

· 教 学 ·

基于培养学生核心素养的“高分子化学”课堂教学设计 ——以“体型缩聚和凝胶化作用”为例

侯桂香*, 尚宏周, 石强

(华北理工大学材料科学与工程学院, 唐山 063210)

摘要:将核心素养元素与《高分子化学》课程教学有机结合,使学生学会专业知识、掌握专业技能,同时形成适应社会发展需要的品格和关键能力。本文以“体型缩聚和凝胶化作用”为例,围绕本节知识和能力培养目标,对课堂教学进行了设计。通过类比联想、分析对比、感悟体会等融入与专业知识契合的“人文素养、科研精神、责任担当”等素养元素。对核心素养与高分子化学课程教学相融合的实施效果进行了浅析,同时对如何在课程教学过程中培养核心素养进行了探讨反思。

关键词:高分子化学; 核心素养; 体型缩聚和凝胶化; 教学设计

Classroom Teaching Design of “Polymer Chemistry” Based on Cultivating Students' Core Qualities —Taking “Tridimensional Polycondensation and Gelation” as an Example

HOU Gui-xiang, SHANG Hong-zhou, SHI Qiang

(College of Materials Science and Engineering, North China University of Science and Technology, Tangshan 063210, China)

Abstract: The core quality elements are organically combined with the teaching of *Polymer Chemistry* to enable students to learn professional knowledge and master professional skills. At the same time, the character and key ability to meet the needs of social development are formed. In this paper, taking “three dimensional polycondensation and gel” as an example, the classroom teaching is designed around the knowledge and ability training objectives of this section. Through analogy and association, analysis and comparison, perception and experience, it integrates the “humanistic quality, scientific research spirit, responsibility” and other literacy elements that are consistent with professional knowledge. At the same time, the implementation effect of the integration of core literacy and polymer chemistry teaching was analyzed, and how to cultivate core literacy in the curriculum of teaching was discussed and reflected.

Keywords: Polymer chemistry; Core literacy; Polycondensation and gelation; Teaching design

随着教学改革不断深入,核心素养教育受到越来越广泛的关注。“核心素养”主要是指个体处理问题所需要的知识、技能、态度等要素构成的综合性素质^[1,2]。2016 年,我国教育部颁布《学

生发展核心素养》,指出我国学生发展核心素养分为文化基础、自主发展、社会参与三个方面,综合表现为人文底蕴、科学精神、学会学习、健康生活、责任担当、实践创新六大素养。

收稿:2022-04-30;修回:2022-06-16

基金项目:华北理工大学校级教育教学改革重点项目 ZJ2006,河北省课程思政示范课程

* 通讯联系人:侯桂香(1981-),女,汉族,河北唐山,副教授,博士,主要研究方向为聚合物基纳米复合材料。

E-mail:hougx0301@126.com

doi:10.14028/j.cnki.1003-3726.2023.02.015

对学生核心素养的培育,终将要落实到课程中,落实到教师的教学之中。利用好课程教学这个重要环节,实现知识、能力与素养的合体。如何将核心素养与现有的知识内容恰当融合,如何有效地进行课程设计实现素养提升是高校课程改革的重要内容。目前,关于核心素养与高校课程相结合的研究成果多集中在人文实践类课程如声乐、体育,以及创新创业课程的核心素养培养^[3,4],以及核心素养为导向的通识教育课程改革^[5,6]。但关于理工科专业课程方面的核心素养^[7,8]研究涉及较少。“新工科”背景下也需培养未来多元化、创新型高素质复合型人才^[9]。专业课程教学要在传授专业知识、专业技能的同时,强化提升学生的意志涵养、家国情怀、科研伦理和职业道德等综合素养。因此,如何在专业课程的教学贯彻核心素养的教育理念,如何让专业课程设置为人才培养的“核心素养”提升发挥作用,是每位从教者都应考虑的迫切问题。

《高分子化学》课程^[10]是高分子材料与工程专业的一门必修课,属于专业基础课,课程以培养学生具有制备预定结构和性能聚合物的创新能力为目标。通过课程学习提高学生对高分子科学的兴趣,形成环境保护及可持续发展的理念,具备自主和继续学习的能力。本文作者在《高分子化学》课程教学过程中,将核心素养与专业知识相融合,以《高分子化学》课程中“体型缩聚和凝胶化”这部分的课堂教学过程为例,来探索专业教学与素养提升相融合的实施设计与实践,并对课程与核心素养相融合实施效果以及如何实现素养提升进行了浅析。

1 教学目标确立

1.1 建构体型缩聚核心知识,培养制备体型缩聚物的能力

基于学生的认知基础、本节知识内容以及要实现的素质培养要求,结合教学内容体系的内在逻辑联系,确立本小节的教学目标,如图1所示。明确高分子合成领域中关于体型缩聚的基本知识,利用 Carothers 法预测凝胶点,实现对体型缩聚聚合过程的控制,形成具有选择合适结构单体、投料配比、过程工艺控制,成功制备体型缩聚物的能力。

1.2 解析体型缩聚理论,感悟人文内涵,培养核心素养

本小节中重点知识包括:平均官能度的含义、

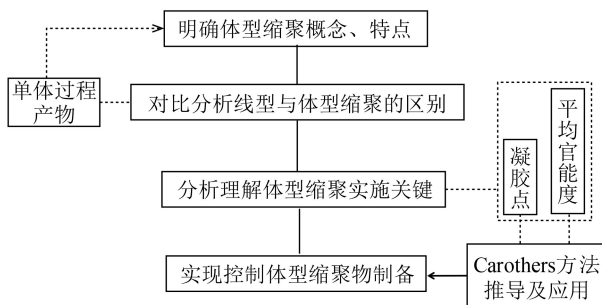


图1 本小节教学目标

Figure 1 Teaching objectives of this section

Carothers 方程预测凝胶点、体型缩聚实施控制问题。从能力目标出发,解析学习专业知识理论,通过类比、联想、感悟、渗透的方式,将专业理论知识与人文素养相结合。可以从以下三个方面进行核心素养的渗透与培养:

(1)体型缩聚实施的关键是凝胶点的预测,多官能度体系的缩聚反应要首先根据体系配比和结构,预测凝胶点,才能成功实施。利用 Carothers 方程可以计算体系的凝胶点,使体型缩聚反应控制变得有的放矢,体现出了“凡事预则立,不预则废”的思想,为抽象的专业知识中注入人文思想。

(2)官能团非等当量情况下平均聚合度的计算,使同学们体会到解决问题需要打破思维定式,认真分析体系反应特点,明确体系中能够参加反应的官能团数,才能计算正确的结果。从中能够获得细节决定成败的体验,由此延伸培养科研与职业素养中所需的敏锐的洞察力、细微的观察力,透过现象看本质的分析能力。

(3)利用已有的线型缩聚相关知识和理论,通过剖析对比线型缩聚与体型缩聚在单体结构、实施过程、产物结构等方面的不同,明确体型缩聚的特点及实施关键,获得体型缩聚核心知识理论,使学生学会利用已有的知识分析问题、解决问题,进而获取新知识的思路和重组创造新知识的能力。

2 教学设计构思

明确与教学目标相关的核心知识,充分挖掘核心知识的素养发展功能,设计一系列的问题情境、任务,展开互动研讨、思考探究活动,引导学生在利用已有知识分析问题、解决问题的过程中逐步掌握体型缩聚核心知识,实现体型缩聚物的可控合成。培养学生的自主学习、解决问题和分析创造的精神和能力。教学设计构思如图2所示。

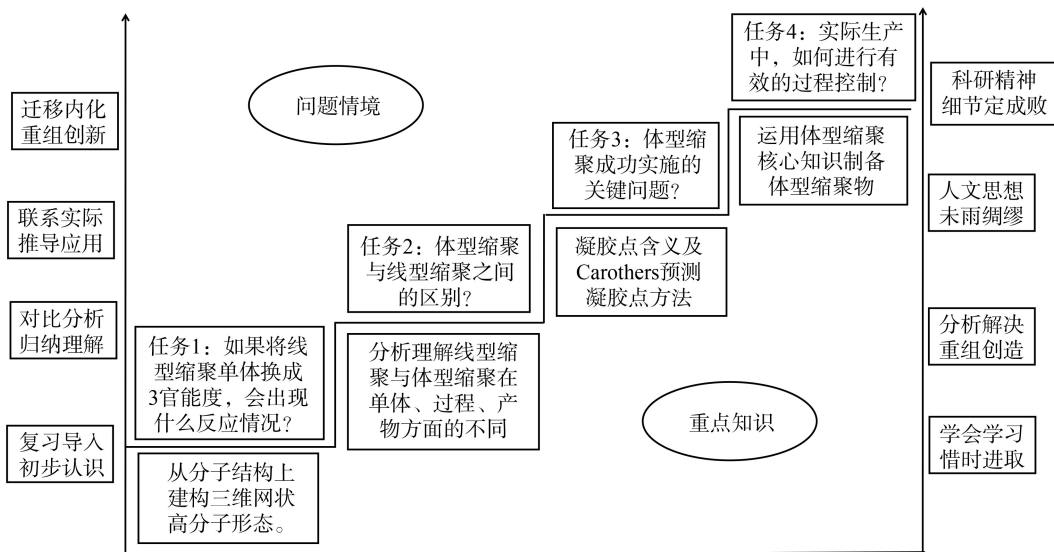


图2 教学设计构思

Figure 2 Teaching design concept

3 教学实施过程

依据教学构思组织具体的教学过程,课堂教学主线如图3所示:复习回顾线型缩聚——示例引出体型缩聚——体型缩聚特点分析——得出实施关键因素——凝胶点控制和预测方法。

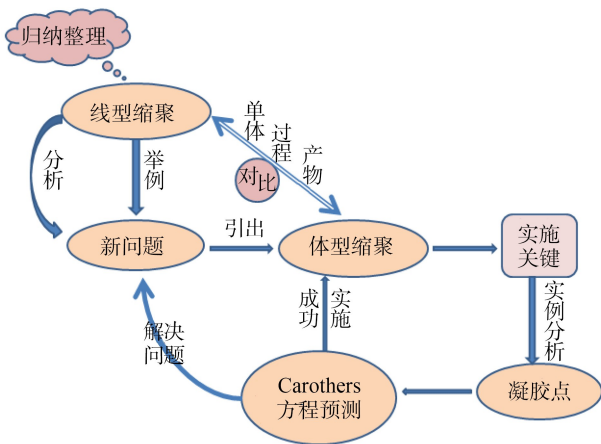


图3 课堂教学主线

Figure 3 Main line of classroom teaching

3.1 体型缩聚的定义及特点

首先在对线型缩聚相关内容复习的基础上,提出问题:如果将反应单体中一种换成三官能度,如甘油和苯酐的反应,将会出现什么样的情况,反应过程如何控制?

引导学生分析苯酐和甘油带有的官能度、反应机理、产物的结构特征——三维网状高分子,然后从概念出发指引学生将体型与线型缩聚从单

体、聚合过程、产物三个方面进行对比分析,得出体型缩聚的特点。

在明确体型缩聚涵义的基础上,通过互动研讨的方式,从线型缩聚物和体型缩聚物的微观结构出发,分析二者性能上的差异。线型缩聚物是借助于分子间作用力形成聚集体;体型缩聚物是共价键形成的三维网状结构,要想破坏它需要更高的能量,因而体型缩聚物的热性能、力学性能、尺寸稳定性等均优于线型缩聚物。个体的力量(线型高分子,热塑性)连在一起(交联,化学键的键合),形成一个集体(体型高分子,热固性)才能发挥出更大的凝聚力量。通过比喻和联想体会的方法,将专业知识与团结协作、集体利益、合作共赢的思想有机联系起来,进而加入德育元素。

通过对比分析体型缩聚与线型缩聚的区别,完成已有知识的有效利用与迁移,实现获取新知识的过程,使学生掌握分析问题、解决问题的思路和方法,并在此基础上重组创造形成新知识,即学会学习。

3.2 官能团等摩尔情况下凝胶点的预测

设置问题情境:成功制备体型缩聚物制品的关键问题。

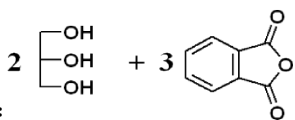
——体型缩聚怎么进行合理的分段实施(预聚物阶段反应控制到什么程度)?

——如何预测开始交联点?

引导分析,学习平均官能度($\bar{f}$)、凝胶点(P_c)的概念和含义,将体型缩聚实施的关键问题转化

为凝胶点理论预测的问题。认识一旦产生凝胶,形成三维网络分子结构,那么聚合物的聚合度就会无穷大,以此为理论基础,获得体型缩聚凝胶点与平均聚合度的关系,然后通过例题对概念及公式进行应用,进一步明确含义。

例 1:醇酸树脂是非常重要的涂料,其附着力、硬度、光泽、耐候性和保光性等方面均优于油性漆,因此被广泛应用于机电产品、汽车、拖拉机、大型建筑等的涂装。2 mol 甘油(官能度 $f=3$)和 3 mol 邻苯二甲酸酐进行缩聚,制备醇酸树脂涂料,应控制其基团转化程度不超过多少?



分析体系结构:多官能度单体反应到一定程度会产生交联,但作为涂料需要在涂装前具有流动性,因此,在合成反应阶段不能使其产生交联。接下来利用 Carothers 方程预测体系凝胶点,反应釜中的反应不能超过凝胶点。

平均官能度:

$$\bar{f} = \frac{\sum N_i f_i}{\sum N_i} = \frac{2 \times 3 + 3 \times 2}{2 + 3} = 2.4 \quad (1)$$

$$P_c = \frac{2}{\bar{f}} = \frac{2}{2.4} = 0.83 \quad (2)$$

明确例题的意义,此体系进行缩聚反应过程中,反应釜中反应程度不能超过 0.83,否则将会产生凝胶失去应用的价值。后固化阶段可以在物品表面进行涂装后完成。如果不预先采用 Carothers 方程预测凝胶点,则缩聚的实施过程是盲目的,有可能会预聚反应程度低,后固化成型过程困难;也有可能预聚反应程度高,物料报废造成损失。蕴含着“凡事预则立,不预则废”的思想,把功夫用到平时,有计划、有步骤持之以恒地坚持,才能获得成功。

Carothers 方程关联了体系凝胶点与实施有效控制的问题,也反映了理论与实践相结合的思想,学会以抽象的理论、公式指导实际生产的实施,解决合成过程调控问题的实践创新能力。

3.3 基团数非等摩尔条件下凝胶点预测

例 2:采用 1 mol 甘油($f=3$)和 5 mol 邻苯二甲酸酐反应制备醇酸树脂涂料,应如何进行过程控制?

同学们在惯性思维下,大多按照例 1 的惯性

思维,得出如下错误的结论。

$$\bar{f} = \frac{\sum N_i f_i}{\sum N_i} = \frac{1 \times 3 + 5 \times 2}{1 + 5} = 2.17 \quad (3)$$

$$P_c = \frac{2}{\bar{f}} = \frac{2}{2.17} = 0.92 \quad (4)$$

但错误的结论对学生犹如当头一棒,按照相同的方式分析、解决问题,错在哪里?急于找出原因,促使学生对官能团非等当量情况的学习,并且能够留下较深的学习印象,避免错误再次发生。此题为官能团非等当量情况,平均官能度小于 2,不能形成大分子,不能发生凝胶化。官能团非等当量情况下的凝胶点计算问题的学习,使学生体会学习、科研、工作都来不得半点马虎,培养精益求精、细心钻研的精神,以及敏锐的洞察力,细微的观察力,透过现象看本质的分析能力。

通过本小节学习,明确高分子合成领域中关于体型缩聚的基本知识。利用 Carothers 法预测凝胶点,实现对体型缩聚聚合过程的控制。运用创设问题情境、启发引导、比喻类比调动学生的逻辑思维,发挥学生想象力,紧抓学生的注意力,提高学生分析问题、解决问题的能力,培养他们科研、职业、人文方面的素养。

4 教学效果评价与反思

4.1 问卷调查结果

在教学过程中将专业知识与素养提升相结合,对具体的实施效果以问卷的形式进行了调查分析,高分子专业 2019 级学生 79 人中有 74 人自愿参与。问卷中的主要问题及调查结果如表 1 所示。

由表 1 可知,问题 1、2 针对课程学习与素养元素相结合,教学过程中引入与专业知识相切合的事例、规律、道理,引导学生发散思维,发挥想象,调查结果中很喜欢这种融合方式的学生为 97%,能产生共鸣的为 96%。可以看出将专业知识与素养元素相融合,可以引起学生的共鸣,感悟抽象知识蕴含的人文内涵,启迪精神思想,唤起积极思维,实现核心素养的提升。同时可以加深对专业知识理解,进一步提高学习效果。问题 3、4 为课程中融入核心素养对思维能力培养的调查,89.2% 学生认为可以拓宽思维,91.9% 的学生认为对分析解决问题的帮助极大。通过类比、联想、感悟等方式将核心素养的培养融入到专业知识学

表 1 教学效果问卷调查结果

Table 1 Questionnaire survey results of teaching effect

问题	选项及人数比例
1. 你是否喜欢用具有吸引力的事例、哲理等帮助你理解课程内容,并意识到课程重要性?	A. 很喜欢(97%),B. 一般喜欢(3%),C. 不喜欢(0%)
2. 你是否能被专业知识教学过程的一些人文素养所吸引,并产生共鸣?	A. 能(96.0%),B. 一般(2.7%),C. 不能(1.3%)
3. 课程学习与素养元素相结合是否可以拓宽你的思维?	A. 非常好(89.2%),B. 较好(9.4%),C. 一般(1.4%),D. 没有(0%)
4. 课程学习与核心素养相结合对你的分析和解决实际问题的能力是否有帮助?	A. 帮助极大(91.9%),B. 一般(8.1%),C. 没有(0%)
5. 你认为本课程是否达到您的学习期望?	A. 能,满足我的学习期望(94.6%),B. 一般,基本能符合(5.4%),C. 不能,达不到学习期望(0%)
6. 你觉得本课程对你哪方面的素养有提升?(多选)	A. 工匠精神(91.9%),B. 团结合作精神(91.9%),C. 精益求精精神(97.3%), D. 社会责任感(87.8%),E. 爱岗敬业精神(85.1%),F. 理性精神(95.9%), G. 创新精神(91.9%)

习中,对于学生发散思维、拓宽分析解决问题的思路、培养创新能力具有积极的作用。问题 5,6 为课程学习与核心素养相结合学习效果的反映,94.6%的学生认为达到了课程学习期望,5.4%学生认为基本达到了学习期望,说明教学效果较好。学生学习专业知识的过程中,提高了分析、解决聚合物合成相关问题的能力,且能够在精益求精的工匠精神、团结合作精神、社会责任、职业道德等核心素养提升方面得到启示,并能产生共鸣。

4.2 专业课教学与核心素养相融合的反思

(1)依托专业教学内容,形象化教学,体现核心素养

培养学生的核心素养必然要以知识教学为载体,所以,教师应结合具体的教学内容,深入理解并挖掘内容中所蕴含的素养元素,教学过程中通过类比联想、感悟体会等形象化教学,发散学生思维,启迪学生心灵,使学生在专业知识的同时,感受人文滋养,达成发展核心素养的目的。运用丰富的想象力和联想能力,使抽象的高分子合成理论和微观结构形象化。如逐步聚合分子量逐渐增加,反应后期才有高分子生成。这个过程就像接绳子,由短(小分子)汇成长(预聚物),再到更长(大分子)。分子链的增长是需要时间的积累,就如同学生将来的成就需要每天坚持不懈的努力与付出,不积跬步无以至千里,不积小流无以成江海,融入“脚踏实地、惜时、进取”的思想,进而培养学生形成健康的生活和学习习惯的核心素养。

(2)基于 OBE 教学理念,反向教学设计,培养能力,形成核心素养

核心素养导向的课程教学强调培养学生的自主学习、终身学习的能力和素质。课堂教学应积极采用启发式教学、问题式学习的教学方式,通过创设问题情境,启发学生思考,增强学生分析问题、解决问题、总结归纳、重组创新的能力。如在学习体型缩聚知识时,利用前期已有的线型缩聚的知识作为基础,提出多官能团单体反应的相关问题,引导学生们思考,并利用头脑中已有的知识进行分析解答。将学习过程设计为归纳旧知识-提出新问题-分析问题-学习新知识-解决问题的过程。课外通过线上线下的多种教学活动如:PBL 分组任务、素质拓展作业、设计型大作业等形式,培养学生总结归纳知识、分析解决问题、学以致用思维和能力。如在学习聚合物降解和老化这部分内容时,提前布置分组任务:高分子的广泛应用和废弃后对环境的污染,如何减少高分子废弃物,促使学生对解决高分子废弃物污染问题的思考,培养合作探究的能力,自主学习高分子老化原理及防老化措施、降解方式及机理等专业知识。然后通过设置如何设计合成可降解高分子的课后作业,进行拓展应用、总结提炼、知识创新的能力和素养的培养。

(3)评价方法要多样化,注重能力培养与素养提升

实施核心素养与专业教学相结合的教学过程

中,应完成从知识向能力、能力向素养的不断提升,而提升效果的评价方法应覆盖整个的课程教学活动,贯穿课程教学的始终。可以通过设置与核心素养相关的分组任务、素质拓展作业、设计型大作业等开展教师评价、自我评价和学生互评,反馈学生在专业知识学习中的真实体验和收获。如设计型作业利用所学共聚合理论设计合成性能优异的丁苯橡胶,乳液聚合、活性自由基聚合研究进展的小论文写作等,可以检验学生归纳整理知识资料、分析解决问题、知识重组再创造的能力等。

5 结语

高等教育任务就是从社会发展需求出发,培育学生具有与之适应的必备品格和关键能力。将专业知识学习过程与核心素养培育相联系,使学生在获取知识的过程中增长能力、明确事理,提高人格素养、综合素质和对社会的适应能力。素养的提升是一个循序渐进的过程,效果评估具有一定的难度。因此,高校应在更高的层次根据具体的核心素养培育目标,设置一定的质量评价标准,来引导和评价课程教学。教师应践行以核心素养提升为指引的专业课程教学,为培养出更多适应新时期社会需求、实践创新能力与人文素养兼具的应用型人才而努力。

参考文献:

- [1] 刘义. 生涯发展视域下的大学生核心素养教育: 议题生成、实践逻辑与路径选择. 教育与教学研究, **2021**, 35(11), 52-70.
- [2] 吴敏茹, 曾淑仪, 杨焯焯, 卢宇瀚, 魏慧聪, 陈晓丹, 张旭东. 理工科大学生核心素养对学业挫折感的影响. 中国健康心理学杂志, **2021**, 29(11), 1718-1727.
- [3] 韩忠岭. 核心素养教改背景下高校音乐教育课程群问题与改革对策. 中国音乐教育, **2020**, (1), 30-35.
- [4] 张婧, 陈建甫. 大学生创新创业核心素养的培养路径探析. 黑龙江科学, **2021**, 12(13), 100-101.
- [5] 孙颖. 基于大学生核心素养的通识教育课程改革研究: 以 S 大学为例. 沈阳: 沈阳师范大学, **2020**.
- [6] 范后宏. 数学本科生学术主导素养的培养. 高等理科教育, **2021**, (3), 69-73.
- [7] 周玲, 樊丽霞, 范惠明, 李佳欣. 新工科背景下课程建设现状研究: 基于核心素养的实证调查. 中国人民大学教育学报, **2021**, (3), 52-77.
- [8] 崔维怡. 核心素养下的聚合反应工程教学改革探索研究. 高分子通报, **2020**, (2), 76-80.
- [9] 刘冬颖. 新工科背景下大学生人文素质教育探索. 中国大学教学, **2018**, (11), 26-29.
- [10] 潘祖仁. 高分子化学. 第 5 版. 北京: 化学工业出版社, **2011**.