

北京市中学教师继续教育教材

物理专题选讲

叶禹卿 叶九城 李 杼 编
张维善 卢铁峰 李龙图

北京师范大学出版社

北京市中学教师继续教育教材

物理专题选讲

叶禹卿 叶九成 主编

北京师范大学出版社

(京)新登字160号

北京市中学教师继续教育教材

物 理 专 题 选 讲

叶禹卿 叶九成 主编

★

北京师范大学出版社出版发行

全 国 新 华 书 店 经 销

北京朝阳展望印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 9.625 字数: 198千

1992年9月第1版

1992年9月第1次印刷

印数: 1—3 500

ISBN 7-303-01668-6/G·1047

定 价: 5.05 元

前 言

教育是社会主义物质文明和精神文明建设极为重要的基础工程。它对提高全体人民的思想道德和科学文化素质,对建设有中国特色社会主义的经济、政治和文化,对培养一代又一代社会主义事业的建设者和接班人,具有重大的战略意义。百年大计,教育为本;教育大计,教师为本;教师大计,提高为本。不断更新教育观念,深化教育改革,提高教育教学质量,必须建设一支德才兼备,又红又专的师资队伍。

我市自 1978 年恢复师资培训以来,中学教师的学历结构发生了明显的变化,至今大部分中学教师已达到现阶段国家教委规定的学历要求。如何积极稳妥地开展学历合格后的继续教育,全面提高教师素质,培养一大批业务骨干、学科带头人和教育教学专家,已成为我市师训工作的当务之急。继续教育是师资培训工作的深入和发展,是深化教育改革的重要措施。通过深入开展继续教育,使不同层次教师的政治素质、思想素质、业务素质和师德素质都能在原有的基础上得到新的提高。

为此,北京市教育局和北京市科技干部局联合制订和颁发了《北京市中小学教师继续教育暂行规定》。《规定》指出:中学具有大学专科以上学历或 40 岁以上(不含 40 岁)在 1989 年 8 月之前虽不具备合格学历,但具有中级以上教师职务的教师都应接受继续教育。其中,新分到中学任教的大学毕业生,在试用期内要接受 120 学时的培训;初级职务的教

师,在5年内要接受180学时的进修培训;中级职务的教师,在5年内要接受240学时的进修培训;高级职务的教师,要接受360学时的研修培训。《规定》还明确:“继续教育要和教师的考核、职评、聘任、晋级结合起来,作为职评、聘任、晋级和新教师转正的必要条件之一”。

为了更好地开展继续教育工作,北京教育学院会同各分院和教师进修学校,受北京市教育局的委托,于1989年3月制订出中学《继续教育教学计划》和《教学大纲》。经过近两年的实践,在总结经验的基础上,又对《教学计划》和《教学大纲》(试行稿)做了必要的修改,于1991年6月和10月颁发了新的修订稿。

在此基础上,为了适应北京市中学教师继续教育形势的发展,满足各层次继续教育班师生教学的需要,我们正在组织编写和审订《北京市中学教师继续教育教材》,将于1992年陆续出版。这是一项十分艰巨复杂的系统工程,我们遵照积极组织、认真编写、严格审订的原则,搞好继续教育的教材建设。为此,北京市教育局成立了北京市中学教师继续教育教材编审领导小组、编审委员会和学科编审小组,努力保证教材质量。在编写这套教材时,我们特别注意了坚持正确的政治方向,坚持四项基本原则,建设有中国特色社会主义的中学教师继续教育教材;坚持先进的科学性,注意学科特点,尽量反映适应中学教学需要的科研新成果,立论和资料要有新意;坚持实用性,突出继续教育的特点,理论联系实际,特别是密切联系中学教育教学和中学教师进修的实际,注意解决好知识与能力的关系问题,重点是提高教育教学能力,直接或间接为提高中学教育教学质量和中学教师全面素质服务;坚持一定的

系统性,编排合理的教材结构,并努力做到字数适当、图文并茂、体例统一和要求明确,备有思考练习和参考书目。

这套教材的编写、审订和出版,在北京市教育局的领导下,得到了进修院校教师和广大中学教师的合作,得到了许多专家、教授和学者的指导,得到了北京师范大学出版社的支持,在此表示衷心地感谢!

由于中学教师继续教育教材建设是一项全新的工作,许多理论和实际问题尚在研究探索阶段,加上我们的水平有限,教材中的不足和错误之处在所难免,恳请广大教师和各位读者批评指正,以便进一步修改、完善。

北京市中学教师继续教育教材编审委员会

1991.12.

北京市中学教师继续教育教材 编审常务委员会

主 任: 徐俊德

副主任: 倪传荣 张维善

委 员: 邵宝祥 阎玉龙 曹福海 刘宗华 赵恒启
袁佩林 胡秀英 陈景仁 孙贵恕 韩友富

物理教材编审小组:

叶禹卿 国运之 巴幼泉 张 溉 阎金铎

责任编辑: 巴幼泉

编 者 的 话

本书选择了中学物理涉及的十五个重点问题或疑难问题,从普通物理学和理论物理学的高度进行深入的分析 and 讨论,揭示问题的实质,明确应当如何理解和进行讲授,帮助中学物理教师掌握教材、提高教育教学能力。

本书编写过程中,注意加强思想性、科学性、实用性、先进性、可接受性及专题性。具体地说,注意到在讨论物理知识的同时,介绍和分析科学观点及研究方法,使物理知识与思想教育融为一体。注意到科学地、深刻地认识物理概念及规律的实质,明确在各个教学阶段应当怎样讲解。注意到针对中学的教学需要选材,努力作到对中学教学有指导作用。注意到更新陈旧的知识 and 观念,介绍先进的理论和科学技术知识。注意到根据在职教师的特点及中学物理教学实际,尽可能减少必要性不大且繁琐的数学推导或运算,把重点放在研究问题的指导思想、思路及结果的物理意义上,便于教师接受。注意到与普通物理教材、理论物理教材、教材教法研究的区别,将某一方面问题的有关内容有机地结合起来。

本书由北京教育学院物理系教师,在继续教育授课讲义的基础之上,经过反复讨论、多次修改而成。本书的第一、二、三、六、十四、十五专题由叶禹卿编写,第五、七、八、十专题由叶九成编写,第十二、十三专题由张维善编写,第四专题由李龙图编写,第九专题由李抒编写,第十一专题由卢铁峰编写。全书由叶禹卿、叶九成统稿、修定。

编写本书时,作者参阅了多种有关的教材和文章,书中不再一一注明,在此,一并表示衷心的感谢。

我们希望本书对提高中学物理教师的思想素质和业务素质有所帮助。由于作者水平有限,书中难免会有论述错误与不周之处,欢迎批评指正。

目 录

一、牛顿力学的体系	1
(一) 物理学发展的统一	1
(二) 牛顿力学的基本概念	4
(三) 牛顿力学的基本规律	7
(四) 牛顿力学的体系	11
(五) 讲高中力学时应注意的几个问题	14
二、力学中的参照系	19
(一) 惯性参照系	19
(二) 非惯性参照系和惯性力	26
(三) 几个有关参照系的问题	33
三、物理学中的质量概念	41
(一) 在牛顿力学中的质量概念	41
(二) 质量与能量的关系	45
(三) 惯性质量和引力质量	48
(四) 几个与质量有关的问题	51
四、功	56
(一) 功的定义	57
(二) 几个力的功及其合力的功	61
(三) 恒力的功与变力的功	62
(四) 保守力的功与非保守力的功	62
(五) 功的相对性及动能定理的不变性	64
(六) 作用力的功与反作用力的功	66
五、动能和势能	69
(一) 动能及其量度	69

(二) 势能及其量度	76
六、万有引力	85
(一) 开普勒行星运动定律	85
(二) 万有引力定律	88
(三) 人造星体的三种宇宙速度	96
(四) 人造地球卫星的运行轨道	100
(五) 对万有引力本质的认识	103
七、温度概念和测温原理	109
(一) 对温度概念的认识	109
(二) 温度的测量	116
八、热学中的统计观点	126
(一) 微观理论的统计规律性	126
(二) 宏观量是相应的微观量的统计平均值	128
(三) 热力学平衡态是一个最可几的宏观态	132
(四) 涨落现象是相对于统计平均值的偏离	137
九、热力学定律和热力学函数	140
(一) 热力学基本定律	140
(二) 热力学函数	147
十、相变	161
(一) 相变及其分类	161
(二) 一级相变的几个问题	164
(三) 二级相变简介	170
十一、静电场的基本理论和基本问题	178
(一) 静电学的实验规律和原理	179
(二) 静电场的基本规律	182
(三) 静电场中存在导体问题	190
十二、电磁场理论与电路理论的关系	199
(一) 问题的提出	199

(二) 从静电场到稳恒电场	200
(三) 电路定律的理论基础	209
(四) 稳恒电路中能量的传输与转化	215
(五) 电路理论的局限性与似稳条件	221
十三、电磁理论中的参照系	225
(一) 概述	225
(二) 坐标变换与物理量的变换	228
(三) 电磁场量的变换	242
(四) 同向等速运动的两个点电荷的受力问题	251
十四、光的本性	255
(一) 光的微粒说	256
(二) 光的波动说	259
(三) 光的电磁说	264
(四) 光的量子说	267
(五) 光的波粒二象性	271
十五、光在介质表面的反射和折射	274
(一) 反射定律和折射定律	274
(二) 反射光波和折射光波的能量	276
(三) 全反射时的折射波	287
(四) 反射时的半波损失	288
(五) 增透膜和增反膜	290

一、牛顿力学的体系

牛顿力学在物理学中占有极其重要的地位，正如爱因斯坦指出的那样“今天的物理学家的思想，在很大程度上还是为牛顿的基本概念所左右。……要没有牛顿的明晰的体系，我们到现在为止所取得的收获就会成为不可能。”

牛顿力学是许许多多科学家共同创立的。伽利略的发现以及他所应用的科学的推理方法，标志着物理学的真正开始，为牛顿力学的建立奠定了基础。经过长期创造性的劳动，牛顿于1687年发表了经典著作——《自然哲学的数学原理》，建立了完整的牛顿力学体系。18世纪以来，伯努利、欧勒等一系列物理学家和数学家所作的大量工作，使牛顿力学成为一门系统、完整、严密、精确的学科。

牛顿力学运用严谨的科学方法，通过大量的观察和实验获得感性知识，进而总结归纳为理论，形成完整的体系。牛顿力学把定量的因果律与分析数学密切结合起来，用严密的数学形式表达出物体机械运动的规律。定量的因果律、科学的预见性和严密的数学方程式化，是牛顿力学的主要特点。

（一）物理学发展的统一

牛顿承认物质的客观性质和世界物质的统一性，并企图

从机械唯物论出发，把一切自然现象都归结为机械现象。他认为自然现象“都是和某些力相联系着的”，提出“哲学家的全部责任看来在于从各种运动现象去研究各种自然的力，然后用这些力去论证其它的现象。”“对于自然界中同一类结果，必须尽可能归之于同一种原因。”

在牛顿之前，传统的观念以为支配天体运行和支配地面物体运动的规律不同，有所谓天界和世俗两个世界之分。牛顿则对前人发现的行星运动规律进行了概括，发现了它们的内在联系，认为所有物体的运动规律是完全相同的，都遵循牛顿运动定律和万有引力定律，从而完成了物理学的第一次大的统一。牛顿将物体间的引力称为“万有引力”，就是强调这种统一关系。

科学家们接受并发展了牛顿的观点，相信自然界是统一的，物理世界存在完整的因果链条。今天的物理学，仍然大体沿袭牛顿所开创的研究途径，寻找统一的力，或统一的相互作用。因此，几乎所有的基本物理理论都称为 $\times\times$ 力学，例如电动力学、量子力学。每一种新的力学的确立，都标志着人类在追求统一的途径上达到了一个新的水平。

19世纪中叶，麦克斯韦提出电磁场理论，建立了经典电磁学，使电、磁、光三者得到了统一。这是物理学的第二次大的统一。

1905年，爱因斯坦提出了相对性原理和光速不变原理，建立了狭义相对论。狭义相对论抛弃了绝对时间和绝对空间的观念，消除了牛顿力学与经典电磁学在时空上的不协调，使牛顿力学和经典电磁学在新时空观的基础上得到了统一。

爱因斯坦于1916年根据等效性原理和相对性原理建立

表 1-1 物理学统一的几个阶段

天体	牛顿力学					
地面	(1687年)					
时间		狭义	广义			
空间		相对论	相对论			
		(1905年)	(1916年)			
电						
磁	电动力学		量子电			
光	(1867年)		动力学			
原子		量子力学		弱电统		
原子核		(1925年)	(1948年)	一理论		
基本粒子		弱相互作用		(1967年)	大统一	
		(1958年)			理论	
		强相互作用			(1970~)	
		(1934年)				

起来的广义相对论，找到了能与麦克斯韦电磁场理论相协调的引力理论。作为引力理论的广义相对论和作为电磁理论的麦克斯韦理论构成了经典物理学的理论基础。

表 1-1 反映出物理学发展的统一过程。人们化费了很长的时间和很大的精力，寻找宇宙的统一。1948 年建立的量子电动力学，使量子论与电磁理论得到了统一。1967 年，温柏格和萨拉姆先后提出了电磁相互作用和弱相互作用的统一理论，并得到了一系列实验的证实。

现在，人们正在努力寻找把电磁作用、强相互作用、弱相互作用包含在内的“大统一理论”和把引力作用也包含在内的“超统一理论”。这两种理论的研究工作还没有完成。

物理学认为：物质运动遵循一定的规律，控制万事、万物运动的基本规律并不多。每一次统一，都使人们对事物发展的规律有了进一步的认识，更接近于事物发展的基本规律。

(二) 牛顿力学的基本概念

牛顿力学有四个“独立”、“绝对化”的基本概念，它们是质量、空间、时间和力。这四个基本概念不受运动状态影响，是牛顿力学的基础，也使牛顿力学的规律只适用于低速运动的物体。

1. 绝对时空观念

牛顿在《自然哲学的数学原理》的“注释”部分，明确地阐述了牛顿力学中的时间和空间概念。他在书中写道：“绝对的、真正的和数学的时间自身在流逝着，而且由于其本性而在均匀地、与任何其它外界事物无关地流逝着”；“绝对的空间，就其本性而言，是与外界任何事物无关而永远是相同的和不动的。”“绝对运动是一个物体从某一绝对的处所向另一绝对的处所的移动。”

在牛顿力学中，物体的运动是以绝对的空间和绝对的时间为框架的。“绝对静止”以一个绝对不动的统一的空間作为背景；“匀速直线运动”，则要求空间绝对“平直”，时间绝对“均匀”。牛顿认为，绝对的时间和绝对的空间都与外界事物无关，与物质运动无关，它们之间也互不相关。这是机械论时空观的一个重要特征。这种绝对时空观，承认时间和空间的客观存在，但把时间和空间看作是物质运动无关的、独立存在的，这是形而上学的。

绝对时空观，是物体低速机械运动的时空关系的抽象，能够很好地解释日常生产和科学实验中的各种物理现象，从而

得到了承认。按照绝对时空观，可以在“静止”的恒星上建立一个数学框架(即坐标系)，其空间部分绝对不动，并且是平直的、各向均匀的；其时间部分是均匀流逝的；两个部分毫无关系。这个特殊的数学框架被称为伽利略系。

伽利略研究了动力学问题，发现相对于伽利略系作匀速直线运动的任何一个参照系，在描述力学过程方面同伽利略系完全等效。或者说，物理学的规律，在伽利略系和对它作匀速直线运动的各个惯性系中，是完全相同的。这个规律被称为伽利略相对性原理。

伽利略变换是牛顿力学绝对时空观的体现。设 o 系为伽利略系， o' 系为以速度 v 相对于 o 系作匀速直线运动的惯性系。在两个参照系上建立坐标，且使它们的对应坐标轴彼此平行， $t = 0$ 时两坐标重合， o' 系沿 x 轴方向运动(如图 1-1 所示)。若发生了一个事件，如光源发出一束光波或两个粒子发生了碰撞，此事件在 o 系的时空坐标为 (x, y, z, t) ，在 o' 系的时空坐标为 (x', y', z', t') 。两个坐标的时空变换关系为

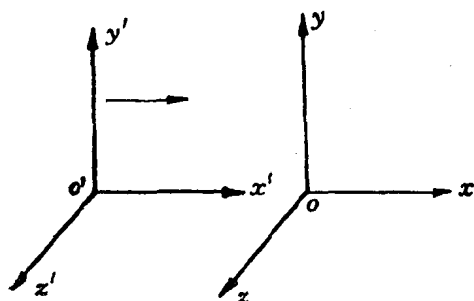


图 1-1

$$x' = x - vt$$