

## 关于理论物理教学改革的若干思考与实践\*

李华钟<sup>1)</sup> 崔世治 吴深尚

(中山大学物理系 广州 510275)

《物理》最近开辟专栏,讨论理论物理教学改革,反映出这个问题正受到普遍关注.多年来,我们也曾就此进行过思考和讨论,并沿某个方向作过一些探索与尝试.应编辑同志之邀,将一些想法和做法整理成文,以求教于广大同行.

## 1 “四大力学”是有效的,但不是唯一的

我国自1952年“院系调整”以来,在“全面学习苏联”的指导思想下,综合性大学物理专业实行一种统一的课程体制,其中设四门理论物理课程,统称“四大力学”.从此沿袭多年,有些学校沿袭至今.因此,思考理论物理教学改革,首先一个问题就是如何认识与评价“四大力学”体系?

应该肯定,前苏联培养物理学人才的“四大力学”是一种有效的体系.前苏联以至现今的俄罗斯,在军事科学上仍是很先进的,第一颗人造卫星是前苏联发射的.但是,培养人才的有效方法从来不是唯一的,理论物理教学的有效模式也不可能只有一种,除了前苏联模式,许多其他国家同样各有其有效模式.英、法、德等国的模式不尽相同,但他们的科学技术也是先进的;日本亦然,遑论美国.事实上每个国家都有它自己的长期实践中形成的、合理的和有效的方式、方法乃至体系.中国也是如此.50年来,新中国的理论物理教学也自有其特点,也培养了不少有用人才,并非一切都不妥,一切都要改.50年前,“全面”学习前苏联固然失诸片面,今天亦不能以为美国似乎高科技傲视全球而全面照搬美式教学模式.事实上,我国现行的“四大力学”就其内容与教法而言已经不是前苏联模式的复版,而是经过我国的教学工作者50年实践改造的有国产印记的传统模式.它有许多精彩之处.我们认为要改革“四大力学”的体制,并非因它本身大有问题,而是从实践中认识到它并非是唯一有效的体制.

再者,“四大力学”对我们中山大学的学生来说

并非最合适的选择.因为即使在同一个国家内,对于不同的学校、不同的学生,也不能一概而论.对于素质一般,并非全是“中学尖子”的大学生,例如我们中山大学的多数学生(他们高考分数只是中等),“四大力学”之于他们显得营养过剩而吸收不多;更有甚者,会因消化不良引起“厌食”、“腹泻”等毛病.所以,对国内少数几所大学(它们囊括了全国中学毕业生之精英),“四大力学”可能是很适合的;但对于其他学校的大多数学生来说,就不一定合适了.至于成才就业之时,他们也不会像北京大学、清华大学等校的毕业生那样大多从事高新科技的研究与创新,故“四大力学”对他们未必是最佳选择.20年前我们提出改革之议,正是基于这种认识.

## 2 “四大力学”是完美的,但完美未必是合用的

“四大力学”的完美体系就像一所富丽殿堂,不论天才或庸才,身处其中都会感到陶醉,容易安于现状而失去想象力与创造力.提出改革“四大力学”之议并非因它欠完美,恰恰因为它太完美,如果不加区别地全套灌给青年学子,难以给青年人发挥的空间(当然,若教者和学者皆是杰出人才,则当作别论).

理论物理的庞大殿堂不是一下子建成的,它经历了一个不断拓展与丰富的过程.在这个过程中,随着探索触角的不断伸展,理论细节也不断丰满,才形成今天的面貌.而这个过程,还一直在继续,前面还有着广阔的发展空间.对于正在从事理论工作并有足够天分的青年人来说,他们或许能够在欣赏这座殿堂之余,进而跳出它的框框.这实在是很难得的,因为这是一个成熟、严谨、牢固的框架.有理论才

\* 2000-04-03收到

1) 中山大学高等学校研究中心成员

能的人能够出入自如,也需要出入自如.对大多数中等水平的学生来说就未必有此能耐了;对于将来主要从事于应用的人来说,似乎也无此需要.把一座巨大森严的理论物理大厦压到他们面前,他们也许只能“望洋兴叹”,感到“可远观而不可亵玩焉”了.

当然,“应用型”人才仍然必须具备一定的理论素养,培养这种素养正是理论物理教学的任务,是其他类课程无法代替的.但他们从理论物理学中应吸取的精华,主要在于一种高层建筑.活跃而又严谨的思维方式.对他们更重要和更有用的也许是:当碰到一种现象或实际问题时,能运用理论思维去估算一些大致的关系;预见解决问题的大致方向和进一步深入解决问题的途径;乃至觉察某些新现象中可能与现有理论和观念不一致之处等等.即是说,他们的学习不应着眼于求全,而应着眼于求“活”.这样的课程才是对他们来说最合用的课程.

### 3 我们做过的改革尝试

1980年是改革开放初期,物理学专业学制已从5年改为4年,培养目标亦增加了“应用型”人才的培养任务,且实际上社会对这类人才需求的比例越来越大.此外,自20世纪50年代以来,我国大学一直秉持的“专业教育”、培养“专才”的教育思想亦开始有所松动,强调“扩大大学生知识面”,要求理科学学生多学一些技术性与人文类课程.在这种形势下,我们感到改革理论物理课程体系实属势在必行,于是尝试设立一门一学年的“理论物理导论”课程(下面简称“导论”),与此同时,保留与改革原有的“四大力学”.最初几年,“四大力学”作为高一个层次的任意选修课,以满足有进一步要求的学生的需要;从1985年起,改为双轨制,即“导论”与“四大力学”并行,学生从二者中择一、分流培养这样一种模式,一直坚持到现在.

对于这一改革,有赞同和支持的,也有不赞成和不支持的.近20年来,系领导与任课老师都几经更替,原先的设想实际上未必能一贯地得到认同、体现和发挥,但毕竟还是有部分教师坚持在自己的教学中沿此方向探索与实践,并积累了一些东西.到今天,“导论”这一门课由原来只有很少学生选修的课,变成了中山大学物理系大多数学生自动选修的主流课程.选修“导论”课程的学生人数占年级学生总人数的比例逐年增长(见图1).

来自学生的反映是比较好的.有些学生选修“导

论”课起初只是出于对理论物理心存“恐惧”,冲着它课时少而来.选修以后,感到由于它更能突出科学思维的训练而学得更活了,也提高了对理论物理的兴趣.一位现在继续攻读博士(非理论物理专业)的同学还反映:只学过“导论”而未修“四大力学”,并未对他在研究生阶段学习构成障碍,因为理论物理的整体框架已经基本掌握,而又得到理论思维方法的训练,较薄弱的理论功底可以随需要得到加强.

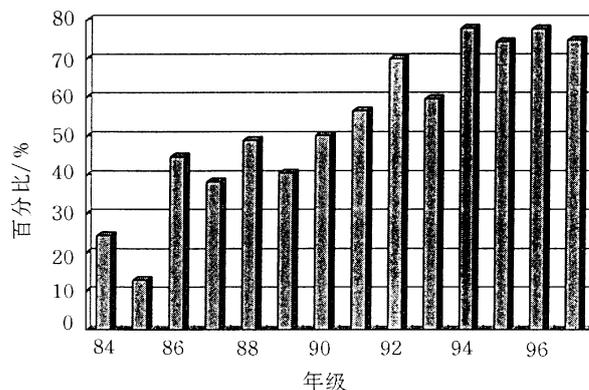


图1 选修“导论”课程的学生人数比例逐年增长的情况

当然,这只是一个方面的反映.这一改革的总体效果如何,可能仍是见仁见智.但起码可以说,它提供了一种可操作的新模式,可以与传统模式及其他改革模式一道,经受实践的进一步检验.

### 4 编写“导论”教材的指导思想

在上述基础上,从1994年开始,我们几个人集体进行研讨,分头执笔整理,目标是写出一套“导论”教材.迄今首先整理出来的是“力学、热物理学卷”,它作为中山大学“211工程”首批“精品教材”之一,已于1999年8月由高等教育出版社和德国Spinger出版社出版.

编写过程中我们的主要指导思想是:

(1)“导论”的对象是“实验物理”、“应用物理”和“工业物理”方面未来的专业工作者,为他们提供必要的理论物理基础和理论方法训练.其中“工业物理”是李华钟标新立异的提法,有另文论述[见“在第三届中、美、日物理教学研讨会上的发言”(1993)及在中国物理学会广东分会年会(1990年)上的报告:“物理学与传统工业”<sup>1)</sup>].

1) 2000年第2期《物理》发表的“培养目标、从业要求和四大力学”(作者:宋菲君)一文中所讲到的问题,大体上是本文中提到的“工业物理”,而不是“应用物理”.

(2)“导论”不是“四大力学”的“浓缩版”或“精简型”,没有必要保留“四大力学”的全部框架,或完整理论结构.“导论”的框架不是提纲挈领式的演绎逻辑,也不作“打下深厚基础”的长远打算.

(3)“学以致用”,但不是“立竿见影”。“导论”要回答的问题是:“当您碰到一种实际现象和问题时(它也许是新的,也许不是新的,也许是很有意义的,也许没有意义...),您怎样去运用最少、最简易的物理概念和最简便的理论思维和推演方法,去理解它?怎样从前人早已解决的问题中汲取思路和方法去解决它或者否定它?”“学以致用”强调的是“活用”,而不是百宝箱、工具箱式的“学以备用”.课程中提供的只是一些基本原则和范例.“少而精”要落实到“少而活”.

(4)“导论”中需要介绍一些辅助工具以填补现实与课本之间的鸿沟,成为从课堂到现实的通道和桥梁.

配合这种想法,1980年时还曾有一门辅助的选修课程,叫做“应用物理的理论方法”.这次成书时,把讲稿加以整理补充,形成一个“附篇”,以加强贯穿于全书中的这种特色.

该教材出版以来,有幸获得了同行的一些积极反应.复旦大学倪光炯教授还特地在《大学物理》上发表了书评(即将出版).

我们上面所表达的见解,很可能是肤浅的、偏颇的甚或是荒谬的;我们的有关实践更不敢说是成熟和成功的.为了共同推进我国理论物理教学的改革,不揣鄙陋,聊作引玉之砖.深盼这场讨论,在百家争鸣、百花齐放之中,结出丰硕的果实.

致谢 感谢《物理》主编阎守胜教授和编辑古丽亚女士关心和鼓励本文的写作,使我们有一个较为全面系统思考这一问题和整理我们思路的机会.

## 前沿和动态

### 在 $\text{La}_2\text{CuO}_{4+y}$ 中超导与长程非公度磁有序的共存

铜氧化物超导体的相图具有如下共同特征:未掺杂或很低掺杂浓度对应反铁磁区;最佳掺杂及欠掺杂的低温相是超导区;当掺杂浓度介于上述二者之间时,材料既不超导也不具有反铁磁长程序.一般认为,超导与长程磁有序不能共存.

然而,在过去的10年中,核磁共振、 $\mu$ 子自旋共振( $\mu$ -SR)和中子散射实验已经证明:动态反铁磁关联是高温超导体的固有属性.

最近,研究兴趣转移到了观察高温超导体中的静态非公度磁有序.对于  $\text{La}_{1.6-x}\text{Nd}_{0.4}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ , Tranquada 等的研究表明,存在电荷以及自旋的静态有序,并且调制相对于晶格是非公度的.对此,Tranquada 给出的图像是:反铁磁有序条纹区被电荷畴壁分割,后者相当于磁反相畴的边界.  $\text{La}_{1.6-x}\text{Nd}_{0.4}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  的低温晶体结构与  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  不同,前者是四方对称,后者是正交结构. Tranquada 曾猜想,只有在低温四方结构中才可能观察到静态磁有序,而且这种磁有序的出现必然伴

随着超导转变温度  $T_c$  的降低.

后来,关于单晶  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  的中子散射实验证明,在  $x=1/8$  的样品中,非公度自旋密度波有序与超导共存.由弹性散射峰宽导出的静态磁关联长度竟然高达  $200 \text{ \AA}$ .并且,  $T_c$  与自旋密度波有序温度  $T_m$  基本相等,与  $\text{La}_{1.6-x}\text{Nd}_{0.4}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$  系统的  $T_c$  被抑制形成鲜明的对照.

本文介绍美国麻省理工学院的 Y.S. Lee 等通过中子散射实验研究单晶  $\text{La}_2\text{CuO}_{4+y}$  ( $y=0.12$ ) 的最新结果.这一超导系列的  $T_c$  可高达  $45 \text{ K}$ ,由于 Lee 等成功地制成了单晶样品,中子散射实验给出了关于磁有序自旋结构的详细信息. Lee 等的结果表明:对于  $\text{La}_2\text{CuO}_{4.12}$  单晶样品,当温度降到  $T_m = 42 \text{ K}$ ,样品进入长程非公度磁有序态,而这个相变温度恰好与样品的超导转变温度  $T_c$  相吻合.

核磁共振和  $\mu$ -SR 技术探测的是自旋关联的局域性质,而中子散射实验测量的是自旋的集体行为.对于未极化的中子来说,非弹性散射截面正比于自旋对关联函数  $\langle S^a(0,0) S^b(\mathbf{r},t) \rangle$  的傅里叶变换