

力学电磁学

教学研究

高文渊 等著

南京大学出版社



力学电磁学教学研究

南京大学出版社

力学电磁学教学研究

高文渊等著

南京大学出版社出版发行

南陵县印刷厂印刷

开本 880×1230 1/32 印张6.125 字数143千

1990年12月第1版 1990年12月第1次印刷

印数1—2450

ISBN 7—305—00989—x

0-58

定价：3.50元

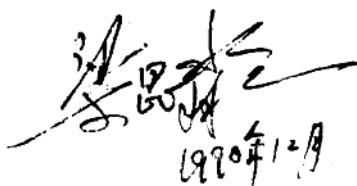
序

在《力学电磁学教学研究》一书即将出版之际，有幸读到其中五篇文章。

“基础物理课程的讲授艺术”总结概括了作者关于教学艺术的研究。文中论述很有见地。例如，文章提出，为提高教学艺术，首先要提高自身的素养和修养(甚至包括文学修养)，为此必须开展深入的教学研究；又如，文章指出，条理清晰不仅仅在于板书的清晰，重点突出不仅仅在于声音高、多次重复，而更在于通过化难为易的研究，进行深入浅出、生动形象的论述。

另一类文章是作者对教学内容、基本概念、基本规律的细致研究。“合力的准确理解和正确使用”指出了时有所见的“合力”一词的误用。“孤立导体上电荷的静电平衡分布”揭示出关于电荷面密度与导体外表面曲率的关系的一种片面理解。“演示教学法”提出要注意处理好的几个关系，并通过学生们在中学已见到但未必正确理解了的自感演示实验的逐步深入，例示怎样启发学生的思考。“电磁感应的基本规律和感应电动势的计算方法”讨论了涡旋电场中导线上的电势差这样一个很有味道的问题。

我这里不免是“管中窥豹”。不过，我还是指望读者从本书获得益处，并祝愿作者在教学研究中不断取得新成果。



李景
1990年12月

出版说明

物理教学除了突出物理自身内容外，还要体现物理学的教与学的规律和特点。因此，虽然作为物理专业重要基础课程的力学和电磁学的基本内容在理论上已很成熟，但从教与学方面来说，教学内容如何改革与充实，如何教与如何学，很值得深入的研究。对于教师，教学研究是一项很有意义的工作。

《力学电磁学教学研究》共有31个专题，着重于力学和电磁学基本概念、基本规律的讨论，教材难点的处理，易于引起误解处的分析，也注意到教学方法的讨论。本书的写作，力求深入浅出、语言精炼畅达，力求对教学具有针对性和实用性。

梁昆森教授为本书作序，十分仔细地审阅了部分书稿，提出不少珍贵的意见，在此谨表衷心的感谢。

本书是在高文渊主持下写作的，各篇文章的作者一律在每篇的末尾署名。全书的统稿由高文渊负责，胡荫远参加了部分书稿的统稿工作。

本书可供大学基础物理教师和中学物理教师参考，也可供师范院校物理系的学生阅读。

我们热诚欢迎广大读者对本书提出批评和指正。

作者

1990年12月

目 录

1	基础物理课程的讲授艺术	1
2	前科学概念的影响及其转化	8
3	演示教学法	12
4	理想模型的教学	20
5	电磁学史话	24
6	有关摩擦起电的几个问题	31
7	金箔验电器是测量什么物理量的仪器	34
8	孤立导体上电荷的静电平衡分布	39
9	静电问题的电力线解法	46
10	电位零点和研究点的选择	54
11	D 矢量和高斯定理	61
12	极化电荷的“屏蔽”作用	64
13	场和路——导电介质中电流和电场的计算	70
14	电磁感应的基本定律和感应电动势的计算	78
15	同一回路的概念和电磁佯谬的消除	96
16	H 矢量和安培环路定理	100
17	电磁能量和麦克斯韦方程	106
18	电磁场力的能量解法	119
19	自感系数的定义和串联等效自感公式的 推导	130
20	自感系数两种算法的等效性	135

21	提高功率因数的意义和方法.....	143
22	麦克斯韦位移电流假说.....	148
23	偶极振子电磁场的求解.....	154
24	“合力”的准确理解和正确使用.....	159
25	动量守恒定律.....	162
26	一对摩擦力的功.....	166
27	重力势能增量的定义.....	169
28	机械能守恒定律的意义和条件.....	172
29	波形图和振动图的区别与联系.....	176
30	关于波的能量问题.....	180
31	物理学中的正和负.....	183

1 基础物理课程的讲授艺术

教学质量是衡量学校办学水平的基本依据，而目前高校教学的主要形式仍然是课堂教学。课堂教学的过程实际上是教师把凝聚着自己心血的讲稿用讲授的方法转化为学生的知识和智能的过程，这就为教师提高教学质量指明了途径：首先要有高质量的讲稿，因而必须开展教学研究，用研究的成果充实、丰富教学内容；其次还须寻求一种科学的方法以实现这个“转化”，这就要求教师熟悉教学规律、掌握讲授艺术。一部优秀的影片必须有杰出的编剧、导演和演员，而教师则要自编、自导和自演，可见课堂讲授确实是一门名副其实的高级艺术。只有那些在教学实践中敢于探索、勤于思考而又善于总结的教师，才有可能逐步掌握课堂讲授艺术，形成自己的讲授风格。说起来容易做起来难，那些在小小的讲台上谈笑风生，能把学生带入自己设计的胜景之中的教师，无不付出大量的心血和备尝失败之痛苦。“听课是一种享受，讲课也是一种享受”，似乎只是一种可望而不可及的理想境界，但对于一生都要站讲台的教师来说，既应该也值得为达到这一美妙境界而去追求、探索、奋斗，纵然不是其乐无穷，至少也是乐在其中。

一 博学与见地

教师的优良素质和较高水平的物理修养是课堂讲授高质量的基础和保证，教师的每一节课都是对这种素质和修养水准的

反映或衡量。因此要提高讲授艺术，教师首先要提高自身的素质和修养。

物理教师只懂得教育学和心理学的原理、背诵一些条条框框是不够的，重要的是能应用这些理论来指导教学实践，逐步积累总结出一套自己的东西。要研究科学方法论，其实物理学的发展历史和现代进展就是一部很好的科学方法论，结合教学内容适当地从方法论的高度去讲解，不仅易于理解，还能拓宽学生的思路。许多物理教师不注意自身的文学修养，这实在是一种悲剧，教师文学水平的高低恰恰是影响其教学效果的一个直接的重要因素。

教学的目的是为了培养和发展学生的智能。现代教育理论认为，系统的知识有利于向智能方面转化。美国教育家布鲁纳指出：“学习任何学科，主要是使学生掌握该学科的基本结构。”在任一门课程的教学过程中，都须注意知识的深度和广度，重视知识的纵向联系和横向联系，使学生学到的知识具有完整性、系统性和科学性，以促进知识向智能方面转化。因此教师的备课不能就事论事地只限于课本，必须开展学术研究，使之和教学结合成一个有机体。例如讲授物理系电磁学课程的教师应该做到：

(1)对国内外电磁学教材的研究

对国内外流行的十多种电磁学教材进行系统的研究和比较。通过解剖知识结构不难发现，电磁学存在着两条主线（力与运动和功与能）、两个观点（场和路），其主要内容是：以三个基本实验定律（库仑定律、安培定律和法拉第电磁感应定律）为基础，用两个原理（电荷守恒原理和迭加原理）和两个假说（麦克斯韦涡旋电场假说和位移电流假说）导出电磁学的所有

定理，麦克斯韦方程组是这一切的最好总结和体现。当然，就物质之间的相互作用而言，电磁学可分为三大部分：静场和场源的关系（静电场和电荷的关系，静磁场和电流的关系），场对粒子性物质的作用（静电场对导体、电介质的作用，静磁场对磁介质的作用），场和场之间的作用（电磁感应和电磁波）。从物质相互作用的观点讲授电磁学，更便于采用比较法，逻辑性更强。

（2）专题研究

要把电磁学的基本概念、基本规律和基本方法、重点和难点列为专题，进行深入地研究，既要对每个问题的理解形成自己独到的见地，也要对这些内容的教学找到行之有效的方法。

（3）对先行课程与后继课程的研究

电磁学是物理系最重要的基础课，它是电动力学、电工学、无线电电子学、电视原理等的基础，电磁学教师要对这些课程进行系统的研究，熟悉它们对电磁学的要求。由于历史原因，高校教研室、教师分工过细，一个教师长期只教一门课的现象普遍存在，这实在不利于教师的培养和教学质量的提高。电磁学是普通物理的一部分，它和力学、热学、光学、原子物理学都有密切的关系，应该对整个普通物理进行较深入地研究。讲授过普通物理各个部分及物理系有关电的课程教师，回过头来再去专一地讲授电磁学，他的思路会更为敏捷，他的讲授会十分充实，既有一定的深度，也有一定的广度。

长期的教学实践使我深深体会到：建立在博学基础上的独到见地是搞好教学的基础；开展教学研究是提高教学质量的途径。教学和学术研究相辅相成，教学促进研究，研究成果丰富

了教学内容。熟生巧、高极目，教师对所授课程融会贯通，纲目分明，了然于心，讲授中自然条理清晰、重点突出、形象生动，不仅可以脱稿讲授，还可以根据学生的表情（信息反馈）而灵活采用不同的方法讲授，用以调动学生的积极思维。

二 重少而精 忌多而杂

现在的教材越编越厚，一般来说每节课要讲授10多页。有句古话说得好，“少则得，多则惑”，很符合辩证法，和毛主席倡导的“少而精”相脉通，值得细细品味。有的教师总想使学生学得又多又好，恨不能倾其所有，结果适得其反，由于多而杂，学生所得无几。这些教师不懂得，讲授艺术是一种凝炼的艺术，是以少胜多的艺术。

要做到少而精，教师必须认真钻研教材，但不能被教材束缚住手脚，应该根据教学大纲的要求和学生的实际情况，在保证课程的完整性、系统性的前提下，分清主次、精选教学内容。通常是把教材内容分为三类并区别对待之：对于基本概念、基本定律定理、基本方法和难于掌握的内容须重点讲授；对一般性的内容只作简单地讲解；对和中学重复较多的部分可以留给学生自学，或进行总结式的讲述。

精选教学内容之后还有一个组织教材、安排讲课条理的问题。讲课条理是教师各课中精心制定的授课体系，必须纲目分明，要有系统性和逻辑性，力求符合思维规律和认识过程。讲课十分重要的是教师要有明确的思路，包括两个方面：先讲什么、后讲什么、如何过渡、高潮在何处，十分明确，环环相扣；对每个要讲授的问题也要有明确的思路，安排得丝丝入扣。

教师上课要设身处地，把自己摆进去，从学生的心理出发，“我若是学生，希望老师怎样讲？”学生听课最感兴趣的是考虑问题的思路、解决问题的方法，如讲解一个定理或例题，学生常常会发问：思路是什么？为什么这样想？如何演变和发展？这种分析和解决问题的思路和方法是学生最感兴趣、教师最难讲而书上往往又没有的东西，如果教师对所授课程各重要部分和难点进行了专题研究，那么，就能够在传授知识的同时，着重讲思路、讲方法、讲自己的体会和见解，讲概念、定律、定理背后的书上没有或不醒目的东西，以加深对物理实质的理解。讲课重在“讲”而最忌“背”，物理要讲“理”，条理清晰不在于黑板上的 A 、 B 、 C （标题），突出重点不在于声音高、重复多，而是由教师用化难为易的方法、深入浅出的分析、生动形象的讲解去体现。

三 运用启发式与比较法

教学中的启发式包含教师的“启”和学生的“发”两方面，“启”是“发”的前提，“发”是“启”的结果。《学记》对启发式教学有精辟的论述：“君子之教，喻也。道而弗牵，强而弗抑，开而弗达。”即教学要用启发（喻）的方法，引导而不牵着走，策励而不逼迫，开导而不讲解详尽，很值得我们借鉴。

实行启发式就要鼓励学生大胆怀疑，敢于求异。从思维规律看，思维活动总是始于问题，创造性的思维更是源于大胆怀疑。爱因斯坦说：“提出一个问题往往比解决一个问题更重要。”陈献章指出：“大疑大悟，小疑小悟，不疑不悟。”理学家朱喜则说：“读书无疑者，须教有疑。”钻研课本而不受

其禁锢，尊敬老师、注意听讲而又敢于和老师辩论，这种良好的学风有利于培养和发展学生的求异思维能力。

启发式教学的一个常用手段是“设疑”，即教师用启发性的语言提出令人深思的问题，去打开学生思维的门扉，以调动学生听课的主动性，由被动的听变为“听而思则有所得”。运用设疑法必须掌握好时机和问题的难易程度。一般说来，引入新课的设疑可以把学生引入求知境界，而讲到关键处、易错处的设疑有利于学生的准确理解和掌握物理实质。问题不能太难也不能太易，要使学生想一想或在教师提示下才能答出。

教师的自问自答，启发学生问而教师答，用启发性的语言分析、解决问题，都是启发式教学行之有效的好形式。

讲授中运用比较法常可取得事半功倍的教学效果。如讲静电场时与重力场比较，静磁场与静电场比较，磁介质与电介质比较，磁路与电路的比较等等，这种利用已有知识对本质不同而又有许多相似特点的事物的类比讲授，既可省时，又有益于学生加深理解和知识的系统化。

还有一种反差对比，也是常用的方法，如对重点讲授的内容或难点，在关键处可以选一些似是而非的说法，或提出一个适当问题而进行不易察觉的错误解答，让学生思考判断，学生往往大都认为这种说法或解法是对的，这时教师可用红粉笔打上一个大大的“×”，而后指明错误之所在，分析错误之原因。这种强烈的反差对比，既能活跃课堂气氛，又能使学生理解更准确，记忆更长久。

四 运用科学家的典型范例

麦克斯韦电磁理论是枯燥难学的内容。麦克斯韦位移电流

假说的提出是建立麦克斯韦方程组最关键的一步，也是科学方法论的一个范例，讲授时应提高到科学方法论的高度来讲。讲麦克斯韦方程组时结合麦克斯韦为科学献身的精神来讲。麦克斯韦电磁理论精辟深奥，但未被当时的科学家们所接受，他带着无人理解的痛苦，拖着癌症和肺结核折磨的身躯，仍然大声疾呼地宣传他的电磁场理论。由他主讲的讲座最后只剩下两名学生（一个是佛莱铭），在空荡荡的大教室里，他站在科学的讲台上，好象不是对两名听众而是向全世界在宣讲，满怀激情，坚定有力。完成90多部论著的麦克斯韦，48岁就与世长辞了，但他留给后人的遗产是无法估量的，他的电磁理论的应用极大地改变了人类社会的生活。麦克斯韦是为科学而自我牺牲的典范，结合他的献身精神来讲授他的学说，学生很受启发和鼓舞。科学家的范例的力量是巨大的，对学生的影响是长久的、多方面的，教学中应注意运用这些范例去激发学生。

五 情感与语言

那种认为物理（特别是大学物理）教学无所谓情感色彩是不对的。心理学家认为，人的认识过程与人的情感有着密不可分的联系，认识活动总有情感相伴随。教师讲授时的情绪与情感对学生的感知、思维和记忆都会产生很大的影响，教师的激情也会感染学生，激发其学习热情。讲授不是演戏，教师的激情来自对所讲内容的真知灼见，是对事业热爱情感的自然流露，切不可装腔做势。教师的才学会给学生很大的影响，而教学中显现出的教师人格力量的作用将更大、更深远。

语言是思维的外衣，以已之昏昏使人昭昭固不可能，但已昭未必令人也昭。严济慈称讲课是“科学演说”，实践证明，

教师确实应有些演说本领。教师不仅要有丰富的词汇，准确用词的功夫，还要掌握各种表达方法。例如讲概念要用描述的方法，讲定义要用说明的方法，讲定理要用叙述和议论的方法等。语言要准确，简明，流畅，生动形象而不失之于俗。

关于讲授中如何运用演示实验，将在后面的《演示教学法》中进行论述。

——高文渊——

2 前科学概念的影响及其转化

——从功的定义说起

“功”是物理学的一个基本概念，它有明确而严格的定义。根据这个定义，手提重物不动未作功；手提重物沿水平方向匀速运动一段距离，在空气阻力可以略而不计的情况下，人也没有作功。初学者常感困惑不解，手提重物不动未作功也还罢了，但手提重物作水平匀速运动而把重物从甲地搬到了乙地，为什么还未作功呢？这种“困惑”说明人们对“什么是功”有着另一个衡量标准，即在人们的心目中有着另一种功的定义——梁昆森先生称之为功的“天然定义”。实际上学生在学习物理学之前，早已对许多物理现象有了某些观念或倾向性的见解，通常叫做前科学概念。前科学概念是人们在日常生活中对所感知的事物在头脑中自觉或不自觉地加工、升华而形成的观念。

从人的认识过程来看，某种观念一旦形成，它必将影响对

事物进一步的观察和认识。因此，在教学的准备阶段，教师必须了解学生中较普遍存在的前科学概念，把它作为物理教学的起点。虽然前科学概念不同于科学概念，但在物理教学时应注意利用和发挥前科学概念的积极方面，一个有经验的中学教师，在讲物理概念时总要举一些生活中常见的事例来进行分析、诱导，其道理即在于此。有些教师不懂得这一点，片面追求详尽、严谨而陷入学究式的讲解，势必把本来应该是丰富多彩的、生动活泼的物理教学变成为呆板的、枯燥无味的说教，结果学生只是死记硬背一些定义和公式，理解甚少，所得无几。当然，前科学概念还有着另外的一面，即它往往会构成学生理解物理概念的重大障碍。例如，他们认为物体之所以运动（虽然运动状态不变）总是受力作用的结果；推车前进时作用力总比反作用力大；手提重物沿水平方向匀速地把物体从甲地运到乙地，人总是作了功的；质点随波前进；光总沿直线传播等等。在1984年举行的国际物理教学讨论会上，西德的 *Nachtigall* 教授报告的一个问题是《学生在学习物理中的错误概念》，他认为错误概念的形成，常常是受生活经验中形成的先入之见的影响的结果。他曾出了5道力学题检查对力和运动概念的理解，检查对象包括中学、大学的学生和菲律宾籍的教师，发现大部分人掌握很差，反映出前科学概念的重大影响及其顽固性。总之，在物理教学中如何把前科学概念转化为物理概念，是教师所面临的一条重要课题。

实现前科学概念向物理概念的转化通常有两种方法。其一，加强课堂演示实验。因为前科学概念是在感知的基础上提炼而成的观念，属于认知过程，大都具有顽固性。而这种观念又不同于物理概念，尤其对那些理解物理概念构成障碍的前科学概念，必须予以破除后才能使学生建立起正确的物理概念。

演示实验能够给学生提供生动而强烈的刺激信号，有利于打破其前科学概念和促使其爆发思维革命。物理教学中，特别是中学物理教学中，演示实验占有十分重要的地位，教本中每一教学单元都要安排有演示实验，其认识论上的依据即在于此。其二，教师在讲授物理概念时，要注意分析这些概念和前科学概念的差异，辅以生动的例释，引导学生进行比较，从而体会为什么必须引入这些物理概念。

然而，要说清楚为什么必须引入某些物理概念也并非易事。如本文开始所述，根据功的定义，手提重物作水平匀速运动未做功，而那些善于思考的学生有时会问：“物理学中为什么要这样定义功呢？”这是个很棘手的问题，即使教学经验相当丰富的教师往往也感到除了“定义就是定义”而外，似乎没有什么好说了。但仔细想来，并非如此。我们知道，科学家总喜欢把复杂的宇宙看成一种有序的场所，其基本信念是：对自然现象的最好解释是而且只能是最简单的解释。物理学家为了把自然界的客观规律能用最简单的尽可能统一的形式表示出来，必须引入许多有明确而严格定义的物理量。物理学中的动能定理是反映自然界客观规律的重要定理，它之所以具有统一的简洁的形式，正是因为物理学中对“功”有一个严格的常规定义。因此，在讲解动能概念之后，按如下方式引入功的定义较为合理。

质点的一定的运动状态总和它的一定动能相联系，运动状态变化，其动能也随之而变，我们把质点动能变化的过程定义为对质点做功，所作的功等与动能的增量。设 t_1 时刻质点的动能为 E_{K1} ， t_2 时刻动能为 E_{K2} ，则在时间 $t_2 - t_1$ 内外界对质点所作的功为

$$A = E_{K2} - E_{K1} \quad (1)$$