

对《电动力学》课程改革的探讨

熊万杰 陆建隆

(南京师范大学物理科学与技术学院 江苏 210097)

电动力学是在电磁学基础上对电磁场的基本性质、运动规律以及电磁场与带电物质之间相互作用更系统、更深入、更严密地进行阐述的理论体系。它是理论物理(理论力学、热力学统计物理、电动力学、量子力学)的重要组成部分,是高校理论物理专业、应用物理专业及相关专业的一门理论基础课。

随着现代科学技术的飞速发展、社会需求的变化,电动力学课程建设也暴露出许多迫切需要解决的问题。长期以来,高校电动力学教学以部颁大纲为标准,注重对学生基本功的训练,在讲深讲透概念之余,辅以足够的、艰深的习题训练。这样培养出来的学生在基础理论方面确实比较扎实,通过学习电动力学知识,也能潜移默化获得一些解决问题的方法,但是学生疲于奔命地追逐已经成熟的书本知识,习惯于体会书本、服从书本,很少怀疑,碰到问题不是独立去思考,而是先从书本上找答案,缺乏探索精神和创新意识。

另外,随着学科知识的迅猛发展,知识更新周期空前缩短,在课时有限的情况下,如何削减部分看似已经十分稳固的内容,增加有关与电动力学相关的部分前沿知识,以激发学生的学习积极性?如何让学生在获得宽厚基础的同时,使他们能跟上时代的步伐,受到全方位的训练,以适应21世纪培养高素质人才目标的需求?目前尽管电动力学教材版本较多,但是内容和体系结构差异较小,和相关课程的衔接较为欠缺;适合综合性院校的教材多,适合师范院校、具备鲜明师范性特点的教材少;电动力学所蕴含的科学思想和科学方法在大多数教材中阐述也不充分。

一、电动力学课程改革的关键在于教育观念的更新

电动力学课程的改革必须以新的教育理念为指导,才能使改革沿着正确的轨道发展。

1. 终身教育的观念。教育的目的在于除了考虑目前学生的学习以外,必须兼顾今后学生的发展。通过学习物理知识,学生能掌握一套思维方法和解决问题的方法,能受到科学精神的熏陶和科学素质的训练,从而增强发展后劲,沿着自己有可能达到的

最高、最好的发展目标前进。

2. 培养目标的多样化。随着市场经济的不断发展,社会对人才的需求呈现出多样化的特点,物理教育目标也逐渐呈现出多样化的趋势。综合性院校物理专业的毕业生,除了一部分从事理论物理和实验物理的研究工作外,还会有相当一部分转行,去从事经济、技术、社会科学等其他工作。即使是师范院校物理专业的毕业生,除了一部分到各级学校担任物理教学工作,一部分选择继续深造读研外,还有一部分也可能转行从事其他职业。教育要尊重学习者的个体差异。因此,我们不能仅仅着眼于培养物理学家或物理教师,还必须根据学生的不同从业特点来选择教学内容和教学方法。

3. 传授知识与培养能力相结合。教育除了为学生提供必要的知识储备外,还必须为他们提高必要的的能力储备。如果学生经历了教育过程后,只是熟悉了一些现成的知识并形成对这些结论确信无疑的倾向,那么这种教育的功能就不是对个性的发展与解放,而是对个性的限制和压抑。在学校尽可能多地传授给学生知识是一种糟糕的观念。电动力学,涉及到类比方法、归纳方法、演绎方法、科学假说和物理模型方法等,因其体系严密,对数学工具和思维方法都有较高的要求,许多教师和教材关注如何有效地传授给学生知识本无可厚非,但为培养适应21世纪竞争的高素质人才,必须培养学生的探索精神和创新能力。同时也要注意科学方法的教育。

4. 渗透 STS 教育。“科学、技术与社会”(简称 STS)是近年来世界各国科学教育改革中形成的一种新的科学教育的构想,其基本精神是:把科学教育和当前的社会发展、社会生产、社会生活紧密结合起来,既要考虑当代科学技术发展对教育提出的要求,又要研究社会成员,对现代和未来社会生产、社会生活发展做出决策。众所周知,随着现代科学技术的发展,科学技术与社会的关系越来越紧密,社会的进步要靠科技的动力来推动,科学技术的发展要靠社会的进步来导航,因此未来社会的人才需要有科学技术与社会的整体观念,要有一定的科学意识和社

会价值观。在电动力学课程中渗透 STS 教育,一是适当介绍电磁理论的发展历史,讲解电磁理论对社会和生活的进步所产生的巨大作用;二是适当介绍科学知识的两面性,比如电磁辐射等问题。

5. 内容的更新与教学方法的更新配套。课程不只是一些于教育情景之外开发出的书面文件,而是师生在教育情景中共同创生的一系列“事件”。在电动力学课程中打开一些与之相关的近代科技前沿“窗口”,补充超导电动力学、等离子体电动力学、光纤通信、晶体光学、自由电子激光等内容,对激发学生的学习兴趣 and 探索欲望,对学生了解电动力学的新进展都是有好处的。对这部分内容如果按照旧的注入式教学方法,需要的课时多,教学效果不一定好,因而应该采用启发式、渗透式。著名物理学家杨振宁说,渗透性学习法,就是在学习的时候,学生对学习的内容还不太清楚,但就在不太清楚的过程中,已经一点一滴学到了很多东西。

二、电动力学课程改革的现状与基本经验

在 20 世纪 50 年代,我国高校物理专业开设的电动力学课程基本上承袭前苏联的教学模式。1977 年恢复高考后,电动力学才又重新被列入高校物理本科的必修课程之一。1980 年教育部电动力学教学委员会修改了教学大纲,指出电动力学课程的教学目标为:①掌握电磁运动的基本规律,加深对电磁场性质的理解;②了解狭义相对论的时空观及有关基本理论;③获得在课程领域内分析和处理一些最基本问题的初步能力,为学习后继课程和独立解决实际工作中的有关问题打下必要的基础。同时指定由高等教育出版社出版、郭硕鸿编的《电动力学》和阚仲元编的《电动力学教程》为参考教材。其间相继出版了曹昌祺、蔡圣善和朱耘、何启智、梁绍荣与王雪君、张泽瑜与赵钧、张民宽与石开屏编写的教材,其框架基本一致。其中蔡书以全、深、透而著称,梁书则以推导详细、易学易懂为特点。

随着市场经济的逐步发展和教育改革呼声的日益高涨,人们的教学观念也发生了很大的变化,近年来出现了一批反映各高校电动力学教学改革成果的新教材。比较有代表性的有南京大学的尹真(1999 年)的教材,北京大学的俞允强(1999 年)的教材,罗春荣、陆建隆改编的西安交通大学出版社的《电动力学》(2000 年),还有吉林大学的王秀江和刘迎春(2000 年)的教材。尹书的特点为:①重点突出经典电动力学理论精髓,强调物理概念的严谨与数学描

述的统一;②增加与电动力学相关的近代科技成就、科技动向的新题材;③对一些近代研究课题中的思维方法和技巧进行探讨;另外还精选了许多讨论题。俞允强先生将教材定名为《电动力学简明教程》,他主张在保留理论的系统性和基本概念的清晰性的基础上,教学内容从简、习题训练从易,因为物理学在近半个世纪内有很大的发展,值得关注的新兴分支很多,知识宝库越来越庞大,基础部分也越来越庞大,学好四大力学已不能算为前沿领域做好了准备。他认为要立足于培养杰出的物理学工作者,对已经成熟的知识,只能在教学中摘取其中很少的精华部分,否则教学难以适应时代发展;另一方面,现有基础课与前沿课题的距离在拉大,若基础课过多地花费了学生的精力,势必影响学生对前沿问题的兴趣,而前沿问题正是物理学的生命力所在。西安交大出版社出版的《电动力学》第一版主编是吴寿章和丁士煌,2000 年的第三版由罗春荣和陆建隆任主编,该书的主要特点是简洁易懂、插图丰富、注重建立模型等,书中穿插了作者们的一些研究成果和与实际生活相关的内容,大部分现代内容都是以小字编排穿插在相关章节中。与教材配套还出版了一本教学指导用书,对基本概念和定律作了较深刻的分析,对教材各章节的内在联系作了详尽的阐述,对解题中容易产生的疑难问题作了明确的回答,尤其是书末附有若干专题,是对教材内容的补充与升华。吉林大学王秀江和刘迎春编写的教材是由他们讲课的讲义整理而成,体系严密、讲解透彻,内容多而全,注意到了介绍前沿科技的部分成果,该书另一大特点是精选了较多的例题,并有详细的解答。

电动力学的教学手段和教学方法也逐步发生了变革。研究性学习、渗透式教学已融入电动力学的教学中。

总之,电动力学课程改革呈现出百家争鸣、百花齐放的良好态势,适当地总结已有的经验,对进一步进行电动力学课程的改革是必不可少的。

三、进一步改革的基本策略

1. 强调“范式”。电动力学理论体系严谨,系统性和条理性都较强,在重新整合电动力学课程的过程中,无论是对综合院校、师范院校还是专科院校,都要注重体系的逻辑性,这是理论物理的特点和优势,不能因对课程进行改革而降低电动力学知识理智的、情感的、审美的价值。所谓“范式”,按照科学史家库恩的观点,是一门学科成为科学的必要条件,

科学的建立是以范式的形式作为标志的。心理学家布鲁纳认为:不论我们选教什么学科,务必使学生理解该学科的基本结构。电动力学的基本结构为:电动力学的基本方程 \rightarrow 静电场 \rightarrow 静磁场 \rightarrow 电磁波辐射 \rightarrow 电磁波的传播 \rightarrow 狭义相对论 \rightarrow 带电粒子与电磁场的相互作用。这个结构的主干线索就是电动力学课程的“范式”,即麦克斯韦方程组和洛伦兹力公式。电磁波的传播是将麦克斯韦方程组化为波动方程讨论电磁波在无界和有界空间中的传播,并利用麦克斯韦方程组在介质界面上的形式(即边值关系)讨论电磁波在介质界面上的反射和折射;电磁波的辐射是将麦克斯韦方程组化为用电磁势描写的达朗贝尔方程,求出其特解(推迟势)而进行讨论的;电磁波的衍射、散射也是以麦克斯韦方程组和洛伦兹力公式为基础的。

2. 体现物理学的整体性。物理是研究物质结构和相互作用以及物理运动规律的科学。根据不同的研究对象和内容,物理学包括理论力学、势力学与统计物理、经典电动力学、相对论和量子力学。电动力学是物理学的一个分支,作为物理学的一部分,电动力学不是孤立于其他分支内容而单独存在的。把电动力学放在物理学的这个大背景中,加强各知识点相互之间的横向和纵向联系,对学生学习物理学时举一反三、融会贯通是有帮助的。比如在讲电磁场的传播时,就可以用电磁理论推导出光学中的折射、反射定律、布儒斯特定律;规范场的概念和势的物理效应,为宏观量子效应埋下伏笔。

3. 充分发挥习题的教育、教学功能。习题训练是学习理论课程时必不可少的一环,习题是课程内容不可分割的一部分。但遗憾的是,它并未受到应有的重视。可以从如下几方面来挖掘习题的教育功能:①引入与近代物理学发展的前沿问题和现代高新技术有关的习题。这类习题的用途在于在不增加课时的基础上,使学生对于电动力学中的新理论、新应用有所了解,开阔学生的视野,培养学生的自学能力。下面就是一个有关电流变液体的习题:电流变液是一种高介电常数的固态微粒与低电容率的绝缘液体组成的悬浮液,不加电场时呈液态;外加电场后,其中的微粒发生极化,从而形成长链。由于长链的牵引,使得电流变液的剪切应力(粘度)大幅增加,甚至发生相变,转变为固态。现考虑一种简单的情况,假设有两个固体微粒,其电容率均为 ϵ_p ,绝缘母液的电容率为 ϵ_r ,球形微粒的半径为 a ,两球相距为

$r(r \gg a)$,加上匀强外电场 E_0 后,两粒子发生极化相当于两电偶极子。求证:两球之间的吸引力大小正比于外电场强度的平方(即 $F \propto E_0^2$)。②设置开放性习题。开放性习题的引入,有利于培养学生的思维能力、科研能力,训练养成严谨、踏实、思想活跃的学风。如在学生学习等离子体一节后,就可以布置这样一道习题:设计一个估测大气电离层不同分层的浓度和高度的实验方法。③例题的选取要有代表性。课本上的例题要精心配置,它不应该仅仅是用来熟悉公式的,而是应该在解题思路和解题技巧方面提供示范。④注重习题的实际背景,增强趣味性。一般的习题都是纯粹的对理论知识的训练,如果在里面加些与实际有关的内容,就具有了人文意义。以下是费恩曼讲义中的一道习题,就赋予了习题人文的意义:一位测试辐射图样的野外工程师,驾驶直升机以 $120\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的速率沿着半径为 $3.2 \times 10^3\text{m}$ 的圆周低空飞行。这个圆是以2个南北相对竖直放置的偶极发射天线的中点为圆心。对应于测试频率,两天线相距为半个波长,在正常情况下两天线以相同的位相振荡。现在发射机的操作者要对野外工程师开一个玩笑,他以一定的速率改变天线间的位相关系,使直升机上的工程师观察不到辐射强度的变化。当直升机在天线的正东方时发射机的操作者开始改变位相关系,试问当直升机在天线的东偏北 θ 角时,他需以多大的速率改变位相关系?⑤适当地配置一些英文习题。现在做科学研究时,对英文的要求越来越高。英文习题有助于学生掌握与电动力学有关某些英语单词,为他们看懂英文文献打好基础。⑥习题应该分类。一般应分为ABC类,A类主要是熟悉概念与定律的题;B类是需要予以思考的题;C类题为难题。这样习题层次分明,让学生心中有数,有针对性地进行练习。

4. 列出参考文献。对于融入电动力学课程中的前沿知识,课程只能打开“窗口”,作一些较为简要的介绍,目的是提高学生的兴趣,开阔他们的眼界,加深理解。列出参考文献,便于学生比较容易地找到相关资料,让有兴趣的学生进一步钻研,获得科学研究的初步锻炼。

电动力学课程的改革是一项细致而艰难的工作,为使改革进一步深入,需要我们广大从事电动力学教学的教师点点滴滴积累经验,不断提高自身学术素养、更新教育观念,逐步实现电动力学课程的现代化。