问题出发,结合近几年指导研究生科研工作反映出的创新性不强、研究性学习能力薄弱等情况,反馈到本科药物化学教学中^[6]。本科阶段的主要任务是知识的学习和积累,因此在药物化学课程中开展研究性学习,通过设计进阶式教学活动,可以培养学生的创新意识和科学思维^[7]。

药物化学是应用化学专业二年级专业课,也是培养学生具备药物创新研发能力的基础课程^[8]。需要学生具有跨学科整合分析能力,将创新思维和专业知识相融合,从而具备发现问题、分析并解决复杂工程问题的能力。课程创新以高阶能力为导向,需要学生具备研究性思维方式^[9]。因此,在药物化学课程教学创新中,我们开展了研究性学习(Inquiry-Based Learning, IBL)。课程教学设计以学生的知识基础与学习规律为基准,将科学研究的方法用于课程学习。构建研究性教学模式,以进阶式学习活动为载体,引导学生在学习活动中探索未知、发现问题、自主探究、寻找解决方法、开展科学分析、展示学习成果,实现“教学引导”与“学生探究”的同频共振。课程教学“以学生为中心”,充分调动学生学习的自驱力,通过小组互助,主动探索,完成知识体系自主建构。在研究性学习过程中,学生的学习状态、创新思维、问题意识、科学精神、科研方法和团队合作精神都明显提高。

药物化学课程在开展研究性学习过程中以课堂为主阵地,拓展教学时空,搭建以“案例+项目”驱动“课堂活动+课外拓展”的P-MASE (Problem-Method-Analysis-Solution-Evaluation)研究性学习模型,建立教学生态圈,推动主课堂与拓展课堂无缝对接。通过P-MASE研究性学习环节完成知识探究、能力培养、思维提升、价值塑造“四位一体”的课程目标,落实立德树人根本任务。

2 药物化学课程P-MASE模型教学实施

药物化学课程创新采用P-MASE模型(图3),该模型是由国家级教学名师张伟刚教授设计构建^[10]。药物化学课程组于2020年开始应用于课程教学实践,采用螺旋上升的P-MASE模型,教学过程也从原来“内容为王”向“活动主导”转变,通过引入问题(Problem)、寻找方法(Method)、科学分析(Analysis)、有效解决(Solution)及效果评价(Evaluation)五个环节让学生自主构建药物化学“知识体系+实践应用”^[11,12]。依据课程目标设计学习活动,遵循“学习是中心,学生是主体”理念,学习活动以问题为基点、以方法为指导、以案例为载体,以项目为牵引、以评价为动力,各环节相互关联,相互促进,实现螺旋上升的P-MASE模型。按照学生的认知能力和探究过程设计“案例趣研+创研活动+项目挑战”逐层递进的教学活动。创设情境并设定进阶目标,教学活动分步实施,实时观察学习效果,收集反馈数据,不断优化,迭代提升,教师引导与学生探索相呼应,优化师生学习共同体,促进药物化学课程教学质量的提升。

2.1 引入问题(Problem)——建立链接

抗精神病类药物是药物化学精神神经疾病治疗药中的重要内容,首先提出问题:精神病成因是什么?结合世界精神神经疾病发病人数上升数据和我国大学生心理健康评估数据,引发学生兴趣,探究此类疾病发病原因,引出专业问题“精神病成因与多巴胺紧密相关?”鼓励学生发现并提出不甚了解但感兴趣的其他专业问题,培养学生发现问题能力,启发学生的问题意识。从学生提问中筛选价值问题,建立“问题链”,将问题逻辑化,梳理思考方向,聚焦药物设计。

2.2 寻找方法(Method)——案例趣研

针对提出的问题寻找方法,明确有哪些解决问题的方法。精神分裂症病因是由于脑内多巴胺神经系統功能亢进,使脑部多巴胺过量,或者是由于多巴胺受体超敏所致,但当多巴胺太少,又会引起



图3 P-MASE研究性学习模型

帕金森病。因此,通过问题对比分析,寻找针对精神病治疗的方法:既要控制多巴胺的量,又不能过度抑制造成多巴胺缺少带来其他疾病。通过推测、类比、综合分析等辩证方法确定药物设计策略,可选择多巴胺受体阻断剂,阻断中脑-边缘系统及中脑-皮质通路的多巴胺受体,减低多巴胺功能,发挥抗精神病作用。但同时也会导致多巴胺受体被抑制之后,引起运动功能障碍,产生锥体外系的副反应。继续引导学生思考其他路径,扩充前沿药物化学知识,在确保有效性和可行性基础上,探索新的抗精神病药,减少锥体外系的副反应,灵活选择药物设计的策略。

2.3 科学分析(Analysis)——创研活动

研究抗精神病类药物的构效关系,开展科学分析。对比吩噻嗪类药物、噻吨类药物、丁酰苯类药物结构与药效、结构与代谢、结构与毒性的关系,选择思维导图或树图等可视化方法对比分析;开展小组研讨,分析评价各类代表药物优缺点,提出改造方法。一方面鼓励学生积极思考,查阅文献,拓展思维;另一方面指导学生通过小组协作,解决学习问题,汇报展示。为此,我院专业课开展小班精英化教学,每班人数不超过30人,保证学生都能参与小组学习探究。

2.4 有效解决(Solution)——项目挑战

开展项目挑战活动,借助科研方法和工具,以小组为单位,开展项目挑战,调研目前临床用于治疗精神分裂症及抑郁症的药物,设计既无镇静副作用,也无锥体外系副反应的药物。完成研究性学习过程,小组提交调研报告和设计方案,完成汇报展示及答辩。

2.5 效果评价(Evaluation)——持续改进

效果评价是衡量研究性学习成果达成度的重要环节^[13,14],课程组教师在课程大纲中规范了学业评价要求。一方面,“以学生为中心”的评价要具体化且可量化;另一方面,基于学习活动的开展学业评价,将评价作为学生学习活动环节之一,与学习活动相融合,并持续改进。对于学生,可通过参与评价活动训练自己的批判性思维;对于教师,评价活动的设计是学生达成学习目标的手段。

(1) 教学评价重过程,方式匹配教学目标。

我们创新教学评价,从标准化评判转向个性化反馈,评价目标明确,准确恰当,建立激励学生成长的多元过程性精准评价体系,覆盖学习全过程,既鼓励投入,也关心产出(图4)。

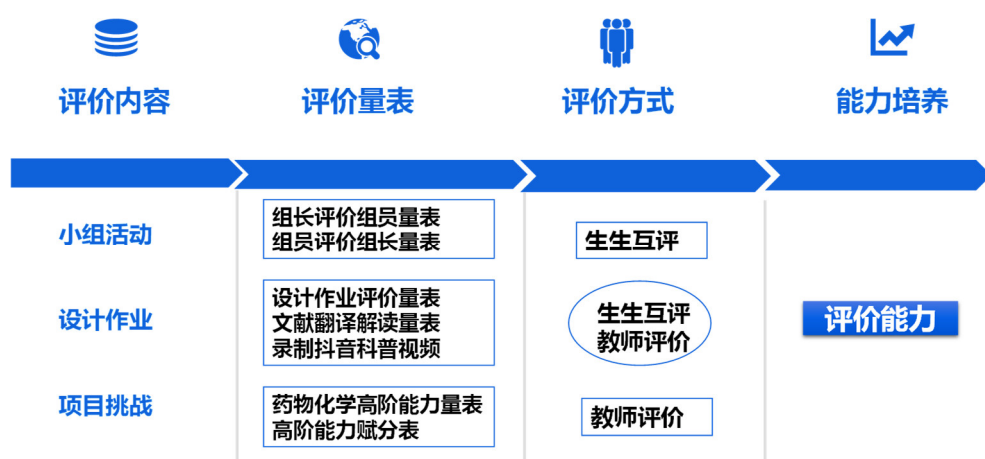


图4 多元化过程精准评价体系

创新评价活动,不同评价活动对应特定学习目标,评价内容与学习目标紧密一致,与学习活动相匹配,评价活动合理,评价结果才能可靠^[15-17]。怎么评价往往是由评价什么来决定,不同评价目标决定不同评价方式。在日常教学实践中,经常出现评价目标与评价活动错位的情况。例如在分组任务中,我们对小组合作的有效性展开评价,设计评价方法匹配学习目标,通过学生在小组讨论中的参与度,以及对小组任务的贡献值排位,通过自评与互评衡量学习目标中的集体意识与集体精神。

通过线下研讨课中,小组最后展示的药物结构优化方案或设计策略报告,可衡量团队分工合理性,而团队成员沟通的高效性则可通过课后的学生反思报告来反映。最后依据团队任务报告可衡量小组项目挑战活动中合作的整体成效。评价过程中,我们突出“以评促学”,课上使用学习积分,从完成任务转为争取表现;期末改变考试题型,从死记硬背变为分析推演;课后任务也从外在总结性评价变为内在诊断性评价,通过层级打分+平行打分方式,保证标准一致(图5、图6)。

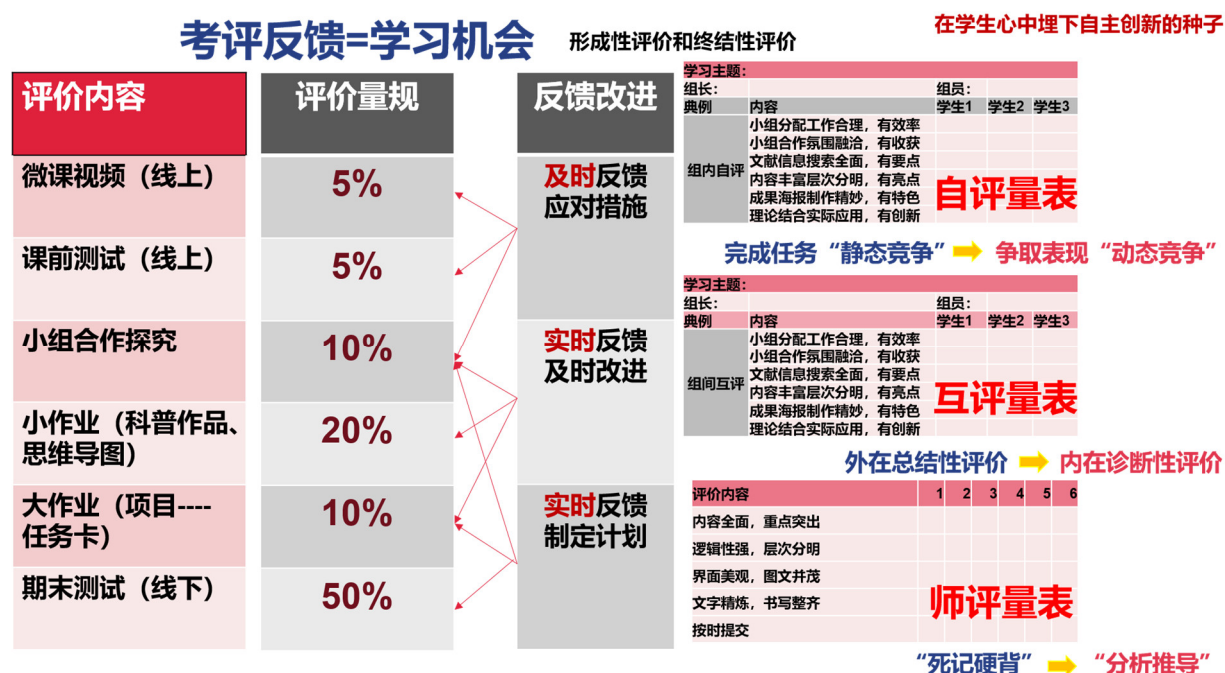


图5 创新性评价活动衡量标准

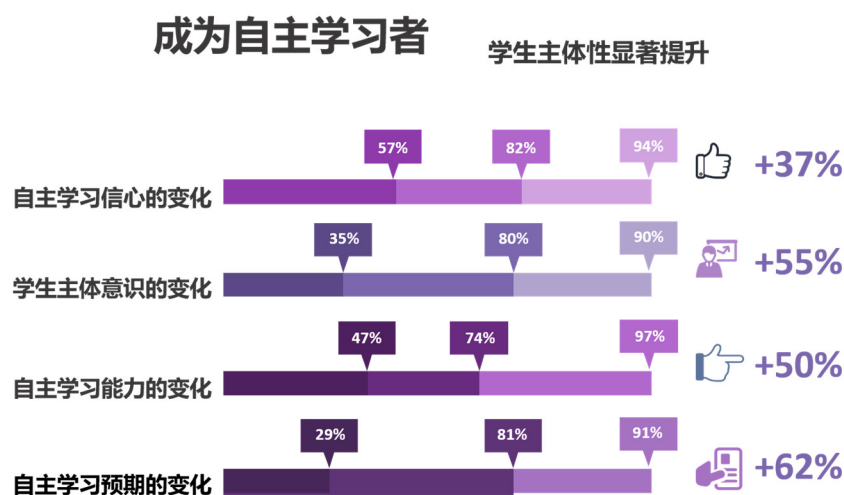


图6 创新性评价活动——学生主体性变化

将教学创新试点采集调研的数据进行分析,相比2017级学生,2018级和2019级学生在自主意识、能力和预期方面都有显著提升。我们也对近三年学生课程目标达成度开展分析,结果表明,学生解决复杂工程问题能力增强,课程目标达成度显著提升(图7),学习投入、学业产出形成良性循环。

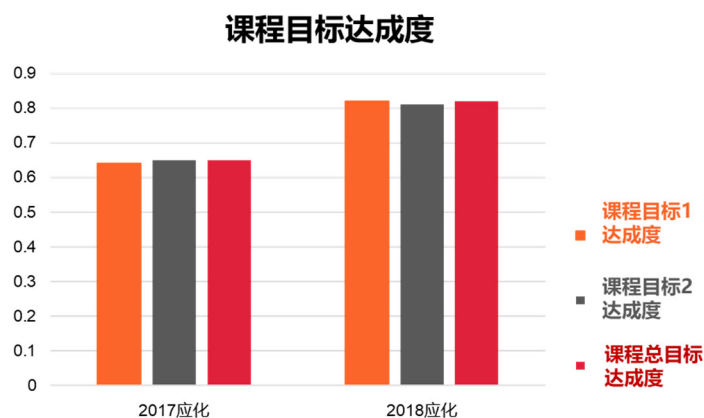


图7 课程目标达成度

(2) 积极导向评价体系。

积极导向评价体系是本课程以评促学的重要保障，将高阶思维能力作为课程过程性考核的评估核心，重点关注激发学生学习内驱力，主要采取三种创新方式：

i) 案例分析：课堂小组探究，针对提出的问题，分析药物小分子在不同环境中的有效性，从结构推导化学性质并评述。小组5分钟展示，组间评价，共享打分。

ii) 项目挑战：首先创设情境，让同学经历小组讨论，拆解任务，查阅文献，发散思维，分析推理，初步设计，调研论证，提出质疑，优化完善，最后完成项目汇报。

iii) 项目挑战颁奖礼。向在某方面有突出表现的小组颁发小奖品，对各组活动完成情况进行总结评价。优秀学生推荐参加省级以上大学生化学竞赛。鼓励学生参与开放实验室及大创项目，提升科研能力。

3 P-MASE研究性学习模型与进阶式教学活动设计相结合

药物化学课程采用P-MASE模型与进阶式教学设计相结合，课程建设以高阶能力为导向，创新思维培养为核心，创新课堂为主阵地，拓展教学时空，根据每一章内容设计“案例趣研+创研活动+项目挑战”梯度递进立体化教学活动^[18,19]。推进课程教学创新，科学方法至关重要，教学提供的不是现成知识，而是进一步研究的出发点和供这种研究使用的方法。药物化学课程教学中，我们坚持问题导向、系统观念，注重对科学方法论的学习和运用，透过现象看本质，关注教学创新整体框架和局部设计，关注学生当下状态和未来发展，把握好课程的宏观育人功能和药物设计的微观靶向方法，将世界观和方法论相互联系、有机统一。以学生团队为主体开展P-MASE研究性学习，以“案例+项目”为驱动，以发现问题为起点，以自主探究为基础，以科研方法为指导，以药物构效关系为研究主线，以解决问题为目的，总结规律，提高辩证思维能力，实现对学生创新思维及能力培养。

课程组分析药物化学课程支撑的毕业要求指标点，走进学生，了解学情，服务人才培养方案。在“以学生为中心”理念下，以“案例趣研+创研活动+项目挑战”为载体，开展P-MASE研究性学习。学生被赋予设计高阶能力导向的学习活动，强化创新思维能力培养，建立教学生态圈，推动学习活动更新迭代。

针对学生基础药化思维欠缺，高阶药化思维难以建立的痛点问题^[20]，主课堂设计了20个教学活动，由轻到重、由易到难，分为“案例趣研-创研活动-项目挑战”3个层次的进阶任务。按照任务量、难度值以及能力培养逻辑组织教学环节(图8-图10)，将创新实践能力培养嵌入课堂教学活动，贯穿理论课程教学。设计环环相扣、层层递进的学习活动，更好地满足学生学习和成长需求。通过学习活动，让学生在活动中提出问题、思考问题，提高对问题的分析认知水平，经过深度思考和实践，学会解决问题的方法和思路，培养学生高阶能力和创新思维。

3.1 案例趣研——理论联系实际，案例贴近生活

课上案例分析+研讨+感悟，如讲授“镇静催眠药”时，引入“迈克尔·杰克逊临终前服用超量镇静催眠药”案例，学生提出问题：“镇静催眠药为什么会死亡？其长效和短效是如何划分的？”“这些药物结构都一样吗？有哪些性质？”“镇静催眠药治疗失眠应当如何正确使用？”“镇静催眠药不良反应有哪些？”教学过程还可由学生来讲述自己生活中的案例，并且发现问题、分析问题、解决问题。教学活动结束前给出侦察案例“假设你是一名药学信息中心工作人员，协助警察完成以下工作：在一起案件中对死者尸体进行采集，发现血样中有苯并二氮卓类镇静催眠药，并在血液检测出三种物质，请帮助警察，分析死者在死前曾服用什么药？”通过药物代谢过程完成案例分析，谈分析感悟。整个教学活动由案例引入，由案例结束，通过提出问题、分析总结、层层推进，抽象出解决问题的一般性方法，学生在案例趣研中逐渐养成主动探索知识的学习习惯，在分析研讨中引发思考，谈分析感悟，锻炼学生的协作、决策、表达能力，激发学生的创造思维。

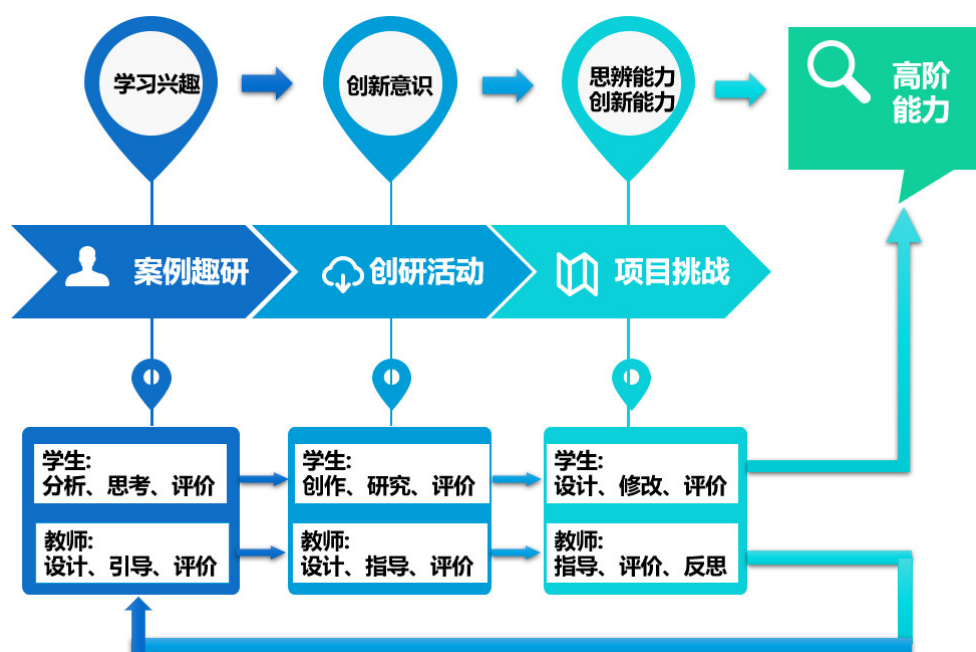


图8 药物化学课程活动分布

药物化学课程活动量级图

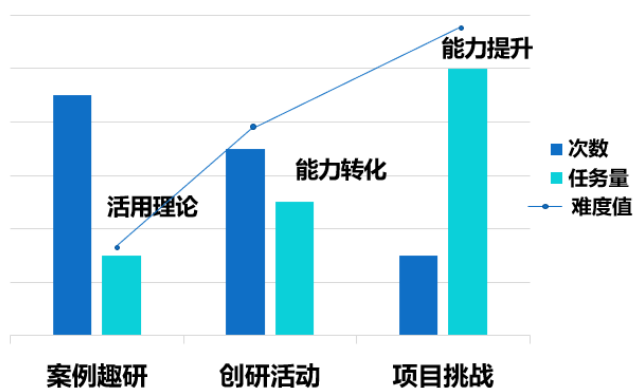


图9 药物化学课程活动量级图

周次	活动名称	类型	内容
1	抗菌药发现之旅	案例趣研	讲述一个抗菌药的发现故事, 录制视频, 上传网络平台小视频
2	药物起源——从疫苗到神奇子弹	案例趣研	结合经典药物和前沿新药的研发历程, 绘制思维导图
3	百浪多息——抗菌药物的里程碑	创业活动	代谢拮抗理论对新药研发的启示
4	青霉素——仅次于原子弹的发现	案例趣研	讨论霉素发现到应用的曲折过程
5	链霉素——诺贝尔奖的归属	案例趣研	法律认可与诺奖惯例背后的故事
6	情景剧——抗菌药作用百事通	创研活动	小组合作, 拍摄情景剧
7	攻破壁垒——作用于细胞壁/膜	案例趣研	讨论: 有人说头孢三、四代比一、二代新且贵, 因此更好, 对吗? 为什么? 磺胺类+磺胺增效剂
8	切断粮草——抑制蛋白质合成	案例趣研	对比总结氨基糖苷类、大环内酯类、四环素类、氯霉素等经典药物结构——活性——作用机制
9	釜底抽薪——影响核酸或叶酸代谢	创业活动	以“磺胺类+磺胺增效剂”理解协同抗菌机制, 磺胺类+磺胺增效剂
10	情景剧——用好双刃剑	创业活动	小组合作, 拍摄情景剧
11	割手的刀——常见不良反应	创业活动	药物作用靶点的选择性, 探索药物化学结构、活性和作用靶点在新药创制中的应用,
12	走火的枪——特殊不良反应	案例趣研	从戒酒药双硫仑与“双硫仑样反应”, 思考治疗药物与致病药物
13	达摩斯之剑——不良反应防治	创业活动	从化学原理角度理解药物相互作用, 联合用药一定会加重药物不良反应吗?
14	迈克杰克逊之死	案例趣研	药和毒药——剂量差距
15	帕金森治疗药物——突破血脑屏障之难	创业活动	左旋多巴与卡比多巴的天作之合
16	阿尔茨海默病的早期检测药物	项目挑战	设计双光子响应的探针分子, 精准检测阿尔茨海默病大脑中过量存在的金属离子和活性氧
18	β_3 受体激动剂——研发新型药物治疗糖尿病和肥胖症	项目挑战	在保证安全性的前提下, 利用结构调控设计选择性作用于 β_3 受体激动剂的减肥药物
19	“没有突然发生的肿瘤, 只有突然发现的肿瘤”——肿瘤微环境的早期检测	项目挑战	基于肿瘤微环境, 设计检测诊疗一体化平台, 近红外探针分子, 精准检测
20	“新冠之袭”——抗病毒药物研制之难	项目挑战	由于病毒在宿主细胞内复制, 且结构简单, 靶点少, 易变异, 如何开发既能影响病毒又不会伤害宿主的药物? 以新冠病毒为例, 如何通过干扰病毒生命周期的某个阶段来抑制病毒复制?

图10 药物化学课程活动具体分布

3.2 创研活动——坚持问题导向, 深化教学过程

创研活动是能力转化的关键环节^[21], 设计初衷在于解决学生浅思考、难研究的问题(图11)。教学过程以“冲突”驱动学生自主探究: 一是突出问题意识, 将问题而非结论作为药物化学学习起点, 反思经典药物发现实例, 增强教学针对性, 提升学习实效性; 二是突出重点意识, 通过结构优化把握主要矛盾, 聚焦药物治疗作用与毒副作用, 从解决经典药物“结构-活性”问题着手, 延伸到前沿

新药的设计策略；三是突出逻辑意识，以环环相扣的“问题链”引导学生，探索药物“构-性→构-效→构-代→构-毒”关系。

课外小组合作拍摄情景剧，使学生从创作者角度体验创研转化过程，点燃学生兴趣，激活学生思维，培养创新意识与能力，并引入小组竞争，让小组学习活动摆脱安逸，不断提高自我认知。

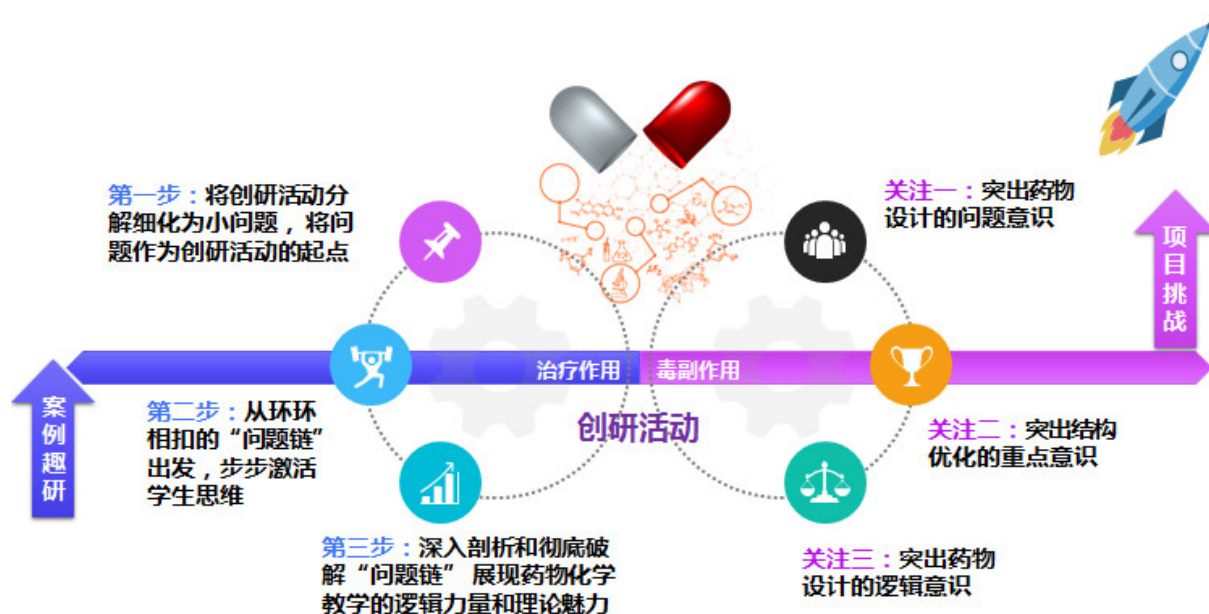


图11 创研活动的枢纽环节

3.3 项目挑战——渗透专业思想，反映学科前沿

以项目引领课程，引入真实场景，通过案例引导学生发现科学问题，小组合作探索问题解决路径，药物化学课程教学生态圈给予支持，在校内外导师帮助下，小组学生逐步分析和解决问题，项目挑战过程深度融合新药研发与创新理念。例如，我们已经学习了肾上腺素能药物，激动 β_3 受体可以分解脂肪，兴奋心脏，开开心心去减肥，但始终没有代表药物上市？设置任务卡，例如许亮同学的任务卡，在保证安全性前提下，利用结构调控，设计选择性作用于 β_3 受体的减肥药物。为了解决这个问题，小组需要在六周时间里完成四个节点任务，最后进行汇报，这是很有挑战性的。他们首先需要分析问题，掌握工具，在课堂上和小组成员进行交流讨论，了解不同靶点的作用机制，我们还让同学们有机会接触来自社会的真实声音，最后进行讨论、设计、筛选、决策、汇报。图12是许亮小组的研究框架和项目执行各个阶段的内容。项目挑战将学习变为主动过程，将学习过程置于项目挑战环境中，让学生自己构建知识，在交互体验中内化知识，从分析问题入手到解决问题，学生在解决有意义、开放性及具有挑战性的项目任务中，实现有效学习，在完成任务过程中高阶能力自然生成，全面提升药物研究的创新与思辨能力。

4 结语

教学改革与创新探索是一项复杂的系统工程，也是任重而道远的工作，课程组在教学实践中采用P-MASE研究性学习模型与进阶式教学设计相结合，将“项目+案例”融入教学，并通过P-MASE研究性学习模型提高学习效果和教学质量，完成从“教为中心”到“学为中心”的转变。药物化学课程创新实践效果表明，该方法能够明显提升课程教学效果，关注学生个体差异，引发学生好奇心，激发学生提出问题，培养学生自主探究意识，提高学生学习自驱力，促进学生创新思维形成。在最终实现了从“学会知识”到“具备能力”的转变。



图12 项目挑战过程

参 考 文 献

- [1] 郭君, 杨孝辉. 现代盐化工, **2020**, 47 (6), 138.
- [2] 高源, 刘新泳, 展鹏. 大学化学, **2022**, 37 (11), 2201045.
- [3] 郭宗儒. 药物化学总论. 第4版. 北京: 科学出版社, 2019.
- [4] 郭宗儒. 药物设计策略. 北京: 科学出版社, 2012.
- [5] 杨侃, 宋亚丽, 李婉. 广东化工, **2022**, 49 (11), 237.
- [6] 徐淑静, 丁当, 刘新泳, 展鹏. 药学报, **2022**, 57 (10), 2889.
- [7] 展鹏, 徐淑静, 刘新泳. 药学教育, **2022**, 38 (4), 49.
- [8] 张艳春, 李家明, 孟庆全. 成都中医药大学学报(教育科学版), **2022**, 24 (1), 62.
- [9] 刘卓. 高教探索, **2019**, No. 2, 134.
- [10] 高裴裴, 张伟刚, 赵宏. 计算机教育, **2022**, No. 11, 108.
- [11] 韩杰, 张伟刚. 高等理科教育, **2023**, No. 1, 63.
- [12] 张伟刚, 严铁毅, 张严听. 素质教育: 让未来更美好. 大学素质教育研究分会2020年年会暨第九届大学素质教育高层论坛, 洛阳, 2020.
- [13] 包水梅, 陈嘉诚. 高校教育管理, **2022**, 16 (5), 40.
- [14] 郑超. 大学化学, **2020**, 35 (3), 21.
- [15] 熊庆旭. 中国大学教学, **2021**, No. 8, 73.
- [16] 李万梅, 欧阳娅妮, 章鹏飞. 化学教育(中英文), **2021**, 42 (22), 81.
- [17] 崔运梅, 陆瑞利, 王莉, 宋春霞. 大学化学, **2022**, 37 (8), 2112072.
- [18] 刘刚. 药物化学及药物研发案例. 北京: 清华大学出版社, 2022.
- [19] 尤启冬, 郭宗儒. 高等药物化学——创新药物研究原理与案例. 北京: 人民卫生出版社, 2021.
- [20] 宿艳, 张永策, 潘玉珍, 杨成, 王雪, 黎原, 姜文凤. 大学化学, **2021**, 36 (9), 2102032.
- [21] 展鹏, 蒋小飞, 王艺铭, 兰共德, 刘新泳. 大学化学, **2019**, 34 (11), 61.