

软物质的物理实验在普通高校教学中的推广*

洪晓钟

(河北大学物理科学与技术学院 河北 保定 071002)

白利斌

(河北大学化学与环境科学学院 河北 保定 071002)

贾鹏英

(河北大学物理科学与技术学院 河北 保定 071002)

(收稿日期:2016-09-09)

摘要:软物质物理学的蓬勃发展已使其成为一个特色学科,因而有必要在普通高校的物理教学中开设有关软物质物理方面的课程.有鉴于此,近5年来我们尝试在普通物理实验教学中开设了一些具有代表性的软物质物理实验,以期将软物质物理学逐渐融入到相应的理论和实验教学中,拓展学生的视野.首先对比了国际和国内的软物质物理实验室的建设情况,然后介绍了一些与传统物理学结合紧密的典型软物质物理实验.在此基础上,阐述了在普通高校物理实验中引入软物质物理实验的必要性及意义,旨在使大学生在物理方面的多元化的训练,从而全面提升综合素质,强化软物质物理的研究队伍.

关键词:软物质 物理实验教学 交叉学科

1 软物质物理学的重要性

软物质是指物态介于固体和理想流体之间且兼具固态和液态特性的物质,因而也被称作软凝聚态物质或者“复杂流体”^[1].1991年,法国物理学家德热纳(De Gennes P. G)在其诺贝尔奖致辞中首次把“复杂流体”更名为“软物质”,并从此开启了软物质领域的迅速发展^[2].软物质是凝聚态物质中的重要组成部分,其结构和物态变化的驱动力主要包括熵以及疏水、亲水、氢键等类似的弱相互作用,因而使其呈现出“弱刺激—强响应”的特性^[3].软物质主要包括液晶、聚合物、两亲性分子、胶体、膜、泡沫、蛋白质和颗粒物质等等,其最为直接的例子是日常生活中的牛奶、饮料、果冻、洗涤剂、乳液、化妆品等等.显然,软物质在自然界中广泛存在,并与很多物理化学过程密切相关,因而引起了越来越多的物理学家的广泛关注,并成为物理学与其他学科交叉融合的研究前沿.

毋庸置疑,鉴于软物质结构驱动力的特殊性,软物质的聚集态和相态结构既与传统物理学理论直接相关,同时又包含有别于传统物理学的新内涵.因

而,如何建立传统物理学与软物质之间的关联值得深入探索和研究,也亟需在大学物理学本科教育中增设相关的课程,以期更好地培养相关人才.目前,一些发达国家的研究机构 and 大学中有关软物质物理的基础理论和实验已经处在较高的水平上^[4].相对而言,国内仅有少数科研院所开展了软物质物理的研究和教学,而在绝大多数普通高校的物理学教学中,则缺失了有关软物质物理的理论和实验教学内容.

为了弥补这一缺失,提高物理教学中有关软物质物理的份额,在实验教学中开展具有代表性的软物质物理实验十分必要.同时,这一目标也为21世纪的物理教学提出了较高的要求.

2 普通高校开设典型软物质物理实验的意义

2.1 典型的软物质物理实验在普通高校中开展的意义

物质物理涉及的领域很广,在以欧、美为代表的发达国家中,绝大多数高校的物理学院均已建立了有关软物质物理的稳定研究方向,研究队伍的规模和层次不断壮大和提高,从而形成了物理、化

* 河北大学第八批教学改革研究项目,项目编号:JX08-YB-23

学、生物的一个交叉学科.而在国内,软物质物理的研究虽然有了一定的基础,但与国际水平仍有着巨大的差别.为了表述清晰起见,表1中例举了国际上一些国家的软物质物理实验室的构建情况^[4].

表1 国际上一些国家的软物质物理实验室的构建情况

国家	代表性科研院所
美国	纽约大学,哈佛大学,芝加哥大学,普林斯顿大学,宾夕法尼亚大学,康奈尔大学,加州大学洛杉矶分校.
英国	剑桥大学,Cavendish 实验室,爱丁堡大学,Bristol 大学
法国	法兰西学院,巴黎高等师范专科学校
德国	Julich 研究中心,莱比锡大学 Max - Planck 研究所,
日本	京都大学
韩国	国立首尔大学

相对于欧美等发达国家而言,我国软物质物理的基础研究相对落后.正如权威学者所指出的那样^[4],在我国软物质领域面临研究机构少、研究人员缺乏、研究领域偏窄以及研究工作薄弱等等一系列问题.造成这些问题的主要原因是人们对软物质物理学科的理解和认识存在着滞后、对其发展方向和意义的认识有待提高,同时各个学校的物理系对软物质物理的宣传和介绍较少.目前为止,仅有中国科学院和几所重点大学成立了以软物质为主要研究方向的稳定研究团队和实验室,而绝大多数学校的物理系尚未重视软物质物理的教学、实验和研究,或者根本未开设相关的课程.因此,就目前的发展趋势而言,我国在软物质领域的发展水平要想跻身于世界前列,应从基础做起.有鉴于此,在普通高校的物理教学中开设典型的软物质物理实验就显得尤为重要.

2.2 典型软物质物理实验在普通高校中开展的意义

相对于传统物理学中的普通物理教学而言,软物质物理能够把很多传统物理学的概念更加直观地呈现出来.例如在高分子稀溶液理论中^[5,6],高分子链与溶剂的有效相互作用可以通过所谓的 θ 温度(也称为 Flory 温度或理想温度)予以直观地说明:

(1) 当溶液的温度 $T > \theta$ 温度时,高分子链的排斥体积增大,进而导致高分子在溶液中呈现伸展状

态,此时溶剂表现为为良溶剂;

(2) 当高分子溶液的温度 $T = \theta$ 温度时,此时链段-链段以及链段-溶剂之间的相互作用也相等,从而使得溶液中高分子链呈现出无扰状态,相应的排斥体积为零;

(3) 当溶液的温度 $T < \theta$ 温度时,高分子链的排斥体积为负值,因而链段之间表现为相互吸引,致使高分子链段发生聚集而析出,此时溶剂表现为不良溶剂.在实验教学中,通过相平衡方法和光散射方法可对体系的 θ 温度进行测定^[7],使学生们形象地理解有关有效相互作用的调控情况.事实上,这一简单的溶液体系可以充分地将热力学部分有关溶液特征予以清晰地说明,从而更好地理解如拉乌尔定律和亨利定律等内容^[8].

鉴于软物质在自然界中普遍存在的特性,在普通高校中开设软物质物理实验不仅可以培养学生对于软物质物理的学习兴趣,同时也可拓展学生们的学术视野,从而吸引学生们投身到有关软物质物理的研究上来.由于软物质领域涉及到数学、物理、化学、材料工程等多学科,是一个典型的多学科交叉、融合的学科.因此,它既需要数学和物理学科能够提供将新的概念和理论方法用于其中,同时也需要化学和材料学科进行实验.由此可见,多学科之间相辅相成是软物质领域发展的必由之路.基于这一事实,典型软物质物理实验的开设必将促进普通高校内相关学院之间通力合作,拓展原有的学科内涵,建立学生的多元化思维模式.

如前所述,我国在软物质物理领域内的研究在国际上处于相对落后的地位,因而在本科教学阶段有意识地结合软物质物理教学可以起到引导作用.在国内,目前的软物质研究大多集中在软物质材料的合成、表征及应用方面,而在该领域内的源头创新依旧匮乏,有待进一步发展.究其原因,主要还是软物质物理方面人才的缺乏以及认识方面的不足.事实上,有关软物质“弱刺激-强响应”特性更深层次的物理机制还有待深入探索和研究,而较好的物理基础是深入研究的先决条件.显然,在普通高校的物理教学中开设软物质物理实验教学可以使学生更早地接触和认识软物质,起到应有的导向作用.在此基

基础上,有目的地强化学生对软物质物理的认识,以期增加软物质物理领域的人才储备.这有助于提升我国的软物质物理研究的实力,对其跻身于国际并与国际研究水平接轨具有实质意义.

2.3 我校开设软物质物理实验的典型实例

基于上述考虑,我们在本校连续5年对本科学子展开问卷调查,借以了解同学们对软物质物理的认识以及他们对增设软物质物理实验的看法.调查结果表明,大多数同学对软物质物理的认识仅存在于表面的认知上,对其物理内涵有欠了解,同时对于增设软物质物理实验表现出浓厚的兴趣.为此,我们特意组织了师资,联合开设了一些具有代表性的软物质物理实验来激发学生的学习和研究兴趣,以此来实现学生们对于软物质的认识.

5年来,经过不断地尝试和探索并结合每年的问卷调查,我们发现以下4个具有代表性的软物质实验适合在普通物理的实验教学中开设:

(1) θ -条件下链状高分子的尺度(温度驱动的物态变化);

(2) 软物质物理的非晶态结构(非晶态和晶态结构转变);

(3) 高分子液晶的织构及其光学特性(结构及光电特性);

(4) 胶体的自组织(熵致软物质的物态变化).

以上4个实验之所以受到学生欢迎的原因主要是在于以下特点:

(1) 这些实验既是软物质领域中的代表性实验,同时也与物理系的本科教学密切相关,二者之间可以实现良好对接.在这些实验中所涉及到的物态变化和热力学概念均有简单明了的特点,但同时却又是了解相关实验现象的物理根源.

(2) 实验中所需要的材料易得、相关的实验步骤简单、实验的思路清晰、实验结果直观、实验中所揭示的现象在软物质领域中占有重要地位,是了解软物质聚集态结构的基础.

(3) 实验所需要的时间与普通物理实验的时间相当,且无须额外配备实验室、易于理解和操作.在每年的普通物理拓展实验中,均有多名同学报名参加上述软物质物理实验,并认真进行实验、总结结果

以及撰写实验报告,达到了预期效果,收效良好.

基于普通院校本科生的物理实验教学安排,近5年来,我们发现上述实验作为可以分开安排在二年级的普通物理实验中.通过在我校普通物理教学的拓展实验中开展了有关软物质物理的实验,不仅拓展了学生知识面,同时也开阔学生的视野,从而与传统的物理学基础课程之间的互相辅助,共同促进和丰富本科生的普通物理教学工作.目前,其他有关软物质物理和材料的实验也在进一步探索和尝试之中.

3 结束语

软物质在自然界、生产和生活中普遍存在,是一类具有特殊运动规律的物体.在科学多元化发展的今天,软物质物理已经成为凝聚态物理中不可或缺的重要分支.然而,面对我国在该领域内相对落后的现状,需要从人才培养、团队建设、凝练内涵等多个角度进行努力.因此,在普通院校本科生的实验教学中引进适合教学的典型软物质物理实验有着重要意义.显然,激发学生兴趣、拓展学生的视野必将起到应有的导向作用,从而使得软物质物理在传统物理中日益凸显出来.正如有些学者指出的那样,新的世纪是软物质物理大放异彩的世纪,对软物质的深入研究将对物理、生命工程、化学环境、材料和医药等领域产生深远影响.为此,在普通高校中大力推广和开展软物质物理实验有着现实意义,值得拓展.

参考文献

- 1 陆坤权,刘寄星.软物质物理学导论.北京:北京大学出版社,2006.4~8
- 2 De Gennes P. G. Rew. Mod. Phys. 1992(3):645~648
- 3 马余强.软物质的自组织.物理学进展,2002(1):73~98
- 4 陆坤权,刘寄星.软物质物理——物理学的新学科物理.物理,2009(7):453~461
- 5 朱平平,杨海洋,何平笙.软物质的 θ 溶液.化学通报,2003(2):138~141
- 6 M·鲁宾斯坦(美).高分子物理.北京:化学工业出版社,2007.85~125
- 7 唐四叶,曹欣祥,李仕辉.相平衡法测定氯化聚丙烯在不同溶剂中的 θ 温度.涂料工业,2012(2):56~59
- 8 王竹溪.热力学.北京:北京大学出版社,2005.327~337

(下转第27页)

2.5 网络资讯——培养学生的公民意识素养

培养学生的公民意识是高职物理教学的一项重要任务,在开展物理教学时,引用网络中的鲜活素材,培养学生的公民意识.比如在学习了“波动”这一章以后,我们不妨给学生介绍一个网络上热议的话题——“广场舞引发的社会矛盾”.近几年,广场舞深受大妈们的喜爱和追捧,越来越多的年轻人也加入到了他们的行列.广场舞节奏感强,不仅充实了大妈们的退休生活,也让上班一族的业余生活丰富起来,而且还有强身健体的功效.然而,由广场舞引发的社会矛盾却此起彼伏……大家都知道引发矛盾的罪魁祸首是“噪声”.

激发了学生的探究欲望以后,教师引导学生根据所学知识对噪声及其危害进一步探究:噪声是由无规则的、非周期性的振动产生的,听起来令人烦躁不安,噪声会影响人的听觉,会使心血管系统或中枢神经系统产生疾病,极强的噪声除损伤人体的机能外,而且会使人休克或死亡.噪声污染大多数是由人为因素引起的,只要我们在生活和工作中注意到上述问题,可以大大减少其危害.

当学生了解了噪声的危害后,教师因势利导向学生提出倡议:我们每一位公民在保护好自身安全的同时,要自觉承担起公民应承担的社会责任,自觉保护好环境,积极性与污染环境的人与事作斗争,尽量不产生污染源,不要影响他人的工作和休息.

实践表明,把网络中的相关素材引入到物理教学之中,不仅激发了学生学习的兴趣,还能培养学生的公民意识.

总之,只要我们明确高职物理核心素养的内涵,努力改革传统的高职物理教学方式,依托物理学科的育人优势,一定能有效地培养高职学生的核心素养.

参考文献

- 1 王荣成,李石熙.物理(第2册).苏州:苏州大学出版社,1998
- 2 杨永和,陈红利.“微课”在中学物理教学中的应用策略.物理通报,2015(10):94~96
- 3 教育部.教育部关于全面深化课程改革落实立德树人根本任务的意见.2014-3-30

(上接第24页)

Development on Soft Matter Physics Experiments in General Colleges and Universities Physics Teaching

Hong Xiaozhong

(College of physical science and technology, Hebei University, Baoding, Hebei 071002)

Bai Libin

(College of chemistry and environmental science, Hebei University, Baoding, Hebei 071002)

Jia Pengying

(College of physical science and technology, Hebei University, Baoding, Hebei 071002)

Abstract: Soft matter physics has been an individual characteristic subject in the field of physics due to its fruitful development. It is therefore necessary to design the related experiments in the physical course in general universities. Based on such a consideration, we have performed several typical experiments on the soft matter physics in the past five years for the purpose of enriching the relevant knowledge. In this paper the status about the laboratories of soft matter physics is first presented, which shows the deficiency between developed countries and Chinese mainland in this field, in particular, in most of general universities. Furthermore, the necessity and significance of introducing some typical experiments on the soft matter physics are discussed, which are helpful to promote diversity physical training for the undergraduates.

Key words: soft matter; course on physics experiments; interdisciplinary