

教 学

关于改进《高分子物理实验》课程的几点设想

杜滨阳, 叶一兰, 郑 强

(高分子合成与功能构造教育部重点实验室, 浙江大学高分子科学与工程学系, 杭州 310027)

摘要:《高分子物理实验》课程是高分子物理教学的重要组成部分。本文提出该课程可设计为三个层次: 一为立足于高分子物理基本概念和基本实验技能的基础实验; 二为对基础实验进行挖掘并启发学生全面思考的深入实验; 三为包括学科交叉实验(高分子物理、高分子化学、高分子工程)和前沿实验观摩的综合实验。此三个层次的实验既有连续性又逐层深入。旨在通过系统训练, 加深学生对实验的理解、提高其实验技能以及合作交流的能力。此外, 就实验教学形式、实验课堂管理等方面也提出建议。

关键词:《高分子物理实验》; 分层次设计; 教学形式; 课堂管理

引 言

高分子物理实验技术是高分子物理学科发展的重要基础。其中, 光散射技术^[1,2]、X 射线衍射技术^[3,4]和流变测试技术^[5,6]均广泛应用于高分子结构及粘弹性的测定与表征。光散射技术自 1944 年起应用于高分子溶液性质的研究, 可表征高分子溶液的基本物性, 如高分子重均分子量 M_w 、回旋半径 R_g 、第二维利系数 A_2 、在溶剂中的平移扩散系数 D_0 、流体力学半径 R_h 等。X 射线衍射技术在 1913 年表征了纤维素丝的微观结构, 并在 1953 年确定了 DNA 的双螺旋结构。流变测试技术可反映高分子特有的粘弹性^[7], 基于不同温度和时间下高分子的松弛过程, Ferry 等于 1958 年提出了时温等效原理及 WLF 方程^[8]。

正是由于高分子物理实验技术的重要性, 高分子物理教学中实验课程显得尤为重要。中国高分子科学界的开拓者、中科院院士王葆仁先生就极为重视实验课程。王先生的学生、著名有机化学家、中科院院士黄耀曾先生曾问他: “为什么我们做学生时, 你对实验抓得这样紧, 往往过于严肃, 以致学生们有些怕你?” 王先生的回答是: “对于一门实验性很强的科学, 不锻炼你们敏锐的观察力和灵巧的双手, 你们怎么能成才呢?”^[9] 据原浙江大学校长、我国著名高分子科学家、教育家杨士林先生回忆, 王先生在浙大授课期间, 还亲自主持了“示范实验课(Demonstration)”, “他花很多时间准备的演示实验设计精巧、内容丰富、现象清晰、印象深刻, 学生受益匪浅。”^[10]

老一辈科学家的教学理念和方法值得我们学习和借鉴。实验教师应以王葆仁先生为榜样, 热爱实验教学、精心组织实验教学、严格要求学生。当下浙江大学高分子系开设的《高分子物理实验》课程教学, 已取得一定的教学成果, 但仍存在教学过程较仓促、学生对实验原理和操作掌握不深入等问题。学生往往仅在实验操作前听老师讲解, 虽对实验有了一些了解, 但却在似懂非懂的状态下进行实验; 实验结束后匆忙递交实验报告, 又立即投入其它课程的紧张学习, 直到下一周开始新的实验课程。最终的教学效果是,

基金项目: 国家级精品课程、浙江省精品课程(188190+710904[1])和浙江大学 09 实验教学建设项目(188190-540510[35])资助项目;

作者简介: 杜滨阳, 男, 副教授, 主要从事高分子物理的研究和教学, 研究领域为环境响应性功能高分子水凝胶、微凝胶和多嵌段聚合物的结构与性能, 已发表论文 50 余篇。国家精品课程《高分子物理》以及本科生课程《高分子物理实验》主讲教师之一;

* 通讯联系人, E-mail: duby@zju.edu.cn.

学生对实验掌握不牢靠、基本遗忘已做过的实验。上述问题不仅存在于高分子物理实验教学中,也是高校实验教学中的共性问题。为提高实验教学水平,师生均应更加重视实验课程,实验教学设计应更加科学合理,教师课堂管理水平应进一步提高。

1 浙江大学《高分子物理实验》课程简介

浙江大学高分子学科历史悠久,享誉中外。我国众多的老一辈高分子科学家如王葆仁院士、冯新德院士、钱人元院士、杨士林教授、于同隐教授、徐僖院士、潘祖仁教授、沈家骢院士、沈之荃院士等均毕业或执教于浙江大学。1958年浙江大学恢复化学系并设立高分子化学专门化,杨士林教授任系主任。1962年起招收高分子化学方向硕士研究生,1978年和1984年先后设立“高分子化学与物理”硕士点和博士点,1991年和1994年先后设立“高分子材料”硕士点和博士点。1992年组建了高分子科学与工程学系,成为我国高分子科学研究和人才培养的重要基地。

浙江大学自20世纪70年代设立“高分子化学与物理教研组”后,开始向本科生开设《高分子物理》课程,并一直努力探索与改进该课程的教学手段、教学内容、实验教学和教材建设。2010年,浙江大学《高分子物理》课程被评为国家级精品课程。《高分子物理实验》课程作为该课程的重要组成部分,已具备较好的实验条件。用于教学的实验室面积有120多平方米,可同时进行6个实验、每个实验可供4组学生同时操作;学生必修实验的实验仪器共30台(包括自动化进口凝胶渗透色谱仪、DSC仪器、偏光显微镜、相差显微镜、高阻计、热机械形变仪等);此外,可利用教育部“高分子合成与功能构造重点实验室”和“985”平台的先进分析测试仪器(包括红外、核磁、原子力显微镜、粒径分析仪等)进行选作实验和观摩实验。

目前,浙江大学高分子系开设的《高分子物理实验》课程内容包括粘度法测聚合物分子量、聚合物DSC热分析、聚合物温度-形变曲线的测定、相差显微镜观察高分子合金织态结构、偏光显微镜观察聚合物球晶结构、高阻计测高分子材料电阻率、GPC测高分子分子量及分布等7个实验。

2 分层次设计《高分子物理实验》课程内容

针对目前实验教学中存在的问题,可将《高分子物理实验》课程设计为三个层次:(1)基础实验;(2)深入实验;(3)综合实验。整个课程开课时间可为一年。其中,基础实验开课于《高分子物理》理论课程之后,旨在让学生掌握基本实验技能并巩固高分子物理基本概念。深入实验开课于基础实验之后,旨在加深学生对高分子物理实验的理解,提高其综合使用测试手段的能力。至综合实验开课时,学生已完成《高分子物理实验》深入实验、《高分子化学实验》和《高分子材料实验》等课程,为综合实验的开设奠定了基础。综合实验旨在让学生将高分子物理与高分子化学、高分子材料等相关领域知识融会贯通,提高学生团队合作与报告交流的能力和对科学研究的兴趣。

2.1 基础实验

选取《高分子物理》中最基本的实验作为基础实验。基础实验由教师事先准备待测样品、设置测试条件,并向学生们讲解实验原理、实验步骤与注意事项,然后学生独立完成实验操作并记录相关数据。基础实验要求学生能清楚地掌握基本原理、正确完成操作步骤、准确处理实验数据。掌握基本实验,是每个学生必练的基本功、“童子功”。

基础实验中,教师的讲解和引导非常重要。教师要以自身的讲课经验与艺术,力争在有限的讲解时间内将实验原理、重点实验步骤环节、实验特殊技巧向学生讲解清楚,尽可能避免学生“似懂非懂”的实验状态。为此,教师应注意以下几点:(1)了解理论课程讲授情况。教师应了解,实验的相关原理学生在理论课堂上是否已学习过以及了解到什么程度?据此构思实验原理的讲解;(2)教师应设计实验预习作业,并采用抽问等方式检查预习效果,促进学生做好预习工作、“有备而来”;(3)教师应琢磨如何把抽象复杂的内容讲得准确、生动。除借助多媒体演示,还可考虑自行设计演示实验。

2.2 深入实验

为了巩固基础实验,有必要进一步挖掘基础实验,开展深入实验。深入实验旨在让学生更加全面地思考实验,如该测试手段对样品的要求是什么?如何保证测试数据是可信的?深入实验中,教师已不需讲授操作步骤,而是在实验开始前向学生提出若干核心问题,由学生自主完成实验操作。教师根据学生的操作过程进行打分。

以粘度法测分子量为例。基础实验中,学生已掌握乌式粘度计的使用方法。由于实际测量中,溶液性质是否符合乌式粘度计的使用要求(包括溶剂的选择、溶液浓度上限等)是数据准确与否的关键因素,故有必要通过深入实验拓宽学生对粘度法的了解。深入实验中,教师提供待测高分子化合物与待选的几种溶剂,需由学生自行选择溶剂并配制一定浓度的符合粘度法测试原理的稀溶液。此过程考察:(1)溶剂的选择——溶剂 $t_0 > 100\text{s}$ 且该溶剂为待测高分子的良溶剂;(2)粘度测试中稀溶液初始浓度的确定,以保证该浓度下溶液粘度比 η 不超过 3.0,而在 1.05~2.5 之间^[11];(3)每一稀释过程溶剂的用量,应综合考虑乌式粘度计的溶液容量与稀释形成的浓度梯度。

2.3 综合实验

综合实验分为三类:(1)基于高分子物理性质的多尺度性、多层次响应的高分子物理综合实验。(2)与高分子材料或高分子化学综合的实验,旨在体现高分子化学结构与其物理性质的关联、高分子材料物理性质与加工条件的关联;(3)结合浙大高分子系各课题组特色、旨在培养学生科研兴趣的前沿科研实验观摩。

2.3.1 高分子物理综合实验 高分子物理综合实验要求学生选择多种测试手段对聚合物的物理性质进行探究。以研究线形聚乙烯的结晶度为例,可供选择的研究思路有:(1)使用 DSC 测定样品的结晶度;(2)采用 GPC 测定样品分子量,并找出样品分子量与其结晶度的关系;(3)分别采用相差显微镜和偏光显微镜,观察样品的结晶态与非结晶态,并对比两种显微镜的成像效果;(4)采用温度-形变测定仪,测定不同结晶度样品的热-力学性能。此综合实验为开放式实验,鼓励学生拓展思路,进行多角度探究。建议教学形式:学生以小组为单位进行实验,实验完成后以小组为单位递交实验报告,并推选代表演示 PPT,各小组间交流切磋实验成果,并评选优胜实验小组。

2.3.2 与高分子材料或高分子化学综合的实验 设计《高分子物理》与《高分子材料》或《高分子化学》综合的实验。例如《高分子化学实验》中,学生分别采用悬浮法自由基聚合与阳离子聚合得到聚苯乙烯,而未对两种合成方法的产物进行分析比较。可采用粘度法或 GPC 法表征两种产物的分子量及分布,从而对两种合成方法进行比较。再如,微观结构分别为交联、结晶或非晶的高分子可通过其温度-形变性质(如温度-形变曲线中转变点、转变温度高低、高弹平台的温度范围等)的不同加以区分。此外,《高分子材料实验》中提到助剂可显著改善 PVC(聚氯乙烯)的加工性。问题是具体改善在何处呢?可通过对比添加助剂前后 PVC 的热分解温度、流动性与温度的关系等得到答案。再如,可通过测试熔融指数(MI)确定加工 ABS((丙烯腈-丁二烯-苯乙烯)共聚物)的注塑温度,使制品在该温度下塑化充分、流动性好,从而保证制品质量。

此类综合实验,学生仍以小组为单位进行,教师可与《高分子化学实验》、《高分子材料实验》的教师沟通以准备实验原料,并指导学生实验。

2.3.3 前沿实验观摩 前沿实验观摩由高分子系各研究课题组的研究生协助教师承担。各课题组向本科生展示一个“特色实验”。如流变学研究组可展示泥鳅粘液独特的流变曲线;可控聚合组可展示如何采用原子转移自由基聚合的方法可控合成双亲性嵌段聚合物以及嵌段聚合物的薄膜形态;膜研究组可展示微孔渗透膜的制备、形貌和性能研究。观摩实验为选修项目,学生可选择感兴趣的实验观摩,可安排在周末进行。要求学生将观摩过程中学到的知识写成一份学习报告。学生通过观摩研究生师兄师姐在实验室所做研究的实际内容和具体实验操作,可巩固专业知识,培养科研兴趣、拓宽视野,也为其本科毕业论文的选题提供参考。

[11] ⊖ J . 《 τ  》. ポ:や ~, 1996.

Several Tentative Ideas for “Experiments of Polymer Physics”

DU Bin-yang, YE Yi-lan, ZHENG Qiang

(MOE Key Laboratory of Macromolecular Synthesis and Functionalization, Department of Polymer Science & Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract; The “Experiments of Polymer Physics” course is an essential part in the teaching of Polymer Physics. It is proposed that this experimental course could be designed in three levels: (1) the first level is the elementary experiments, which serve to strengthen the students’ fundamental concepts and experimental skills of polymer physics; (2) the second level is the in-depth experiments, which inspire the students to thoroughly think over the elementary experiments; and (3) the third level is the comprehensive experiments containing both frontier experiments and interdisciplinary experiments related with polymer chemistry and physics as well as polymer engineering. With such three-level experiments, the students are trained step by step to solidify their understanding of polymer physics, to grasp their experimental skills, and to enhance their team-working capabilities like communication and cooperation with others. Furthermore, several ideas of ways of teaching and class management are also suggested.

Key words; “Experiments of Polymer Physics”; Design in levels; Class management; Ways of teaching