

# 《凝聚态物理导论》课程建设的思考

王 广<sup>1</sup>, 张学骛<sup>1</sup>, 秦石乔<sup>2</sup>

(国防科学技术大学 1. 理学院; 2. 光电科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

**[摘要]** 要实现纳米学科的长足发展, 凝聚态物理学理论是基础, 创新型人才培养是关键。以《凝聚态物理导论》的课程建设和教研实践为契机, 从夯实理论基础、凝练教研方向、完善课程建设、加强教研实践等方面切实加强纳米学科的建设, 有望实现突破性的富有成效的创新成果, 有效推进我校的纳米学科发展和创新型人才培养。

**[关键词]** 纳米学科; 凝聚态物理; 创新人才

**[中图分类号]** G642.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8874(2013)S0-0042-03

## The Development of Nano - science and the Cultivation of Creative Talents —Thoughts on Introduction of Condensed Matter Physics

WANG Guang, ZHANG Xue - ao, QIN Shi - qiao

(National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** To achieve rapid development of Nano - science, Condensed Matter Physics theory is the foundation, and the cultivation of innovative talents is the key. Taking the practice of teaching on Introduction of Condensed Matter Physics as the turning point, we have to enhance theoretical basis, focus research interests, improve teaching methods, encourage academic practice, and strengthen the construction of Nano - science, which is expected to achieve a breakthrough fruitful achievements, effectively promote our Nano - science and the cultivation of creative talents.

**Key words:** nano - science; condensed matter physics; creative talents

### 一、引言

纳米学科属于交叉科学研究, 研究纳米尺度原子、分子和其它物质的运动和变化规律, 内容广泛, 需要依靠物理学、化学、材料学、生物学、信息科学等众多学科知识的支撑; 另一方面, 纳米学科属于前沿探索领域, 需要综合利用各学科中最先进的技术手段和方法开展研究, 极富创新。纳米学科的发展是以人为本、因材施教的过程, 创新人才的培养是提高自主创新能力、建设创新型国家的关键, 是实施人才强国战略的重要内容。

基于纳米学科的战略地位和作用, 我校在纳米学科建设方面开展了积极有益的探索, 在“十一五”建设中对理学院物质与材料科学实验中心进行了重点投入。为了加速推进纳米学科的发展, 学校在“十二五”期间继续加强建设, 推进信息、材料、微尺度和

纳米交叉学科的研究, 选定前沿方向, 建设高水平创新平台, 制定发展规划和具体实施政策, 组织多学科人员参与纳米学科建设。由于纳米学科是极其宽广而又艰深的研究领域, 依靠盲人摸象的自由探索和不求甚解的简单模仿, 难以攻克技术堡垒, 取得创新性的高水平成果。我们认为, 要实现纳米学科的长足发展, 凝聚态物理学理论是基础, 创新型人才培养是关键。通过调研国内外纳米学科发展先进单位的经验, 建议从夯实理论基础、凝练教研方向、完善课程建设、加强教研实践等方面切实加强纳米学科的建设, 有望实现突破性的富有成效的创新成果, 有效推进我校的纳米学科发展和创新型人才培养。

### 二、《凝聚态物理导论》课程建设与思考

1973年, 清华大学开办了“固体物理研究班”, 从而正式开始了对凝聚态物理学的研究。教研组的老

**[收稿日期]** 2013-08-05

**[作者简介]** 王 广(1983-), 男, 湖南常德人, 国防科学技术大学理学院工程物理研究所讲师, 博士, 主要研究方向: 低维量子材料和纳米电子器件。

师探索新的科研方向,注重理论和实验的均衡发展,把本学科基础研究同面向国家需求结合起来,逐步形成了有特色的学科优势。通过近40年的努力,凝聚态物理学科经历了初创阶段、稳定发展和成长壮大几个时期,逐渐发展成为物理系的优势学科之一。在注重理论与实验、基础与应用之间的配合与关联的同时,重点增强了学科的整体实验研究能力。凝聚态物理学科理论和实验研究基本平衡,研究特色明显,在一些主要研究方向(如纳米物理、表面物理、凝聚态理论、计算凝聚态物理)的研究成果在国内外已有相当影响<sup>[1]</sup>。

清华大学物理系凝聚态物理学科现有教师27人(包括6名中国科学院院士)。其中有教授21人、副教授6人。有5人获聘教育部长江特聘教授、7人获国家杰出青年科学基金,9人入选教育部新世纪人才计划。清华大学凝聚态物理学科从无到有、从小到大,已经发展成为具有很强科研创新能力的研究所和人才培养基地,已经形成了一支精干的、年龄结构合理、以中青年学术骨干为主体的高水平学术队伍,做出了一批具有国际影响的研究工作,形成了一套培养优秀高层次人才的体制,而且正在继续着蓬勃发展的势头。清华大学物理系的凝聚态物理学科已形成了鲜明特色,为我校《凝聚态物理导论》课程建设和凝聚态物理学科的发展提供了有益的借鉴。

### (一) 夯实理论基础

纵观国内纳米学科发展先进单位,包括:中国科学院物理研究所(北京凝聚态物理国家实验室)、国家纳米科学中心、中国科学院半导体所、中国科学院苏州纳米所、南京大学固体微结构国家实验室、合肥微尺度物质科学国家实验室、北京大学量子材料中心、清华大学低维量子物理国家重点实验室等。我们发现,这些一流的高校和科研院所,无一例外均具备强大的凝聚态物理优势学科,认识到凝聚态物理学理论对于纳米学科的基础性地位,重点支持并积极推进凝聚态物理学科的教学科研工作,在诸多方向上取得自主创新和突破。

凝聚态物理学是当代物理学中最重要、最丰富和最活跃的二级分支学科,研究由大量微观粒子组成的凝聚态物质的微观结构、粒子间相互作用、运动规律及其物理性质与应用的科学<sup>[2]</sup>。半个世纪来,凝聚态物理学理论和实验在诸如半导体、磁学、超导、纳米科技等许多学科领域取得的重大进展,在当代高新技术中起到了关键性作用,为发展新材料、新器件和新技术提供了科学基础。凝聚态物理与纳米学科的研究动态和研究热点不谋而合,而且在学科建设和发展规律方面具有共同的特点:(1)前沿研究热点层出不穷,新兴交叉学科不断出现;(2)研究领域和

研究人员众多,已取得丰硕的研究成果,对科技发展影响广泛,向交叉领域迅速渗透;(3)许多研究方向同时兼有基础研究的性质和技术应用的潜力,科技成果可望迅速有效地转化为生产力。

开设《凝聚态物理导论》课程的教学目的和任务,是使学生深入学习和领会凝聚态物理的基本概念、基本思想和基本理论,理解和掌握原子和分子尺度微观物理图象的基础知识和方法,为进入微纳米物质与材料科学前沿研究提供扎实的物理基础和重要工具。在研究生教学中开设凝聚态物理专业课程,对于夯实纳米学科发展的理论基础,提高研究生自主学习和创新实践能力是十分必要的。这一举措必将促进我校在纳米领域的科学研究和创新人才培养,为建设和发展纳米交叉学科提供理论指导和前进方向。

### (二) 凝练教研方向

凝聚态物理学研究对象广泛,包括固体、液体、液晶、玻璃、凝胶、稠密气体和等离子体、超流体、波色-爱因斯坦凝聚体(BEC)等;研究领域包括等离子体物理、纳米与介观物理、表面与低维物理、半导体物理、强关联与超导物理、磁学、软凝聚态与生物物理、电介质物理、液晶物理、高分子物理等。凝聚态物理的历史背景和发展趋势:20世纪30年代,建立了晶体结构的唯象理论、固体比热理论,金属自由电子论和铁磁性理论;30~50年代,发展了能带理论、电子衍射和X射线衍射的动力学理论;60年代以后,对称性破缺理论占据了中心地位,以它为基础建立了能态、元激发、缺陷及临界领域四个层次;90年代兴起的纳米与介观物理学,成为凝聚态物理的一个新的世界性研究热点<sup>[3]</sup>。

总结近年来的研究现状和发展态势,从学科的发展规律和研究特点出发,提出和进一步凝练重要科学问题、教学研究内容和重点方向。应该始终坚持强调以军事应用和武器装备需求为牵引,加快探索纳米学科在军事领域的可持续发展和应用。注重理论和实验的均衡发展,把本学科基础研究同面向军事需求结合起来,形成有特色的学科优势。在注重理论与实验、基础与应用之间的配合与关联的同时,重点培养研究生的创新实践能力。我们应学习国内外一流高校纳米学科培养基础科学创新人才的方法经验,整合我校数学、物理、化学、材料优秀师资资源,开展研究型、启发式教学,培养广大青年骨干和研究生,凝练教研方向,深入踏实开展前沿探索,建设优秀的纳米科研人才团队。

### (三) 完善课程建设

课程建设是确保人才培养质量最重要的一环,是教学改革的核心,对教学质量的提高和创新人才的培养具有关键作用。课程建设不仅仅是教材建设,还包

括教学思想、教学内容、教学方法等多个方面<sup>[4]</sup>。如何在课程建设和教学过程中,让学生在在学习和掌握基本理论和知识的基础上,培养他们的自主创新实践能力,是我们作为教学和科研工作者们需要长期思考的问题。

(1) 凝聚态物理导论的教学对象面向物理、化学、材料、信息科学等不同专业的研究生,以量子力学和固体物理为预修课程,教材选用中英文的经典著作(冯端、金国钧编著的《凝聚态物理学》和C. Kittel编著的《Introduction to solid state physics》),采用课堂讲授为主、专题研讨为辅的教学方式,使教学内容丰富而又充满新意,为学生进入纳米科学前沿领域研究提供浓厚的兴趣和坚实的基础。

(2) 贯彻以人为本的素质教育思想,遵循因材施教,循序渐进的培养理念,发挥物理学科的特色与优势,坚持厚基础、重实践、强能力,在夯实理论基础的同时,利用物理学专业的相关课程知识,拓展知识的广度,不仅知其然,还要知其所以然。硕士研究生培养注重基础课程和相关理论的学习,相关知识包括固体物理、群论、高等量子力学、半导体物理、X射线晶体学、半导体器件物理等;博士研究生培养注重前沿研究和科学实验的设计,相关知识包括固体理论、近代固体物理分析方法、介观物理和纳米电子学导论、薄膜物理、量子力学前沿等。

(3) 更新教学内容,除了经典的凝聚态物理基础理论外,加入最新的凝聚态物理实验方面的前沿进展。基础理论的主要知识点包括晶体结构与晶体结合、晶格热振动、能带理论、金属电子论、半导体物理基础、磁性和超导性等,所占课时为总课时的三分之二;前沿进展的主要创新点包括现代实验技术(薄膜制备、微观表征、光谱分析、微纳加工)、新型纳米材料(有序介孔、碳纳米管、石墨烯、拓扑绝缘体)和纳米电子器件(单电子晶体管、纳米发电机、石墨烯场效应管)等,所占课时为总课时的三分之一,重点强调其科技应用前景和军事需求。

(4) 教学方法多样化,适应研究生学习的特点,将教师讲授与学生自学、讨论和科研有机地结合起来。开展研究型、启发式教学,在深入领会凝聚态物理学的基本概念和理论知识的同时,结合科研方向设计问题,培养学生独立思考能力,组织研究小组引导专题探讨,激发学生自主学习兴趣。要求学生针对感兴趣的凝聚态物理理论、实验及前沿进展问题,撰写

文献综述、调研报告和科学论文,主要考察学生对基本概念方法的掌握程度、自主学习调研文献资料、分析处理数据、逻辑思维和学术交流的能力。有助于培养学生将抽象的理论知识运用于实际研究的能力,留给学生较大的独立学习与思考空间,并给学生更深刻的认识和启发。

#### (四) 加强教研实践

加强教学研究实践环节,进一步培养学生的综合素质和创新能力,并组织开展研究生创新拓展和实践项目。结合研究生科技创新计划,依托数理研究生创新基地和微纳技术创新环境,立足高性能计算、军用光电芯片技术、微尺度信息处理、芯片级电子器件研究的需要,瞄准军事应用和需求,开展微观结构表征与性能测试、电子束曝光技术、光电探测功能器件研究、量子探针技术等创新实践活动,着眼培养研究生在低维量子物理原理研究、器件设计、材料分析、结构制备、性能测试与功能应用等方面的创新实践能力。教学与科研实践既互相联系也相互促进,通过高质量的教学科研实践可以培养出高水平的创新人才,创新人才团队同时也将推动教学科研水平的进一步提升。

### 三、结束语

以《凝聚态物理导论》的课程建设和教研实践为契机,培养广大青年骨干和研究生,建设优秀的学术科研团队,充分发挥优势实施整体作战,夯实理论基础、凝练教研方向、完善课程建设、加强教研实践,深入踏实开展教学和研究,有效推进我校的纳米学科发展和创新人才培养。只有这样,我们才有可能取得佳绩,取得突破,取得若干具有自主知识产权的原创性成果,为国防关键技术突破和建设创新型国家做出应有的贡献。

#### [参考文献]

- [1] 段文晖,陈曦. 清华大学凝聚态物理学科的发展历史和最新研究进展[J]. 中国科学:物理学 力学 天文学. 2011(41): 493-500.
- [2] 冯端,金国钧. 凝聚态物理学(上卷)[M]. 北京:高等教育出版社,2003.
- [3] 刘智运. 构建中国特色本科教学评估制度的探索[J]. 高校教育管理. 2009(6): 26-33.

(责任编辑:胡志刚)