

·教育与教学·

基于能力递升的高分子物理教学模式实践

史少伟 孙晓丽 李韦伟 田国峰 齐胜利 张 晨*

(北京化工大学材料科学与工程学院 北京 100029)

摘要: 正确理解与处理知识学习与全面发展的关系,积极开展教育教学改革创新,全面提升教育教学质量,是高等学校课程教学改革的重要切入点。北京化工大学“高分子物理”课程团队遵循“记忆、理解、应用、分析、评价、创新”的能力递升培养思路,以课程内容的知识点为载体,采用线上线下混合方式,强化学生自主构建知识体系的能力培养,实践了基于能力递升的“构建知识图谱—分析科研案例—解决实际问题”的教学模式。该教学模式以高分子物理知识学习为载体,有效支撑学生知识、能力、素养的全面发展,提高了高分子材料与工程专业学生的培养质量。

关键词: 高分子物理; 一流课程; 教学模式; 全面发展; 布鲁姆教育目标

Exploration of Progressive Competency-based Teaching Model in Polymer Physics

SHI Shao-wei, SUN Xiao-li, LI Wei-wei, TIAN Guo-feng, QI Sheng-li, ZHANG Chen*

(College of Materials Science and Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029)

Abstract: The understanding and balancing the relationship between knowledge acquisition and holistic development constitute critical entry points for promoting innovation in educational teaching methodologies, and comprehensively enhancing the quality of education and teaching in higher education. The “Polymer Physics” course teaching team at Beijing University of Chemical Technology adopted a progressive competency-building approach according to the educational objectives of memory, comprehension, application, analysis, evaluation, and innovation. Based on course knowledges, the team strengthened students’ ability to independently construct knowledge systems by the integration of online and offline hybrid teaching methods, and then a progressive competency-based teaching model that involves “building knowledge maps—analyzing research cases—solving practical problems” was explored. Depended on the study of polymer physics knowledge, the holistic development of students’ knowledge, competencies, and literacy was achieved. Therefore, the quality of education for students majoring in polymer materials and engineering was improved.

Keywords: Polymer physics; First-class course; Teaching model; Holistic development; Bloom’s educational objectives

引用: 史少伟, 孙晓丽, 李韦伟, 田国峰, 齐胜利, 张晨. 基于能力递升的高分子物理教学模式实践. 高分子通报, 2026, 39(5), 808–814.

高分子物理教育与教学专题; 2026-01-24 收稿, 2026-02-25 录用, 2026-03-18 网络出版

基金项目: 2024 年北京高等教育本科教学改革创新项目, 北京化工大学 2023 年本科教育教学改革研究项目(项目号 2023BHDJGZ02)

* 通信联系人: 张晨, E-mail: zhangch@mail.buct.edu.cn

doi: 10.14028/j.cnki.1003-3726.2026.25.346

Citation: Shi, S. W.; Sun, X. L.; Li, W. W.; Tian, G. F.; Qi, S. L.; Zhang, C. Exploration of progressive competency-based teaching model in polymer physics. *Polym. Bull.* (in Chinese), **2026**, 39(5), 808–814.

习近平总书记在《加快建设教育强国》一文中系统阐释了教育强国的科学内涵和基本路径,深刻阐述了教育强国建设要正确处理好5个重大关系^[1]。其中,准确把握知识学习和全面发展的关系,对培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人,推动教育强国建设意义重大。知识学习是学生的本职,通过学习增长见识、丰富学识,掌握事物发展规律;而全面发展则是在知识学习的基础上,进一步培养学生的综合素质和能力,旨在实现德智体美劳全面发展。正确理解与处理知识学习与全面发展的关系,不断开展教育教学改革创新,全面提升教育教学质量,是高等学校专业课程体系设置与课程教学改革的重要切入点^[2]。

在以往的专业课程教学实践中,部分教师存在认知偏差,将知识学习片面等同于知识点识记与应试考点训练。教学过程中过度聚焦零散知识点的灌输式讲解,既窄化了知识的广度与深度,又简化了知识建构的完整逻辑;同时依赖“大量刷题”的训练模式,强化学生对所谓“重点考点”的机械记忆。这种教学模式最终导致学生“学完即忘、考后即丢”,在后续深造学习或职业岗位实践中,往往暴露出基础不扎实、知识迁移与应用能力不足的问题^[3]。党的十八大以来,教育综合改革不断深入,知识、能力、素养三位一体的教学理念得到了越来越多的实践与强化。但是,随着对学生的能力、素养培养的重视与加强,尤其是随着人工智能技术的突破性进展,逐渐又出现了一种认为目前在线学习资源丰富、人工智能可以

提供知识图谱、个性辅导等知识学习服务,教师在课堂上可以忽略知识传授的狭隘理解,甚至出现了一些以“课堂反转”“能力培养”为名的“水课”。因此,在高等学校的专业课程教学一线,亟需我们坚持立德树人根本任务,通过更新教学理念、丰富教学内容、优化教学方式、完善课程评价,积极促进知识学习和全面发展同向共生^[4,5]。

北京化工大学“高分子物理”课程团队在多年的教学实践中,历经从“讲清基本概念”(重知识)、到“展示知识应用”(重能力)、再到“融知识于能力”(平衡知识与能力)的教学理念迭代,逐渐领会了对知识学习与全面发展关系的科学认识。总结教学过程中的经验与教训,我们认识到知识学习是能力建构的基础。专业知识的内在逻辑与关联,是训练高阶应用与创新能力的的重要途径。没有扎实的知识载体,所谓能力养成便易流于空泛。为此,我们按照教育目标的“记忆、理解、应用、分析、评价”的能力递升培养思路^[6],着重通过线上自学结合重点串讲的模式帮助学生自行构建知识图谱,厘清高分子物理基本概念的内涵与关联。在此基础上,再引导学生运用高分子物理的基本知识分析科研案例的研究思路与结果,培养学生的科学思维;并通过课程实训进行高分子的结构设计与分析,培养学生的创新能力。通过培养学生“构建知识图谱—分析科研案例—解决实际问题”的能力递升的教学模式(如图1所示),探索实践了融合知识学习与全面发展的“高分子物理”课程教学改革,努力提升课程教学质量。

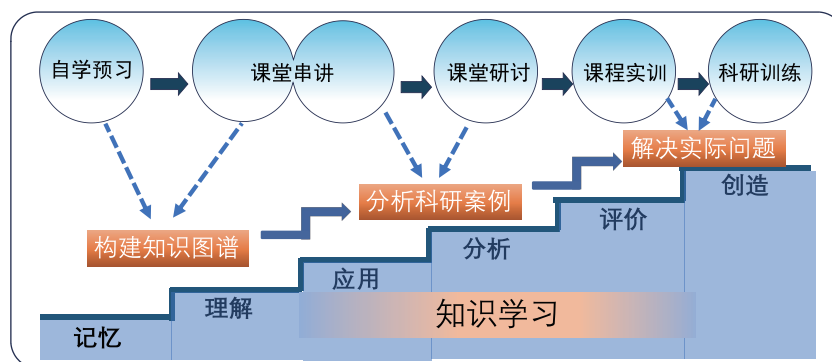


图1 基于布鲁姆教育目标的递进式教学模式

Figure 1 Progressive teaching model based on Bloom's taxonomy of educational objectives

1 课程简介

高分子物理是研究高分子的结构、运动、性能及其相互关系的学科,在材料科学中占有十分重要的地位^[7]。“高分子物理”课程内容建立在“有机化学”“物理化学”“高分子化学”等课程的基础之上,同时又是“高分子材料”“高分子成型加工”“功能高分子”等课程的基础,具有承上启下的桥梁与支撑作用。“高分子物理”是材料科学与工程专业的核心专业基础课程,是培养具有设计、分析、评价材料结构与性能、解决材料科学与工程相关领域复杂工程问题的能力的高素质专业人才的重要课程载体^[8]。

材料科学与工程是北京化工大学的优势学科,在国内外都具有较高的知名度与影响力。我校从1962年开始独立开设“高分子物理”课程,经过金日光、华幼卿、励杭泉等几代课程负责人的努力,课程建设和改革成果丰硕。1977年我校制订的高分子物理教学大纲在化工部属院校中执行。1991年我校起草的高分子物理教学基本要求在全国工科院校执行。课程教学改革的建设成果曾于1991年获得国家教育教学成果二等奖。课程在2004年被评为国家级精品课程,2016年被评为国家级精品资源共享课程,2020年入选首批国家级线下一流课程。

2 课程教学痛点分析

在课程内容方面,“高分子物理”课程融合了物理、有机化学、物理化学、高分子化学、流变学、材料力学等若干学科的知识,涉及的高分子材料具有结构从埃尺度横跨到微米尺度的多层次特点,内容涉及的知识点繁杂且抽象,并且高分子物理学科还在持续发展中,部分概念的内涵和适用范围还在不断更新发展中。作为专业人才培养体系中入门阶段的核心专业基础课,高分子物理的授课对象对高分子材料的认知储备相对薄弱。在此前提下的课程学习过程中,学生不仅需要理解大量抽象的专业概念,还要尝试运用这些知识分析实际问题,这给教师的教和学生的学都带来了很大的挑战。

在教学方法方面,传统的高分子物理课堂教学多以基于“PPT+板书”的教师讲解为主。教师

以将理论知识详细讲解清楚,让学生理解抽象的专业术语为主要教学目标。受限于有限的课堂学时,对学生运用专业知识分析、解决材料科学与工程领域复杂问题的能力培养难以有效开展^[9]。但是另一方面,我们也发现如果在课堂授课中侧重进行案例分析或学科前沿发展介绍,又会由于学生缺乏基本的专业基础知识而导致学生并不能深刻理解专业知识与实际问题的关联,教学质量提高的实效并不明显,甚至反而降低了学生的知识掌握程度。

在学习的考核评价方面,高分子物理的学习评价一般以卷面考试为主,试题设计大多以考查学生对专业知识的掌握为主,一定程度上导致学生在考前通过死记硬背也能够得到不错的成绩,依然可能存在“考完就忘”的问题。同时也让教师难以全面、客观地衡量学生的学习效果与课程目标达成情况,影响了教学质量的持续改进提高。

3 课程教学改革举措

在新科技革命推动下,知识呈几何级数增长、查阅检索越来越方便,大数据、人工智能、元宇宙更是风起云涌。身处知识爆炸、信息迭代的时代,知识学习不仅是“知识获取”,更是学生认知发展、智慧建构、素养培育的基石,是全面发展的基础和基本途径。北京化工大学“高分子物理”课程团队基于将“知识学习”从“知道是什么”即学习“事实性知识”,转为强化专业知识的理解、思辨、整合、转化,帮助学生掌握“概念性知识”“元认知”,使之内化为完整系统的知识体系。课程团队从重构知识框架,强化内容逻辑,夯实学生知识根基;线上线下分层教学,兼顾基础知识巩固与知识应用;发挥教师科研专长,培养学生科研思维;完善过程性评价机制,聚焦能力考查这4个方面开展改革实践,努力在强化专业基础知识的同时提高学生的高阶逻辑思维、批判性思考和思辨精神、问题解决和实践能力。

3.1 教学资源

重构知识体系,强化课程内容的逻辑关联,助力学生自我构建知识图谱,夯实学生的知识理解能力。基于我校编写出版的《高分子物理》教材,将课程定位于“聚合物结构、演化与运动规律”^[10]。重构的教学内容提供了可以演绎出广泛适用的聚合物结构演化规律与运动规律的系统理

论基础。我们在课堂教学中重点加强以结构特点或运动特点为核心将各章节知识点进行连接, 强化底层逻辑, 构建第一性原理, 帮助学生能够用推理的方式自我构建知识体系, 把课堂变为知识建构的共同体。例如: 以高分子链的线团结构作为“元认知”, 将高分子的链构象、柔性、理想链模型、熵弹性(橡胶弹性)、溶液等章节进行串联, 既帮助学生能够将抽象、庞杂的知识点整合起来, 同时也为后续学习玻璃化转变、黏弹性等分子链运动的相关内容奠定了扎实的结构基础。“高分子物理”智慧课程的知识图谱以及学生在每章学习完成后自行构建的思维导图如图2所示。目前, 我校高分子物理在高等教育出版社的数字教材正在建设中, 未来能够为学生的学习提供更加精准、全面的知识支撑。

3.2 教学模式

依托丰富学习资源, 以线上重基础知识、线下重知识深度及应用的的教学模式, 平衡知识学习与全面发展。以自编教材、中国大学慕课平台、雨课堂等自建优质教学资源为支撑, 课程团队依托自编教材的知识框架与逻辑体系, 制作了“学生用课件”梳理重点知识并辅以文字讲解, 引导学生在课前就自主完成对高分子物理基本知识点的初步了解。同时通过课前发布章节思考题、课堂讨论题, 推动学生以小组形式围绕主题展开研讨, 如围绕晶态结构设置的“分析对比3种晶态结构模型的异同”“分析晶片厚度的影响因素”等问题, 强化学生对概念性知识的基础认知, 并适度加深理解。并且在课堂上通过随机点名回答、雨课堂实时考查等方式检验学习效果, 推动知识转化与输出。这些课前学习既培养了学生的自学能力, 又为教师开展深度研讨、拓宽专业前沿的

课中教学提供了坚实的知识基础。

在课中教学中, 基于学生的预习成果, 适当舍弃“全盘掌握知识”的固有思维, 不再追求细致的讲解, 而是结合高分子物理的课程特点, 强化“通过假设、建模、计算推导(实验)、检验与修正等迭代性的循环过程形成科学理论”的物理学研究方法, 积极实践“在研究中学习, 在学习研究中”的教学理念。结合现代化的教学手段, 引入“翻转课堂”、与实验室结合的“混合课堂”等新的模式, 让课堂成为学生自行构造知识体系的场所。从实际问题(现象)引出, 通过理想链模型、混合热力学、橡胶弹性状态方程、玻璃化转变理论等系列高分子物理基本理论的建立, 引导学生深入理解这些理论的建立过程、适用范围、应用价值、局限性、以及发展前沿等。在这种教学模式下, 学生不再是知识的被动接受者, 而是能够主动构建知识体系、深刻理解理论内涵与外延、并了解学科前沿的自主探究者, 实现了从学习知识到运用知识开展分析、应用、评价等能力的培养与提升。

在课后, 再次利用中国大学慕课平台、雨课堂等数字化教学平台的在线章节习题与测试题, 巩固学生的知识体系, 并在纸质作业中加强学生对问题分析、解决能力的训练, 同时引导学生追踪学科发展前沿。

通过构建起“课前引导—课堂研讨—课后巩固—拓展探索”的良性循环(如图3所示), 确保学生的知识掌握与能力发展得以持续深化。

3.3 师资队伍

打造精师团队, 以自身科研成果引领学生体验课程知识与学科前沿之间的生动循环, 培养学生创新思维与创新能力。课程团队目前包括教师11人, 全部由具有博士学位与正高级职称的教师

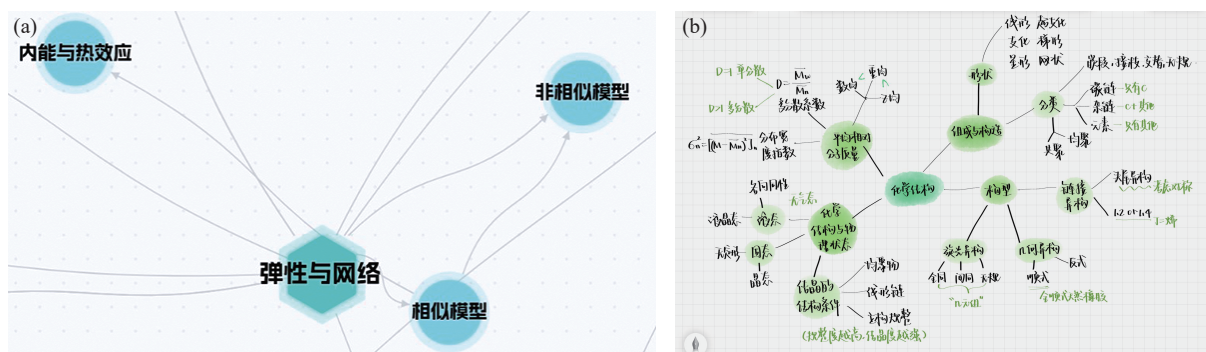


图2 (a)高分子物理智慧课程知识图谱示例;(b)学生自行构建的思维导图示例

Figure 2 (a) Knowledge graph of the smart course of polymer physics; (b) Mind map constructed by students

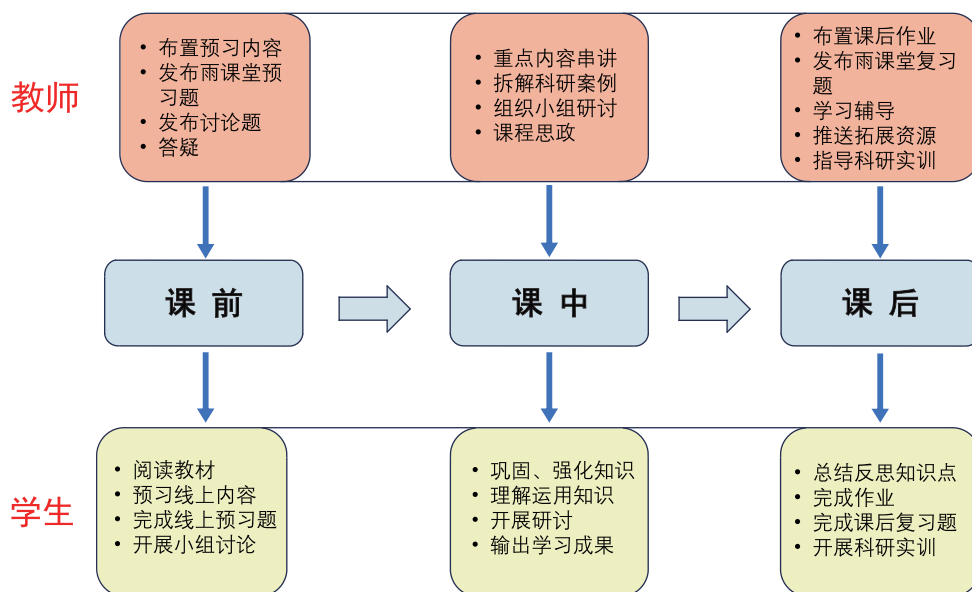


图3 高分子物理的线上线下教学实践路径

Figure 3 Online-offline teaching practice path of polymer physics

组成, 团队教师中6人入选国家级青年人才项目, 在界面组装、聚合物晶态结构、有机太阳能电池等方面具有出色的科研成果。与此同时, 团队也加强对授课教师的教学培训, 坚持了集体备课与新课教师的“传帮带”的制度。支持并鼓励青

年教师开展教学改革与创新, 不断提升教学水平。

团队教师在教学过程中充分发挥自身的科研优势, 及时将学术研究、科技发展前沿成果引入课程。图4展示了科研成果融入课程教学内容的典型案例, 其中就包含了孙晓丽教授在聚合物晶

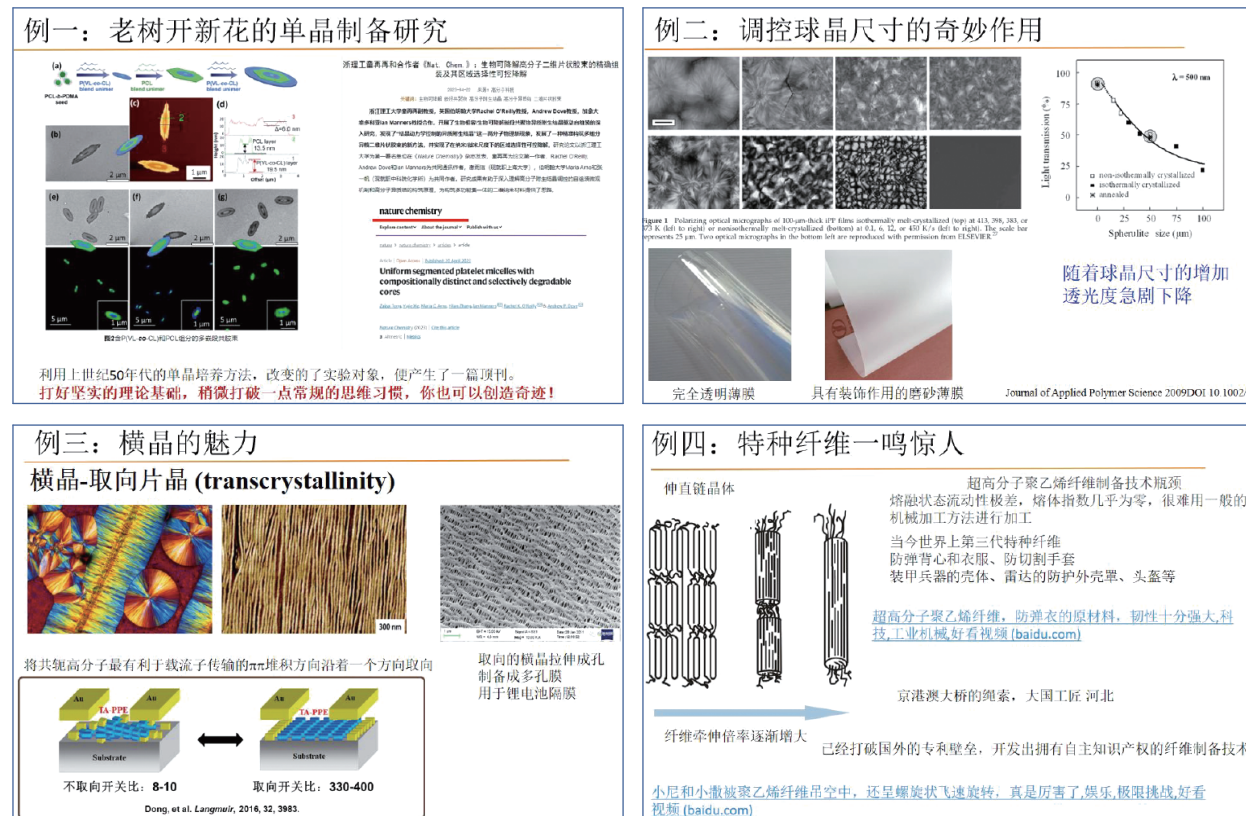


图4 教师的科研成果与教学结合的实例

Figure 4 Examples of integrating teachers' research achievements into teaching

态结构调控及应用领域的代表性研究成果。以提升学生知识应用能力与科研思维为目标, 我们还将教师的科研成果原始数据转化为作业素材, 要求学生查阅文献以及结合自身所学, 对数据结果进行分析与总结。同时, 以教师科研工作服务行业高质量发展、支撑国家战略需求的实际成果为载体, 深化学生对学科使命的认知, 着力培养其胸怀家国、赋能行业的责任担当意识。

多年来, 课程团队已形成了以学科前沿为导向, 以科研实证为资源, 以科学思维为线索, 融教书育人于课堂之中的教学理念。通过在课堂内、外引领学生体验课程知识与学科前沿之间的生动循环, 进一步培养学生创新思维与创新能力。

3.4 学习评价

建立客观、全面的课程评价体系, 强化过程评价与实际问题能力的考查, 引导学生全面发展。为了达成知识、能力、素养三位一体的课程目标, 实现对学生基于知识理解基础上运用知识能力的客观、全面的评价, 我们对考核方式与内容进行了优化, 核心在于强化过程评价与突出实际问题能力的考查。首先将学生的预习、课堂表现、课后作业等全部纳入平时成绩。利用线上平台实时、高效的特点, 通过雨课堂练习、慕课测验等考查学生对专业知识的基本认知; 通过课堂上讨论题的总结发言考察学生对知识的整合、转化能力; 通过书面作业考察学生综合运用知识分析、解决问题的能力, 实现了对学生学习成效的持续追踪与多维反馈。课程还设置了多个主题的课程实训, 引导学生运用所学高分子材料的结构与性能关系的相关知识, 经历方案设计、数据

采集、分析结论的完整过程, 从而有效评估其高阶思维与创新实践能力(如图5所示)。最后, 在试卷考核内容上, 着力减少对孤立知识点和机械记忆的考查, 转而设计更多开放性的、贴近科研与工程实际的案例性问题, 结合最新的科学发展前沿, 给出一些与高分子物理知识点相关的科学研究类题目, 让学生提出自己的解决方案。通过评价体系的优化, 引导学生从“学会知识”向“会学知识”转变, 从“分数至上”向“创新为王”转变, 促进学生更加注重知识的内化、能力的迁移与综合素养的全面提升, 真正实现知识、能力、素质的协调发展。

4 课程教学改革成效

经过近几年的教学改革实践, 不仅让课程教学更具高阶性与实效性, 更实现了“知识传授—能力培养—价值引领”的有机统一。这种教学质量的稳步提升, 既直观体现在学生的课堂参与度、学习满意度等评价反馈中, 也反向驱动着教师队伍在教学理念更新、教学方法创新及科教融合能力提升等方面实现长足发展。

学生对新的教学模式给予了充分的肯定, 教学效果得到了学生的高度认可。学生对教师的课程教学评价效果全部为优良。学生代表性评价如下: “上完几节高物课再去接触科研实训, 就会感觉到对自己所学的专业又有了新的认识。学习这样一门专业课并把它用到实际的科研问题中让我觉得乐在其中”; “我感到对自己所学的专业有了更深入的认识, 对于高分子的各种概念的内涵、各种性质的测量和表征方法、各种现象其背后蕴



图5 “高分子物理”课程实训的主题与实景

Figure 5 Themes and pictures of practical training in “Polymer Physics” course

含的物理规律和原理有了更丰富的思考。对于这一理想效果的达成,无论是教学形式还是讲解方法都功不可没”。近几年来学生的成绩稳步提升,其中高分子材料精英班的保研率连续2年达到了70%以上。

课程团队教师的教学水平也在持续提升。李韦伟等^[11,12]先后以教学中对自由体积理论的解析以及教学对科研的促进为主题发表2篇教改论文^[11,12]。史少伟获评北京市青年教师基本功比赛二等奖、北京化工大学青年教学名师、优秀青年主讲教师等荣誉。孙晓丽获评北京化工大学第四届教师教学能力创新大赛一等奖。

从知识体系重构到混合教学模式创新,从科教融合深化到多元评价体系落地,本轮改革全方位提升了课程教学质量与人才培养实效。“以强基础高能力优素质为目标的高分子物理一流课程建设改革与实践”课程建设成果获评校级本科教育教学成果二等奖。

5 结语

北京化工大学“高分子物理”课程改革以布鲁姆教育目标分类学为理论指引,构建了“构建知识图谱—分析科研案例—解决实际问题”的递进式教学模式。这一模式有效贯通了“记忆”到“创新”的能力阶梯,不仅使学生扎实掌握了高分子物理的知识体系,更在分析、评价与创新的高阶思维训练中,实现了科学素养与创新能力的同步提升。实践证明,正确处理好知识传授与能力培养的关系,是深化专业课程教学改革、提升育人质量的有效路径。未来,课程团队将继续坚持“以

学生发展为中心”的理念,持续深化教学创新,将知识学习有机融入学生全面发展的全过程,为培养新时代高素质创新人才奠定坚实的专业基础。

参考文献

- 1 习近平.加快建设教育强国.求是,2025,(11),4-9.
- 2 项贤明.论知识学习与全面发展的辩证关系.人民教育,2024,(19),19-22.
- 3 陈佑清,蔡其全.关于知识学习对于学生发展作用的三种误解.华中师范大学学报(人文社会科学版),2021,60(3),153-160.
- 4 周光礼.论教育强国建设中知识学习和全面发展的关系.现代大学教育,2026,42(1),1-7.
- 5 王斌伟.深刻把握知识学习和全面发展的关系.中国高等教育,2024,(20),10-15.
- 6 孙晶,毛伟伟,李冲.工程科技人才核心能力的解构与培育:基于布鲁姆教育目标分类视角.高等工程教育研究,2019,(5),97-102.
- 7 杨玉良,张红东.漫谈高分子物理学的源起和发展.高分子学报,2020,51(1),87-90.
- 8 李振华,沈雷.“科教深度融合”的高分子物理教学探索与实践.高分子通报,2023,36(12),1740-1744.
- 9 沙野,赵呈孝,曹绪芝,雷文,罗振扬.基于工程教育认证的专业核心课程复杂工程问题案例式教学模式探究:以《高分子物理》为例.高分子通报,2023,36(4),529-534.
- 10 励杭泉,武德珍,张晨.高分子物理.第2版.北京:中国轻工业出版社,2020.
- 11 肖承义,孙晓丽,张晨,李韦伟.深入剖析高分子物理中自由体积的科学内涵、测试方法及其应用.大学化学,2025,40(4),33-45.
- 12 李韦伟.高分子物理教学与共轭高分子前沿研究的融合探索.高分子通报,2024,37(7),979-987.