

• 教学 •

## “科教深度融合”的高分子物理教学探索与实践

李振华, 沈雷\*

(武汉理工大学化学化工与生命科学学院, 武汉 430070)

**摘要:**“高分子物理”是研究高分子结构与性能之间内在关系及其规律的学科,是材料、化学、化工专业的核心课程,旨在培养学生运用正确的物理思维分析和解决高分子相关问题的能力,为以后专业发展提供重要的学科基础。不同于小分子,高分子在不同空间和能量上具有多尺度特征。同时,相当一部分学生在课堂上的自主学习能力、高阶思维能力、创新意识均较弱。针对该课程的教学“痛点”问题,培养具有原创能力的高素质人才,应以学生发展为中心,大力推进“科教深度融合”课堂改革,以科研项目牵引“高分子物理”课堂的“课前思辨”“课堂体验”“课后实践”各环节,使学生在“探究式”“讨论式”“实践式”的“科教深度融合”过程中进行全身心学习,做到“知行”统一与学思结合,有效实现“知识-能力-素质”一体化育人,本科生在基础研究领域中的原创能力大大增强,教学创新成效显著。

**关键词:**高分子物理; 科教深度融合; 一体化育人

## Exploration and Practice of “Deep Science and Education Integration” in Polymer Physics Teaching

LI Zhen-hua, SHEN Lei\*

(School of Chemistry, Chemical Engineering and Life Science, Wuhan University of Technology,  
Wuhan 430070, China)

**Abstract:** *Polymer Physics* is a subject that studies the internal relationship and laws between polymer structure and performance, and is the core course of materials, chemistry and chemical engineering majors. It aims to cultivate the ability to analyze and solve polymer related problems with correct physical thinking, and provide an important discipline basis for future professional development. Polymers are significantly different from small molecules, and have multi-scale characteristics in different spaces and energies. The autonomous learning ability, high-level thinking ability and innovation awareness are weak in the class. In view of the "pain point" problems in the teaching of this course, we cultivate high-quality talents with original ability. We focus on the development of students, promote the "deep integration of science and education" teaching mode, and use scientific research projects to lead the whole processes of the *Polymer Physics* class, which enables students to conduct whole-hearted learning in the process of the class and achieve the combination of learning and thinking, and the integration of "knowledge, ability and quality". By this way, the creative ability of undergraduates in the field of basic polymer researches has been greatly enhanced.

**Keywords:** Polymer physics; Deep science and education integration; Education integration

高分子物理是材料、化学与化工专业的核心课程。学生通过学习,构建系统的高分子知识框

架,能够以正确的物理学科视角和方法对高分子材料结构与性能进行观察、分析和预测,并运用相

收稿:2023-02-02;修回:2023-04-13

基金项目:国家自然科学基金项目(22173070)资助

\* 通讯联系人:沈雷,男,教授,从事高分子物理化学研究与教学。E-mail: leishen@whut.edu.cn

doi:10.14028/j.cnki.1003-3726.2023.12.015

关知识和原理,从科学研究和生产生活中提出并解决问题,指导高分子材料的合成、加工及应用,培养创新意识、科学发展意识和社会责任感。

高分子物理是研究高分子结构与性能之间内在关系及其规律的学科,涉及的对象在不同空间和能量上具有多尺度特征,是公认的难学和难教的一门课程<sup>[1~4]</sup>。传统教学模式暴露了一些问题,学生在学习后往往对高分子体系知其然不知其所以然,自主学习能力、高阶思维能力、创新意识均较为薄弱。为了教好这门课,培养具有原创能力的高素质人才,我们以学生发展为中心,大力推进“科教深度融合”课堂改革。以科研项目牵引“高分子物理”课堂的“课前思辨”“课堂体验”“课后实践”各个环节,使学生在“探究式”“讨论式”“实践式”的“科教深度融合”过程中进行全身心学习,做到“知行”统一与学思结合,有效实现“知识-能力-素质”一体化育人,本科生在基础研究领域中的原创能力大大增强,教学创新成效显著。

## 1 教学“痛点”问题分析

“高分子物理”教学过程中存在如下三个教学“痛点”问题(图1):

第一,如何在有限课堂时间内让学生厘清并弄懂高分子特性及其作用机制的理论基础,高效实现“知识-能力-素质”一体化育人?与小分子相比,高分子尺寸“大”,在不同空间和能量尺度上具有多级结构,分子运动复杂,不能用传统物理化学

理论加以分析和预测<sup>[5,6]</sup>。学生学习时,往往感觉内容看似矛盾,无能为力,挫伤了学习积极性,自主学习能力较弱,很难保证学习效果,更不能培养学生独立学习并熟练应用高分子原理解决实际问题的能力。

第二,如何让老师不仅能胜任高分子课程教学,还能生动教学,有效实现高分子课程的“两性一度”?高分子体系涉及多学科领域,具有跨学科性<sup>[7]</sup>。老师们不仅需要具备深厚的高分子物理理论功底,还要紧扣多学科领域中的高分子科学研究前沿和热点,使高分子课程教学更生动,提高课程的高阶性、创新性、挑战度,培养学生的高阶思维能力和创新意识。学科交叉是当今世界科学发展主流,这也为老师们提供了新的教学思路。

第三,如何将高分子教学与当前国家材料强国战略和专业人才培养目标紧密结合?党的十九大明确提出,“到2050年,把我国建设成为世界新材料强国”,其中尤其指出高分子材料的重要地位。基于传统高分子科学中的核心科学问题,老师们应跟踪21世纪学科动向,例如:从平衡态到非平衡态、从线性到非线性构性关系、从单一时空到复杂时空特征等;同时紧扣我国在分子科学中的“卡脖子”问题,使学生形成正确的高分子学科思维,培养学生的综合素质能力和社会责任感,不断适应目前我国科学技术和社会发展需要。

如何提高课堂的生动性、培养学生主动学习能力、提升高阶思维能力和创新意识、增强学生思

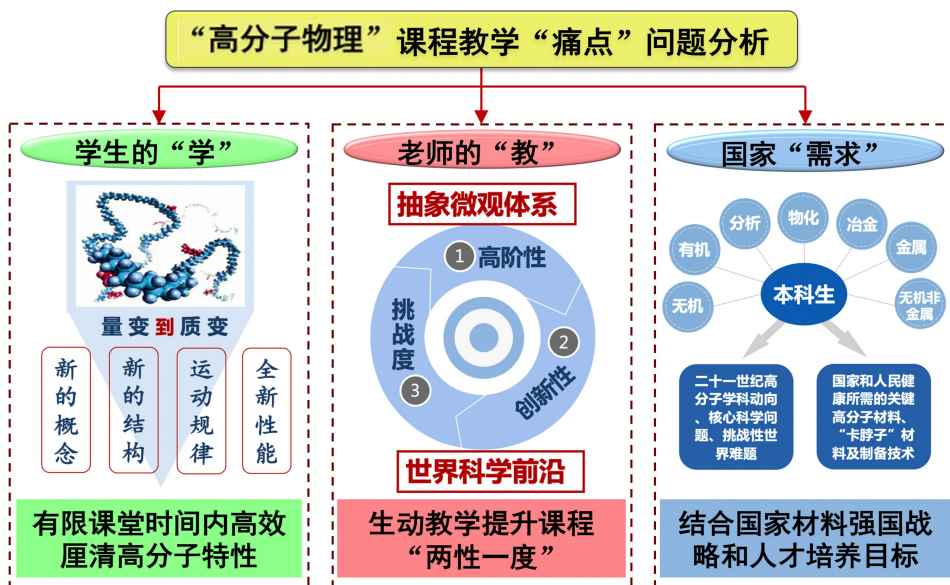


图1 “高分子物理”课程教学中的“痛点”问题分析

Figure 1 “Pain points” analysis in Polymer Physics teaching

想道德与综合能力、适应国家科学技术和经济社会发展需要,是我们进行“高分子物理”课程教学时需要思考的问题。

## 2 “科教深度融合”教学探索与实践

基于“学生中心、产出导向”教学理念,大力推进“科教深度融合”课堂改革。具体做法(图 2)是以高分子独特性质为主线重构教学内容,用主讲老师的科研项目牵引教学的各个环节,将科学研究及成果贯穿到教学过程的“课前思辨”“课堂体验”“课后实践”每一环节,使学生在“探究式”“讨论式”“实践式”的“科教深度融合”过程中进行全身心学习,让学生对高分子知识和基础理论有所知、有所得、有所悟,做到“知行”统一与学思结合,有效实现“知识-能力-素质”一体化育人,培养学生的综合素质与原创能力。

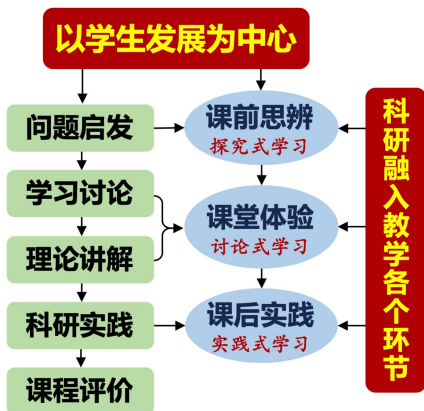


图 2 以学生发展为中心的“科教深度融合”教学模式  
Figure 2 “Deep science and education integration” teaching mode

“课前思辨”探究式学习。我校“高分子物理”教学学时数较少(32 学时),如果让学生既高效学

习又自主学习是我们要思考的问题。因此,我们以高分子独特性质为主线重构教学内容,结合科研项目,创设问题,引导学生独立思考,使他们能快速厘清高分子特性,同时培养他们主动考察、探究、学习的能力(图 3)。例如:高分子柔顺性是高分子教学中的一个抽象知识点,与高分子材料性能密切相关。传统教学习惯被动教学,缺乏主动探究意识与创新能力培养。在教学设计上进行革新,以主讲老师的 DNA 大分子构象动力学研究有关的国家科研项目牵引教学过程,设置“人体内 DNA 的形貌特征”的科学问题,该问题涉及对象既与生活相关,学生并不陌生,也是主讲老师的研究对象。老师引导学生利用超星课堂等线上资源,独立思考设置的问题,提高学生自主学习能力,提高学习效率,为课堂教学做好准备。

“课堂体验”讨论式学习。老师向学生展示实验室通过单分子实验观测到的 DNA 双螺旋链形貌,生动介绍 DNA 双螺旋链的柔顺性来源。这里之所以用 DNA 双螺旋链作为对象,一是因为主讲老师通过单分子实验观测了 DNA 链构型变化,能以此为例生动教学,学生也会因为有了生动的科研项目实例而提高学习效率;二是因为 DNA 双螺旋链的柔顺性(主链轮廓涨落)本质上不同于单链大分子的柔顺性(主链单键内旋转),以此逐步引入蠕虫状链模型,使学生能高效快速抓住高分子链柔顺性的物理本质。引导学生全班分享讨论,师生双向交互讨论,生生互动,使课堂氛围更活跃,在师生互动环节,老师必须把高分子物理化学现象背后的基础理论讲透,使学生知其然,并知其所以然。又例如:在讲授高分子黏弹性时,可结合主讲老师的与高分子界面材料有关的国家科研项目,在讲透高分子黏弹性微观机制后,引导学生深

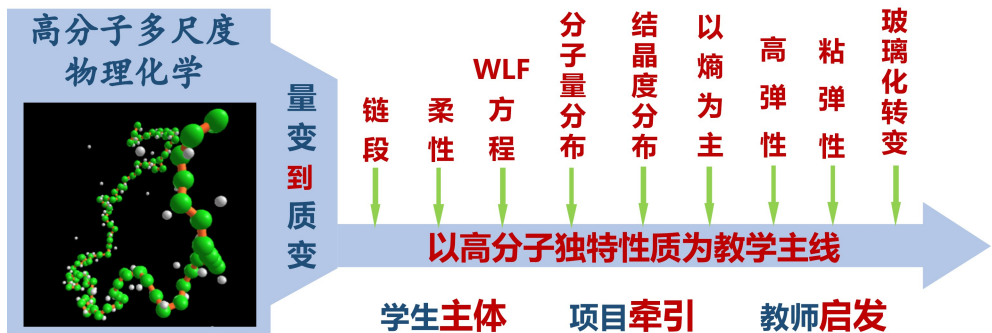


图 3 以高分子特性为主线重构教学内容,以科研项目牵引教学过程

Figure 3 Reconstructing the teaching content based on the characteristics of polymers, and guiding the teaching process with scientific researches

人思考如何调控高分子材料黏弹性这一科学问题。进一步结合我国在 高分子材料领域的“卡脖子”问题,例如超高分子量聚乙烯的合成,让学生深切体会到我国在相关领域的重大需求,激发学生兴趣,培养他们的高阶思维能力、科技报国使命和社会责任感,满足国家对高科技材料的需求。

“课后实践”实践式学习。最后,引导学生深入思考,设置科学问题,进行课后实践,解决课堂上提出的科学问题。课后实践既可以检验高分子物理教学内容,又能培养学生的基础创新能力。例如:在讲完高分子柔顺性这一章节后,设置拓展性研讨题目“界面上高分子柔性链行为”的科学问题,该问题既与教学内容紧密相关,又是高分子基础研究领域内的前沿难题。本科生团队通过科学实践,揭示了界面上高分子链行为的分子量依赖标度关系,在国际核心学术期刊以第一作者发表论文多篇(图 4)<sup>[8~13]</sup>,审稿人给予了高度评价,称其填补了高分子动态学研究领域的空白。该项目在 2021 年湖北省第十三届“挑战杯”科技作品竞赛中,获一等奖。通过“科教深度融合”教学改革,鼓励学生将实践环节中所获科学成果进行报道,参加各类型创新创业大赛,发表文章,转化专利,让学生拥有获取知识的成就感。从“实践”中进行学习,最终使学生对所学的基础理论知识有所知、有所得、有所悟,实现培养学生独立学习并熟练应用高分子原理解决实际问题的能力的目标,本科

生在基础研究领域的原创能力得到显著提升,实现了“知识-能力-素质”一体化育人。

### 3 教学成效

通过大力推进“科教深度融合”课堂改革,“高分子物理”教学成效显著。

首先,应届本科生的学习、思考、创新、发展规划能力得到显著提升。调查结果表明,参与的学生中有 92% 认为通过该课程学习提升了独立学习和思考能力,约 80% 认为提升了创新能力,约 70% 认为提升了发展规划能力。“科教深度融合”育人模式激发了本科生的学习动力和专业志趣,培养了他们的主动学习兴趣、创新能力和社会责任感。同时,往届本科生反馈结果表明,“科教深度融合”育人模式培养了他们的创新能力,提高了他们的综合素质,使得他们能把所学技术应用到新的学习和工作岗位中,得心应手地施展才能,解决国家发展和人民生活需求。

其次,“科教深度融合”育人模式促进了团队教师教学水平和科研能力的提升。团队教师多次获教学竞赛奖励。通过教学反哺科研,团队老师近年获多项国家自然科学基金支持,科研水平不断提高。我们深感教研相长,获益良多。

### 4 结语

针对“高分子物理”这门专业核心课程教学中的“痛点”问题,我们遵循“学生中心,产出导向”教学理念,大力推进“科教深度融合”教学改革,有效实现了“高分子物理”课程的“两性一度”和“培养学生主动学习兴趣、创新能力和社会责任感”的教学目标,不断适应国家科学技术和经济社会发展需要,教学创新与科研实践均取得了良好成效,可为同类专业课程的教学实施提供借鉴经验。

#### 参考文献:

- [1] 钱人元. 高分子凝聚态的几个基本物理问题. 中国科学院院刊, 2000, 3, 174-177.
- [2] 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, 87-90.
- [3] 何平笙, 朱平平, 杨海洋. 我国高分子物理的教学. 化学通报, 2013, 76, 91-96.
- [4] 朱平平, 何平笙, 杨海洋. 浅谈高分子物理课程的教学方法. 高分子通报, 2007, 8, 55-59.
- [5] Flory, P. J. *Principles of Polymer Chemistry*. New York: Cornell University Press, 1953.

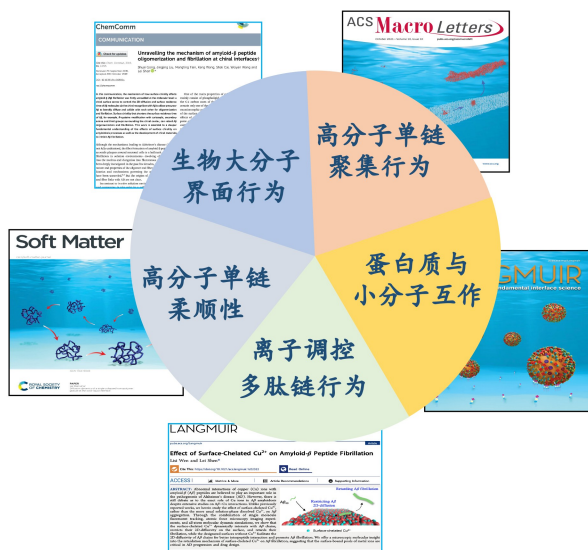


图 4 课后科研实践培养本科生基础创新能力

Figure 4 Cultivating undergraduate students' basic innovation ability via post-class scientific research practice

- [6] 董建华, 张希, 王利祥. 高分子科学学科前沿与展望. 北京: 科学出版社, **2011**.
- [7] Cai, S. L.; Liu, J. J.; Tian, M. T.; Wang, K.; Shen, L. Diffusion dynamics of a single collapsed homopolymer globule at the solid-liquid interface. *Soft Matter*, **2020**, 16(10), 2431-2436.
- [8] Gong, S.; Liu, J. J.; Tian, M. T.; Wang, K.; Cai, S. L.; Wang, W. Y.; Shen, L. Unravelling the mechanism of amyloid- $\beta$  peptide oligomerization and fibrillation at chiral interfaces. *Chem. Commun.*, **2019**, 55(91), 13725-13728.
- [9] Zhou, X.; Zhao, M.; Liu, Y. Y.; Chen, Q. J.; Shen, L. Statistical binding matching between influenza A virus and dynamic glycan clusters determines its adhesion onto lipid membranes. *Langmuir*, **2020**, 36(50), 15212-15219.
- [10] Song, Y. H.; Geng, Y.; Shen, L. Visualizing super-diffusion, oligomerization, and fibrillation of amyloid- $\beta$  peptide chains along tubular membranes. *ACS Macro Lett.*, **2021**, 10(10), 1295-1299.
- [11] Wen, L. S.; Shen, L. Effect of surface-chelated  $\text{Cu}^{2+}$  on amyloid- $\beta$  peptide fibrillation. *Langmuir*, **2022**, 38(1), 174-181.
- [12] Lin, J. K.; Wang, K.; Xia, X. Y.; Shen, L. Quantification of multivalency in protein-oligomer-coated nanoparticles targeting dynamic membrane glycan receptors. *Langmuir*, **2018**, 34(28), 8415-8421.