

教 学

如何培养我国高分子物理专门人才

何平笙

(中国科学技术大学高分子科学与工程系, 合肥 230026)

1 高分子物理研究与教学现状和存在的问题

主要作为材料来使用的高分子科学与一般的化学学科不尽相同,我们主要是利用高分子材料的物理力学性能而不是它们的化学性能。也就是当你合成得到了高分子化合物时,它还仅仅是高分子制品(塑料、纤维、橡胶、复合材料等)的半成品原料。要使它们成为实用的制品,通常都有加工成型(主要是物理变化而不是化学变化)这一道重要的工序。如果说高分子合成主要还是合成化学的范畴,那么,在高分子加工成型中更多的将涉及物理学科范畴的内容。正是高分子物理这个高分子科学的一个重要方面,联系着高分子合成化学和高分子加工成型这两个方面,有其突出的重要地位。高分子物理揭示结构与性能之间的内在联系及其基本规律,以期对高分子材料的合成、加工成型、测试、选材提供理论依据。同时,大分子的链状特征和多重分子运动赋予了聚合物特有的高弹性,复杂的粘弹性和高分子科学深刻的物理内涵,因此高分子物理也有别于一般意义上的高分子化学、高分子加工和凝聚态物理而具有独特的魅力。在开发聚合物新材料、改进合成加工工艺、提高现有材料性能附加值等诸多与国民经济主战场相关的课题中,本身就蕴涵着丰富的高分子物理内容。因此,不论从学科发展还是从国民经济发展来看,高分子物理研究均十分重要。但长期以来,我国高校高分子物理的发展明显落后于高分子材料和高分子化学的发展,没有受到应有的重视。有些单位高分子物理的研究队伍正在缩小,有些单位高分子物理研究正在停顿,有些单位甚至从来没有象样的高分子物理教学与科研队伍,这客观上导致了我国高校高分子学科的不协调发展。

顾名思义,高分子物理是以高分子化合物为对象的全部物理内容的综合学科。它既包含高分子科学所必需的合成化学知识,又涉及物理科学对数学和物理的高要求。40多年来,培养既有相当的化学知识又有坚实的数理基础的高分子物理人才这个难题一直困扰着我们从事高分子物理的教学工作者。1958年在我国的一些高等院校先后成立高分子系科以来,高分子系一直被框属于化学这样的一级学科范畴里,教学一直偏重于高分子化学。在一些院校里也有高分子物理的专门化,其真正的教学内容也仅涉及高分子物理化学。即使是在正式成立了高分子物理专业的中国科学技术大学,其高分子化学和物理系仍主要是按化学系的课程安排教学活动的。

2 高分子物理人才到底需要怎样的数理化和工程技术基础知识

2.1 化学方面

与普通化学系的学生一样,无机化学、分析化学、物理化学、有机化学、结构化学、高分子化学应

作者简介:何生笙(1940—),男,中国科技大学毕业,现为该校高分子科学与工程系教授,博士生导师。长期从事高分子物理教学。科研领域有聚合物宏观单晶体、单分子膜与LB膜的聚合,热固性树脂及树脂基复合材料的固化等。已发表论文130余篇。

该是必学课程。对化学的要求是:

- (1) 掌握四大化学基本知识;
- (2) 掌握相当的化学合成技能;
- (3) 有运用物理和数学工具解决化学问题的强烈愿望。

2.2 物理方面

普通物理、统计物理、理论物理、固体物理、连续介质力学等课程要学习。对物理的要求是:

- (1) 能理解已有高分子理论的物理图象;
- (2) 能就高分子物理的问题与物理工作者交谈得起来;
- (3) 能对高分子物理的具体问题提出清晰的物理模型。

2.3 数学方面

应学习高等数学、线性代数和矩阵、概率论、复变函数和数理方程。对数学的要求是:

- (1) 能“硬着头皮”把有关高分子物理的理论论文读下来,不“怕”或不“怵”数学的符号和术语;
- (2) 能就高分子物理的问题与数学工作者交谈得起来;
- (3) 能运用数学工具解决高分子物理的实际问题。

2.4 工程技术方面

要掌握电子技术和计算机、网络技术和机械制图。对工程技术的要求是:

- (1) 能看懂电子线路、机械制图和电脑程序;
- (2) 能应用所学知识设计制作小配件;
- (3) 能根据需要自己设计专用仪器,包括电脑软件、接口。

2.5 理想的情况

(1) 加宽高分子物理学生的数理基础内容。有目的地选择为本专业学生所必需的高等数学、概率统计、数理方程、普通物理、理论物理、固体物理等基础课程,在不加重学生负担前提下,使他们真正学到今后工作中必需的宽广的数理基础;

(2) 精心选择高分子物理学生的化学课程内容,选删传统的四大化学中庞杂的教学内容;

(3) 加强高分子物理学生工程技术课程内容,选学诸如计算机、网络技术、电子技术、近代物理分析方法等课程;

(4) 在打好上述数、理、化、技基础课的基础上,重点培养学生对高分子材料结构与性能关系(通过分子运动)和材料性能与制品性能关系(通过制品设计)的深刻理解和培养解决科研和工程技术问题的能力。

这样,我们以培养高分子物理学生为对象,对数理化课程关键内容进行深入研究和选择,对专业基础内容进行重点构思和专业课内容进行有目的的扩展的教学改革,真正体现如下特点和创新。

(1) 数理基础有所加强,以适应高分子科学中日益见多的物理内容;

(2) 化学基础有所精选,以保证不增加学生的负担;

(3) 工程技术基础有所加强,以适应解决工程技术问题对技术手段的要求;

(4) 专业思想有所更新,在已有“结构与性能”关系的基础上,强调“材料性能与制品性能”的关系,以适应二十一世纪材料科学世界范围的竞争。

3 教学内容安排

以中国科学技术大学高分子物理专门化为例。五年制总学分是 190 ± 10 , 总学时 < 3200 学时。

(1) 校定基础课:61 学分

(2) 数学:22 学分

高等数学(Ⅰ) 4 学分 高等数学(Ⅱ) 4 学分 高等数学(Ⅲ) 3 学分

几何和代数 4 学分 数理方法 4 学分 概率论与数理统计 3 学分

(3) 物理:19 学分

普通物理(Ⅰ) 4 学分 普通物理(Ⅱ) 4 学分 普通物理(Ⅲ) 4 学分

普通物理(Ⅳ) 4 学分 基础物理实验(Ⅰ)(Ⅱ)(Ⅲ) 3 学分

(4) 电子:5 学分

电子技术基础 4 学分 电子技术实验 1 学分

(5) 化学:47 学分

无机化学(Ⅰ)(Ⅱ) 3+2 学分 分析化学 3 学分 有机化学(Ⅰ)(Ⅱ) 4+2 学分

物理化学(Ⅰ)(Ⅱ) 3+3 学分 物理分析方法 3 学分 结构化学 4 学分

化工原理 3 学分 化学基础实验(1)(2)(3)(4) 14 学分 结构化学实验 1 学分

物理分析实验 1 学分 化学工程实验 1 学分

(6) 与专业有关的课:30 学分

高分子化学 4 学分 高化实验 2 学分 高聚物结构 2 学分

高聚物的力学性能 2 学分 高聚物的电学性能 2 学分 高分子链统计 2 学分

高分子溶液 2 学分 连续介质力学 2 学分 专业英语 2 学分 高分子物理实验 2 学分

高分子加工和流变学基础 3 学分 计算机在分子科学中的应用 2 学分

生产实践 2 学分 学术活动讨论 1 学分

(7) 毕业论文:15 学分(一年)

如果学制是四年,总学分为 160 学分,那么

(1) 专业课可以改为 12 学分(减 13 学分)

高分子化学 4 学分 高聚物的结构与性能 4 学分

高分子化学实验 2 学分 高聚物的结构与性能实验 2 学分

(2) 毕业论文为一学期 10 学分(减 5 学分);

(3) 校定必修课可减 10 学分,譬如由于中学外语改革,大学外语学分至少可减 8 学分等;

(4) 在数学和物理学科群中各减 4 个学分(共 8 学分)是可能的,这样总学分就能压缩在 160 学分以内。

4 当前高等院校是否能完成培养高分子物理人才的教学任务

可以肯定地说,在本科阶段是不可能完成的。原因是多方面的。

(1) 在目前中国高等学校的教学框架内,包括高分子物理的高分子科学仍然将框属在化学一级学科范畴内。

教学计划的安排只能是化学的,也比较难在化学系的教学计划中相对削弱一些化学课程,插入较多的数学物理课程。即使在曾正式成立有高分子物理专业的中国科学技术大学也是如此。可以想象,由化学系培养出来的高分子科系学生也就在分子物理方面存在数理基础偏少的缺点。并且,在整个本科生教学中,也没有培养出学生的“有运用物理和数学工具解决化学问题的强烈愿望”

(2) 我们更应该正视现实,即大口径的教学计划。因为即使在过去,中国教委的教学目录中从来就没有高分子物理这个专业。

现在在本科目录中就是高分子化学这个专业也没有了。在化学这个一级学科下面只有化学和应用化学。这是对我们化学系的教学计划中培养高分子物理人材不利的方面,但是另一方面,现在提倡压低课堂学时,扩大学生的学科知识面,为化学系学生多修物理课程提供了时间上的可能性。

(3) 我国高等院校里高分子学科的教师大都是化学出身,缺少物理背景,本身就较难在高分子物理领域中有所深入。

我国高分子物理的科研起源于偏化学的科研机构(中国科学院的偏化学的研究所和高等院校中的化学系)。一开始从事的高分子物理课题基本上还是属于高分子物理化学的高聚物分子量的测定以及高分子反应统计理论。只是在 60 年代才开始有象高聚物力学性能,高聚物电学性能(介电、击穿)的科研工作。

5 通过专科、硕士、博士的连续培养造就高分子物理专门人才

显然,要在大学本科阶段完成高分子物理人才的培养并不现实。所以我们认为真正高分子物理人才的培养要通过本科、硕士、博士的连续培养才能完成。

5.1 硕士生培养

我们现在开的有关课程如下。

必修课:

功能高分子	4 学分	高等高分子化学	3 学分	高分子波谱学	3 学分
高分子凝聚态物理	3 学分	绿色化学	3 学分		

选修课:

高分子化学	4 学分	高聚物的结构与性能	4 学分	高分子合金	3 学分
生物高分子	2 学分	液晶高分子	2 学分	多相聚合物合成与表征	3 学分
高分子加工流变学	3 学分	有机高分子固体	2 学分		

由于教学安排的规定,基础数学和物理课程是不能作为研究生课程的,因此在安排硕士研究生课程时,要讲授一些偏高分子物理理论的课程,我们已开出了一门“高分子凝聚态物理”的课程。是否可以开出诸如“高分子物理的近代理论方法”等较有理论深度的课程,一方面力争在课堂上为硕士生补一些数学和物理知识,另一方面也逼迫硕士生自己在课后进一步加深自己的数理背景。

硕士阶段在数学上要达到上面已说过的“能就高分子物理的问题与数学工作者交谈得起来”;在物理上要达到“能就高分子物理的问题与物理工作者交谈得起来”;每位硕士生导师在有意识地引导学生在实验数据基础上向一定的理论问题跨进,从定性的解释实验事实向定量的理论模型跨进。

5.2 博士生培养

博士生导师仍坚持要对学生提出加深自己数理基础的要求,指定高水平的高分子物理理论专著叫博士生自学。在数学和物理上达到的要求就是上面提出来的“能运用数学工具解决高分子物理的实际问题”和“能对高分子物理的具体问题提出清晰的物理模型”。博士生论文除了有实验结果方面的创新外,更要有理论的内容。

我们计划开出的博士生课程是:

* 聚合反应原理专论 2 学分 天然高分子 2 学分 高分子合金的物理化学 2 学分
高分子反应和功能化 2 学分 高分子相转变 2 学分 高分子驻极体 3 学分
高分子的表面和界面 3 学分 * 二维状态下聚合 2 学分 高分子凝聚态 2 学分
多相聚合物的结构和性能 2 学分

* 已经开出

6 当前可以采取的一些措施

6.1 培训高等院校中从事高分子物理教学的教师

在我国高分子学科发展过程中举办高水平的培训班是有成功先例的。1957 年在全国高分子工业和高分子教学刚起步时,以钱人元为首的中科院化学研究所在北京举办了“高聚物的分子量测定”训练班,培训了一大批分子量测定的骨干力量。在 1961 年化学所邀请了当时苏联著名高分子物理学家 Каяки 和 Слюмпзы 来华系统讲授高分子物理,1978 年化学所又邀请美国纽约大学 Martin Pope 来北京作为期一个月的“有机晶体中的电子过程”系统讲演,给我国有机晶体过程这一新兴领域的研究工作打下了一个很好的理论基础。又像去年在上海组织的 99 高分子物理暑期国际研讨班已给我国高校高分子物理的教学和科研带来很好的影响。

6.2 高分子物理领域迫切希望物理界人士的介入

可以说凡是介入高分子科学的物理学家都取得了成功。

相比之下,化学更多的是一门偏实验的学科,做化学实验,合成全新大高分子化合物需要良好的化学基础和实验技巧。如果不以化学合成为主,那么一个物理学家投身到化学领域不存在特殊的困难。只要这个物理学家对化学有了真正的兴趣,能硬着头皮把印有很多“乌龟壳”的化学式看下来。

成功的例子是创立标度理论的 Pierre-Gilles de Gennes。Gennes 是一位固体物理学家,60 年代末、70 年代初他和英国的 S·F·Edwards 采用了量子场论中的数学工具,简捷巧妙地创造了高分子的标度理论,所得结果极富有启发性。70 年代,许多高分子物理的基础理论研究都是在这个标度理论带动下进行的。

我国的例子是钱人元教授,他在大学学习阶段同时主修化学和物理两个系的课程,打下了坚实的化学和物理数学基础,在中国开创了具有中国特色的高分子物理新流派,领导我国的攀登计划项目“高分子凝聚态中几个基本物理问题”,获得 1998 年度中国科学院自然科学一等奖。在国际上也获得了一定地位。复旦大学的孙鑫教授是另一个成功的例子。以他坚实的数理基础很快就在我国高分子导电、半导方面作出了很大成绩。再如在美国 Akron 大学的程正迪教授,他大学本科学的是数学,很快就在高分子物理领域作出了成就。

我国的物理界对高分子物理有所关注,但总的说来,我国物理界对高分子科学不太了解,有时也显得兴趣不大。我们应该极力宣传高分子科学,与物理和力学工作者合作申请高分子物理的课题和合招研究生。尽量吸引我国物理学界和力学界的科学家关注和研究高分子科学。当然,要向物理界人士宣传高分子科学也要求我们自己要有相当的物理背景。

特别是,当前物理学科正在探寻新的突破口,高分子物理可能就是其在下一个世纪物理学科的突破口之一。

高分子学科目前还停留在实验阶段,还是唯象性的,要提高到基础理论上成熟,高分子物理是

其重要的方面。

现在高分子品种专利有 2 千万,但推向市场的只有 30 多种,而高分子化合物要推向市场要高分子物理学家来干,阐明结构与性能关系。相辅相成的是在应用中也会发现高分子物理的问题。

6.3 大力培养高分子物理的博士研究生

培养研究生,特别是博士研究生是提高高等院校高分子物理教学和科研水平的根本出路。不管是培养硕士生还是培养博士生,我们都要对高分子物理的内在规律,以及高分子物理的教学方法、教学计划、教材和教学参考书进行认真的研究。

在招收研究生方面,最好的方案是化学与物理(数学、力学)的结合,多招物理系(或数学系、力学系)的本科生来读高分子物理的研究生。

相对说来物理系甚至数学系,力学系背景的学生改学高分子物理会更容易出成就,高分子物理毕竟是“物理”,需要的是清晰的物理图像和处理这种图像的数学工具。

6.4 大力开展有关高分子物理的教学研究

教学是要研究的。教学计划、教学内容、教学大纲、教学方法等都有好多问题需要研究。现在国家教育部和各级教育主管单位都设有教学研究课题,我们要争取立项,认真开展高分子物理的教学研究。

要跟踪世界的教学潮流,与国外著名大学开展教学研究的交流,特别是通过 internet 网可以查到许多国际著名大学的教改方案,是事半功倍的事。

要大力出版高分子物理专著,研究生教材乃至中高级科普读物。

6.5 加强国际交流

派出去。现在的情况已比 60 和 70 年代好多了。我国与世界科技界的交流大大开放。特别是我国在改革开放后出国留学的一大批学子已成长起来,并在各自的领域中取得了骄人的成就。

请进来,有组织地邀请国外高分子物理专家来中国作系统讲座,如同 60 年代邀请前苏联 Каяки 和 Слобимпзы 来华作高分子物理系统讲座和 70 年代邀请 Martin Pope 来华作有机晶体中的电子过程讲座一样。邀请外籍华人来校讲课可能会更方便和更有成效。

How to Train Qualified Personnel on Polymer Physics

HE Ping-sheng

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

Abstract: To train the advanced qualified personnel on polymer physics should include three steps of undergraduate, graduate and postgraduate studies continuously.

Key words: Polymer physics; Qualified personnel