

教 学

“高分子物理实验”精品课程建设的探索

朱平平, 杨海洋, 何平笙

(中国科学技术大学高分子科学与工程系, 合肥 230026)

摘要: 介绍作者在“高分子物理实验”精品课程建设中所做的一些工作, 如: 坚持对实验教学进行研究、探索实验教学新模式、建设教材、构建网络教学环境等。

关键词: 高分子物理实验; 精品课程; 特色实验; 网络教学

“高分子物理实验”课是高分子化学和物理专业本科生的必修课, 是为高分子合成、聚合物的结构与性能、高分子加工等课程开设的一门配套实验技术课。由于高分子物理是包括以聚合物为对象的全部物理内容的课程, 因此该实验课涉及的领域十分广泛, 包括高分子化学、高分子物理、物理化学、结构化学等多门学科, 它是培养学生综合运用各种实验技术能力的重要一环。为讲好这门实验课, 作者进行了坚持不懈的教学研究, 并把教学研究成果及时引入教学中, 教学质量不断提高, 并逐步形成了较为鲜明的教学特色。通过多方面的建设, 2006 年本课程被评为安徽省精品课程, “高分子物理实验”教材也已被教育部列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材立项, 将重新修订出版。下面就谈一谈作者在课程建设中所做的一些努力。

1 坚持对实验教学进行研究

倡导“教学需要研究”的理念, 坚持对实验教学进行研究^[1], 同时把成果及时应用于教学实践, 取得了很好的教学效果, 并在国家、安徽省、国家级协会多次获奖, 其中, 包含高分子物理实验教学研究在内的项目“全面提升高分子物理重点课程的教学质量”获 2005 年国家级教学成果二等奖、安徽省教学成果一等奖, “高分子溶液粘度测定的实验改进及粘度法对高分子间相互作用的分析和表征”获 2003 年中国分析测试协会科学技术三等奖。

根据高分子科学的特点, 明确提出开设高分子物理实验的四原则^[2], 即:

- (1) 高分子物理实验教学应充分揭示聚合物与小分子化合物在结构与性能上的显著差异;
- (2) 高分子物理实验应以自己动手搭配装置为原则;
- (3) 高分子物理实验教学应及时反应高分子物理的研究成果;
- (4) 尽量把计算机实验技术引入到高分子物理实验教学中去。

严格按照上面的选取实验四原则, 作者坚持开设有二十几个实验的“高分子物理实验”课程(72 学时), 包含作者自行开发的 8 个特色实验(列于表 1)。作者在国内首先提出把计算机技术用于高分子物理教学实验, 并开设了多个高分子物理计算机实验, 开创了实验教学的新模式; 把自行研制的树脂固化仪用于教学实验, 开设“用动态扭振法测定热固性树脂的固化过程”实验, 利用力学量的变化来研究化学反应, 很有新意。对稀溶液粘度法实验进行多次改进, 消除了高分子在粘度计毛细管管壁的吸附导致的毛细管管径的减小、界面性质变化以及高分子与界面之间相互作用的改变对高分子溶液粘度测定的影响。

基金项目: 2006 年安徽省精品课程建设费资助, 2007 年安徽省教学研究项目资助;

作者简介: 朱平平, 女, 安徽无为, 中国科学技术大学高分子科学与工程系教授, 主要从事高分子溶液、高分子凝聚态结构、共混高聚物性能等方面的研究, 近年来同时开展了高分子物理及实验的教学研究工作。E-mail: zhupp@ustc.edu.cn

表 1 开发的高分子物理特色实验

Table 1 The characteristic experiments for polymer physics

实验名称	主要内容	涉及的知识点
用“分子模拟”软件构建聚乙烯、全同立构聚丙烯分子,并计算它们末端的直线距离	在屏幕上“合成”指定结构的高分子长链	构型、末端距
用“分子模拟”软件计算聚丙烯酸甲酯的构象能量	任意改变参数直接计算构象能	受阻内旋转
二维高分子链形态的计算机模拟	应用自编的改进型四位置模型模拟二维空间中的自回避行走链和无规行走链,直观展示高分子链的内旋转以及链的形态和尺寸变化。	构象、自回避行走模型、无规行走模型
高分子链均方末端距、均方半径与聚合度之间的标度关系的计算	验算均方末端距和均方回转半径与聚合度的标度关系,所得结果与诺贝尔奖获得者 de Gennes 的理论符合良好	自回避行走链、无规行走链的特征
受限空间大分子链的穿越过程模拟	展示大分子链在熵驱动下穿越受限管道的动力学过程,理解高分子链穿越过程与化学反应动力学过程的相似性。	构象熵
高聚物的银纹	银纹“藕断丝连”现象(高聚物特有的现象)的再现	银纹的特点
动态扭振法测定热固性树脂的固化曲线(自制固化仪)	用力学量的变化来研究化学反应	强迫振动非共振法
稀溶液粘度法研究高分子溶液行为的改进	消除高分子在粘度计毛细管壁的吸附导致的毛细管管径的减小、界面性质变化以及高分子与界面之间相互作用的变化对高分子溶液粘度测定的影响	高分子溶液相对粘度、粘性流动、高分子与界面之间相互作用

作者把教学研究心得及时总结,撰写成文,公开发表。已在 Polymer Testing、化学通报、高分子通报上公开发表实验教学研究论文 8 篇^[2~9],其中有对高分子物理实验选题的研究,有对自主开发的计算机实验的介绍,有对稀溶液粘度法实验的多次改进。受到国内高分子同行的关注和高度评价,并被多次引用。发表在化学通报上的实验论文“粘度法研究高分子溶液行为的实验改进(II)”^[5]获第三届“化学通报”优秀论文奖,“‘分子的性质’软件用于高分子科学教学实验”^[8]获第五次校级优秀教学论文一等奖。

2 开创实验教学新模式

在“高分子物理”课程教学中,高分子链的形态是教学的重点和难点。由于单键的内旋转,使得线形大分子这一瞬间的构象与另一瞬间不同,链构象数很大,链的形态不断改变,尺寸也随之发生变化。决定形态的重要因素是大分子链的化学结构和链单元间的相互作用,在溶液中的高分子链形态还受溶剂和温度的影响。不同条件下高分子链的形态差别较大,需用不同的模型来描述,如:无规行走(简称 RW)和自回避行走(简称 SAW)。计算机模拟无疑是事半功倍的,作者先后开发了 5 个高分子物理的计算机实验(列于表 1)。在屏幕上直接构建(合成)高分子长链,直观展现链的内旋转过程,高分子链看起来千姿百态,还计算链尺寸与分子量的标度关系,有效地验证了诺贝尔奖获得者的工作,特别是展示大分子链如何在熵驱动下穿越受限管道,使学生深刻体会熵这个概念的重要性。这些是实体分子模型和课堂教学不可能达到的效果,开创了实验教学的新模式。

部分实验已在国内多所高校(包括复旦大学、北京化工大学、山东大学、合肥工业大学、安徽大学、郑州大学)得到应用(作者无代价地为其它高校提供电脑程序源代码)。在 2004 年 5 月作者组织召开的“全国高分子物理教学示范课和实验课研讨班”上,作者对其中几个实验进行示范教学,反应良好。

3 建设教材

“高分子物理实验”曾以讲义形式在我校使用了近30年,后经补充整理,编写成书,2002年正式出版^[10],并在2004年获校优秀教材一等奖。至今已供6届学生实验使用。2006年8月被教育部列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材立项,将重新修订出版。

修订内容主要有:

(1)及时把作者的教学研究成果融入教材内容

为了充分体现本校高分子物理实验教学的特色,将把作者近年来对实验教学的研究成果融入其中,如自主开发的5个计算机实验、经多次改进的粘度法实验等。

(2)介绍由作者的科研成果开发的学生实验

根据作者对高分子物理的深入理解,作者研制了树脂固化仪和自动粘度计,并用于教学实验,很有新意,为我校特有。

(3)及时引入近年来提出的新概念,以及介绍发现的新规律和实验事实

近年来高分子物理发展很快,提出了许多新的概念、发现了许多新的规律,有必要在新的教材中及时介绍给学生。如,现有的实验中往往是利用球晶的光学性质来观测球晶(偏光显微镜、小角激光光散射),不很直观。目前已经可以用原子力显微镜(AFM)原位研究球晶的生长过程和形态,直观地观察一个原始晶核发展成一个片晶,片晶再逐渐形成一捆束状片晶簇,最终形成球状结构。虽然目前还不能采用原子力显微镜开设教学实验,但相关内容将在教材中作介绍。

(4)及时引入作者对高分子物理中基本问题的新看法

就高分子物理的课堂教学和实验教学,作者已发表32篇教学研究论文(其中有8篇是实验教学研究论文)。这些论文是老师的教学研究心得,严格严谨,有根有据,有对高分子物理中基本概念和基本问题的分析和讨论,有对全新概念的引入介绍,有对自己开发和特有的教学实验的介绍,有对稀溶液粘度法实验的多次改进,还有精品课程建设情况,也有作者成功的教学方法。

这些论文是学生学习的扩充性资料,阅读这些论文对学生准确理解本课程的精髓无疑是非常有帮助的。将把作者在这些教学研究论文中提出的新理念、新思路融入教材内容中。

(5)还将开发出如“爬杆现象”,“挤出胀大”等反映高分子浓溶液或熔体流变特性的新实验。

4 构建网络教学环境(<http://www.bb.ustc.edu.cn/>)

为学生提供较为完整的自学习环境,对每个实验给出配套的实验指导,并提供优质的网络教学资源,目前已完成的内容区有:(1)实验教学与研究;(2)实验教学研究论文;(3)特色实验及示范应用;(4)高分子物理教学研究论文;(5)实验指导;(6)获奖情况;(7)教材和参考文献;(8)申报材料;(9)实验思考题;(10)常用数据表;(11)相关链接。图1所示的是网络教学平台首页。

在该平台中,学生可直接阅读或下载主讲老师的教学研究论文,也可以在第一时间了解到老师的教学研究情况;平台还对所有开设的实验提供具体的实验指导;在讨论区提供了交流平台;学生还可以查看与精品课程建设有关的资料……

另外,本实验课程的理论课程“高聚物的结构与性能”已被评为2005年度国家级精品课程(<http://202.38.70.145/0-03/b>)。

5 示范辐射作用

经过40多年的教学实践、特别是近十年来的教学研究,作者已逐步形成了自己风格、特色鲜明的教学体系,我校的“高分子物理实验”课程教学在国内高分子界已有一定的影响,改革经验被北京、上海、天津、山东、江西、安徽等地的兄弟院校借鉴,多位老师多次被邀请在全国性教学会议和高级研讨班上作主题报告和进行示范教学。作者非常重视与兄弟院校交流,为此,在2004年作者组织召开了“全国高分子物理教学示范课和实验课研讨班”,与同行共同探讨提高高分子物理及实验教学水平的途径,交流教改心得,并把有关特色实验向全国高分子同行推广。



图1 “高分子物理实验”网络教学平台首页

Fig.1 The front webpage of “Experiments for polymer physics” teaching platform

图1 “高分子物理实验”网络教学平台首页

Figure 1 The front webpage of “Experiments for polymer physics” teaching platform

作者深深感到精品课程建设需要大量细致、有效、持久并有创新性的工作，作者将不断努力着。

参考文献:

[1] 何平笙, 朱平平, 杨海洋. 新探索·新突破·新发展——第五届高等教育国家级教学成果奖获奖成果介绍及文件汇编. 北京: 科学出版社, 2006. 825~826.

[2] 何平笙, 李春娥. 高分子通报, 2000, (2): 94~96.

[3] Yang H Y, Li H, Zhu P P, et al. Polymer Testing, 2004, 23(8): 897~901.

[4] 杨海洋, 严宇亮, 朱平平, 朱清仁, 何平笙. 化学通报, 2004, 67(10): W87.

[5] 杨海洋, 李浩, 朱平平, 朱清仁, 范成高. 化学通报 2002, 65(9): 631~634.

[6] 杨海洋, 朱平平, 任峰, 李国锋, 吴澎. 化学通报, 1999, 62(5): 47~49.

[7] 杨海洋, 易院平, 朱平平, 何平笙. 高分子通报, 2003, (5): 76~80.

[8] 何平笙, 杨小震. 高分子通报, 2000, (1): 86~89.

[9] 杨海洋, 张胡铭, 徐小云, 朱平平, 何平笙. 化学通报, 2003, 66(7): W053.

[10] 何平笙, 杨海洋, 朱平平, 瞿保钧. 高分子物理实验. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2002.

Discussing the Construction of Elaborate Course “Experiments for Polymer Physics”

ZHU Ping-ping, YANG Hai-yang, HE Ping-sheng

(Department of Polymer Science and Engineering, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: Some work concerning the construction of elaborate course “Experiments for polymer physics” was introduced in this paper.

Key words: Experiments for polymer physics; Elaborate course; Characteristic experiments; Network teaching