

大学物理学

(音像文字结合教材)

第一册 力学

主编 恽瑛 夏西平

责任主编 叶善专 王兴中

高等教育出版社



大学物理学

(音像文字结合教材)

第一册 力学

主编 恽 瑛 夏西平

责任编辑 叶善专 王兴中

高等教育出版社

1996.2

(京)112 号

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学 第一册:力学/恽瑛,夏西平主编. —北京:高等教育出版社,1996

音像文字结合教材

ISBN 7-04-005849-9

I. 大… II. ①恽… ②夏… III. ①物理学-高等学校-教材②力学-高等学校-教材 IV. 04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 04955 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码:100009 传真:64014048 电话:64054588

新华书店总店北京发行所发行

南京航空航天大学印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 10.875 字数 270 000

1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月第 1 次印刷

• 印数 0001—5000

定价 11.00 元

凡购买高等教育出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题者,请与当地图书销售部门联系调换

版权所有,不得翻印

序

恽瑛、夏西平教授主编《大学物理学》(音像文字结合教材)经过多年的编撰、试用,再经过反复修改,终于全面问世,这是一桩十分可喜的事.我们知道,随着科学技术的突飞猛进,教学手段也变得更加丰富多彩了.过去教师施教只需要几支粉笔、一块黑板,现在情况不同了,有多种的音像技术可以供教师们来选择采用,随之而来的问题是如何利用这些新的教学手段,遗憾的是绝大多数的教材仍然停留在传统的框架之内,未能充分利用先进教学手段所提供的机会.恽瑛教授等所编撰教材正好弥补了这一空缺,它将音像与文字结合起来,充满了活力,是这一新领域中一次十分有意义的尝试,其中音像部分曾在多次国际物理教学会议上进行展示和讲解,获得了与会海内外科学家的肯定和好评.这一教材的全面出版,将受到从事大学工科物理教学教师们的欢迎,并对我国普通物理教学事业有所促进.

中国科学院院士 南京大学教授

恽 瑛

1995年12月17日

前 言

科学技术的进步与发展,与自然科学的基础教育是相互促进的;现代信息手段(如音像、计算机等)应用的发展与普及,已广泛地应用于教学实践中;现代教育理论指出,要十分重视学生个体因素的作用,才能使教学有突破性的变化.凡此种种,都迫切要求改革传统的自然科学基础教学,大学物理课程当然也不例外.对传统课程的改革,不仅有益于学生智力的开发和能力的培养,而且有助于探索教学方法的优化和教学内容的改革.

基于这一教学思想,我们尝试在课堂上使用了与讲课内容紧密结合的电视插播片,经过几年的实践,收到了良好的效果,也取得了不少经验.在此基础上,我们进而研究、制作了一套现代教学手段与传统教学方式有机结合的新型《大学物理学》教材,具体地说,编制了一套音像文字结合教材,再辅之以计算机软件和幻灯片图片,构成了多元的立体式教材,从而为改进教学方法、改革教学内容和提高教学质量提供了一条新的途径.

《大学物理学》(音像文字结合教材)由以下几部分组成:

(1)文字教材

与传统的文字教材的区别是将电视插播片的教学内容编入教材,作为教材内容的一部分,教材中每一章都列出了与之相结合的电视插播片的目录和主要内容,章末有相应的思考题.

教材内容确保了国家教委制定颁发的本课程教学基本要求的贯彻落实,并适当有所拓宽.对内容取舍的指导思想是:在中学基础上提高;适当压缩经典部分,加强近代和现代物理的内容;注意

反映新技术发展与物理学的关系.此外,也努力注意提高书中插图的质量.

教材共分三册,第一册为力学(包括机械振动与机械波),第二册为电磁学,此两册各约占全课程的四分之一;第三册为波动光学、统计物理与热力学基础及近代物理,约占全课程的二分之一.此外,为了加强学生对新知识的了解,扩大视野,特邀请了中国科学院院士、南京大学冯端教授,南京大学梁昆森教授,高等学校工科物理课程教学指导委员会副主任、西安交通大学吴百诗教授以及在美国进行材料科学研究的夏威夷大学宋毅博士,分别对熵的概念、力学的“力表象”与“能量表象”、非线性光学及超导写了四篇专题,以供读者参阅.

(2) 电视插播片

全书配有与教学内容紧密结合、针对性强、简洁明了的系列电视插播片 73 段,每段一般只有 2—6 分钟,共约 320 分钟;其内容取材于各章节的基本物理概念和重要定律,各部分的难点或难以表达的抽象概念、立体图像、微观机理,和工程技术上的应用等诸方面.

本教材除上述主要部分外,还有:

(3) 计算机软件:主要供学生在课外独立上机使用,并配有指导手册.全书共编制有十余个软件,针对各部分内容的不同特点和要求,软件的制作也随之而异.

(4) 幻灯片和投影片:要根据课堂教学需要选取使用,不贪多求全,盲目陈列.

(5) 电视插播片使用指南:既为便于教师使用插播片,又向学生指明如何从插播片中学到更多内容,有利于他们复习思考.

必须指出,插播片的使用是一种重要的教学辅助手段,它不能用来替代课堂教学.插播片的使用应与课堂讲授有机结合,并在讲

授中注意形象信息与语言信息的相互配合,抽象思维和形象思维的交互作用,使插播片更好地发挥其“时间、空间、动态、信息”的优越性,以得到良好的教学效果。

这套教材自1987年开始编写以来,就在江苏省教育委员会的领导与关怀下进行,并得到省教委高教处邱坤荣处长的具体指导与帮助;国家教委高教司、电教司(原)对这项工作给予了大力支持。联合国教科文组织(UNESCO)及第三世界女科学工作者协会(TWOWS),对此也先后给以资助;国际教育委员会(ICPE)原主席美国 E. L. Jossem 教授认真地观看了插播片,并提出改进建议。这些,使这套新型的教材得以逐步成熟。我们对国内外专家、学者给以的热忱帮助,一并表示衷心的感谢!

《大学物理学》(音像文字结合教材)在正式出版前已印刷过六次,除在编写组的七所院校试用外,还承武汉测绘科技大学、中国矿业大学、常州技术师范学院、苏州丝绸工学院、南京工程兵工程学院、华南理工大学、东北大学、南京林业大学、江南大学、郑州轻工业学院、南昌航空工业学院、空军勤务学院、中国计量学院、浙江丝绸工学院、长沙铁道学院、大庆石油学院、大连理工大学、西南石油学院、东北电力学院、西安第二炮兵工程学院、无锡轻工业学院、洛阳工学院及山西矿业学院等30所高等院校试用,有关教师对教材提出了许多宝贵意见及建议,这对进一步修改教材是十分有益的,为此特表深切的谢意!

本教材在编写过程中得到西北工业大学徐绪笃教授、西安交通大学吴百诗教授、浙江丝绸工学院吴颐教授的热情帮助,他们认真、细致地审读了原稿并提出了许多宝贵意见,对提高本教材的质量,起了重要的作用。对此,编写组表示由衷的感谢!

本书在编写过程中,承中科院院士、南京大学冯端教授热情指导,并为本书作序,编写组对此表示诚挚的谢意!

本书初稿也曾得到梁昆森教授的具体指导,在此表示竭诚的感谢!

由于整个工作还只是初步尝试,缺点、错误在所难免,恳请使用本教材的师生不吝提出批评和意见.

编 者

1995年12月

附:江苏省教育委员会《大学物理学》(音像文字结合教材)

编写组成员

东南大学	恽 瑛、叶善专、周永平、蒋福明 马见慈、王克里
空军气象学院	夏西平、陆起图
南京通信工程学院	吴曾谟、张未央
南京航空航天大学	王兴中
南京化工大学	孟宪显、施志聪
河海大学	顾定安、戴 畅
扬州大学工学院	李寿松
绘图	李士澍

责任编辑	黄元铭
封面设计	刘晓翔
责任绘画	彭红
版式设计	焦东立
责任校对	黄元铭
责任印制	黄元铭

内 容 简 介

本书为《大学物理学》(音像文字结合教材)文字部分的第一册,主要内容为力学,共有五章:质点的运动、运动定理与守恒定律、刚体的运动、机械振动、机械波。

本套教材由两部分组成。一部分是文字教材,共三册,第一、二两册分别为力学和电磁学,共约占课程的二分之一,第三册为波动光学、统计物理和热力学基础、近代物理,约占课程的二分之一。另一部分是电视插播片,共有 73 段,每段 2—6 分钟,共约 320 分钟,主要内容为各章节的重要概念、定律、难点、微观机理及工程技术上的应用等。这些插播片作为整套教材的一部分被编入文字教材,在文字教材的每一章前都列出了本章插播片的目录和主要内容。

本套教材是国家教委工科大学物理课程八·五教材建设规划的选题之一,高等学校工科物理课程教学指导委员会对此套教材组织了审稿,西北工业大学徐绪笃教授等审读了全稿,并对原稿进行了润色,中科院院士、南京大学冯端教授为本书写了序。

本书可作为工科本科各专业大学物理课程的教材,也可供其他非工科的相关专业选用。

目 录

绪论.....	(1)
---------	-----

第一册 力 学

第一篇 力 学

力学发展简史	(11)
--------------	------

第一章 质点的运动	(14)
-----------------	------

§ 1-1 描述质点机械运动的状态参量	(16)
---------------------------	------

§ 1-2 运动方程及图线 运动叠加原理	(26)
----------------------------	------

§ 1-3 圆周运动 切向加速度和法向加速度	(37)
------------------------------	------

§ 1-4 质点运动的角量描述 角量与线量的关系	(44)
--------------------------------	------

§ 1-5 牛顿运动定律概述	(49)
----------------------	------

§ 1-6 相对运动 力学相对性原理	(57)
--------------------------	------

§ 1-7 国际单位制(SI)和量纲 牛顿运动定律的应用	(63)
------------------------------------	------

§ 1-8 非惯性系中的力学定律 惯性力	(72)
----------------------------	------

思考题	(76)
-----------	------

习 题	(77)
-----------	------

✓第二章 运动定理和守恒定律	(83)
----------------------	------

§ 2-1 变力的功 动能定理	(85)
-----------------------	------

§ 2-2 保守力 势能	(92)
--------------------	------

§ 2-3 机械能守恒定律 能量守恒定律	(99)
----------------------------	------

§ 2-4 动量定理 动量守恒定律	(106)
-------------------------	-------

§ 2-5 质心 质心运动定律	(119)
-----------------------	-------

§ 2-6 变质量物体的运动	(125)
----------------------	-------

§ 2-7 质点的角动量守恒定律	(129)
§ 2-8 守恒定律的意义和应用	(132)
思考题	(138)
习 题	(139)
第三章 刚体的运动	(147)
§ 3-1 刚体定轴转动定律	(149)
§ 3-2 刚体定轴转动定律的应用	(160)
§ 3-3 刚体的角动量 角动量守恒定律	(164)
§ 3-4 刚体定轴转动的动能定理	(170)
§ 3-5 旋进(进动)	(175)
§ 3-6 刚体平面平行运动简介	(178)
思考题	(185)
习 题	(188)
第四章 机械振动	(195)
§ 4-1 简谐振动	(197)
§ 4-2 简谐振动的相位和初相位	(209)
§ 4-3 阻尼振动 受迫振动 共振	(219)
§ 4-4 同方向的简谐振动的合成	(226)
§ 4-5 相互垂直的简谐振动的合成	(233)
§ 4-6 一般振动的分解 谐振分析	(237)
思考题	(239)
习 题	(241)
第五章 机械波	(246)
§ 5-1 机械波及其特性	(248)
§ 5-2 平面简谐波的表达式	(256)
§ 5-3 波动方程	(264)
§ 5-4 波的能量 能流 能流密度	(266)
§ 5-5 惠更斯原理 波的衍射	(272)
§ 5-6 波的叠加和分解	(276)

§ 5-7 波的干涉	(279)
§ 5-8 驻波	(283)
§ 5-9 多普勒效应	(291)
思考题	(297)
习 题	(299)
专题一 力学的“力表象”与“能量表象”	(303)
习题答案	(309)
附录一 常用物理常数表	(323)
附录二 SI 基本单位、辅助单位、具有专门名称的导出 单位和非 SI 法定计量单位	(323)
附录三 历年诺贝尔物理学奖简表	(326)

第二册 电 磁 学

第二篇 电 磁 学

电磁学发展简史

第六章 静电场

第七章 稳恒电流

第八章 稳恒磁场

第九章 电磁感应

第十章 电磁场与电磁波

专题二 铜氧化体中的高温超导现象

习题答案

附录一 常用物理常数表

附录二 SI 基本单位、辅助单位、具有专门名称的导出单位和非 SI 法定计量单位

附录三 历年诺贝尔物理学奖简表

第三册 光学·近代物理

第三篇 波动光学

对光的本性认识的发展简史

第十一章 光的干涉

第十二章 光的衍射

第十三章 光的偏振

第四篇 近代物理

近代物理发展综述

第十四章 狭义相对论

第十五章 电磁辐射的粒子性

第十六章 微观粒子的波动性和状态

第十七章 薛定谔方程

第十八章 原子结构

第十九章 统计物理与热力学

第二十章 激光

第二十一章 固体的导电性

第二十二章 原子核物理简介

专题三 熵的概念

专题四 非线性光学综述

习题答案

附录一 常用物理常数表

附录二 SI 基本单位、辅助单位、具有专门名称的导出单位和非 SI 法定计量单位

附录三 历年诺贝尔物理学奖简表

绪 论

一、物理学及其发展

我们周围的自然界无限广袤,万象纷呈.目前,人们探索自然界的尺度,在空间范围上,可以大到约 $2 \times 10^{26} \text{m}$ (约 200 亿光年) 的宇宙天体,也可以小到线度仅在 10^{-16}m 以下的某些基本粒子;在时间范围上,最长可以到 $1.5 \times 10^{18} \text{s}$ (约 200 亿年) 的宇宙年龄,最短可以到只有 $10^{-24} \sim 10^{-23} \text{s}$ 的某些微观粒子的寿命.在这样一个浩瀚无垠的时空范围内,存在着各种各样的物质客体,它们运动不息,彼此相互作用和相互转化.这些不同物质及其不同的运动形式,各自具有特殊的规律性.对这些客观规律的研究,形成了各门不同的自然科学.物理学就是其中的一门.

1. 什么是物理学

物理学是研究物质的基本结构及其最基本、最普遍的运动形式,以及物质之间的相互作用和相互转化规律的科学.

由于物理规律具有极大的普遍性,它为很多自然科学、工程技术提供了理论基础和实验技术.正如中国科学院院士、中国物理学会理事长冯端教授所指出的:“物理学作为严格的、定量的自然科学的带头学科,一直在科学技术发展之中发挥极其重要的作用.过去是如此,现在是如此,展望未来也将是如此.”物理学的基本理论渗透到自然科学的许多领域,应用于生产技术的诸多部门.它们之间相互影响,不断发展.以物理学基础知识为内容的大学物理课程,它所包括的经典物理、近代及现代物理和物理学在科学技术上应用的初步知识等,都是一个高级技术人员所必备的.所以,作为

高等工科院校的学生,尽管所学专业不同,物理学总是他们的一门重要的必修基础课.特别是在高科技迅速发展的当今社会,学好大学物理学课程尤显重要.

2. 物理学的发展

物理学的发展源远流长,大体上可分为三个阶段:物理学的萌芽时期,经典物理学时期,近代、现代物理学时期.

从远古时代起,一直到中世纪,在漫长的历史进程中,人类从生活和生产的实践活动中,逐步积累起了一些物理学知识.特别在静力学、几何光学、静电现象、物质的磁性、声学等方面积累了不少知识和发现了一些简单的定律,对物质的结构和相互作用也提出了不少有意义的看法.对这些,中国、古希腊等文明古国有过很大的贡献.例如,我国古代的《墨经》、《考工记》、《淮南子》、《梦溪笔谈》等著作中,就有不少物理知识的记载.不过,这一时期,由于生产力水平的低下,以及封建制度和欧洲大陆宗教神学的统治,使得人们对物理知识的积累只是零碎的,未能形成一门独立的学科.这个时期的物理学只是处在萌芽时期.

欧洲文艺复兴时期以后,由于人们思想上的解放,积极探索自然规律的气氛逐步形成,加之工业生产的不断发展,给自然科学提供了新的实验工具和手段.同时,也因为数学的进步,使得物理学的迅速发展成为可能,并形成一门独立的学科.从16世纪到19世纪末,先后由牛顿(I. Newton)建立起了经典力学,首先把天体和地面物体的运动统一了起来;由迈耶(R. Mayer)、焦耳(J. C. Joule)、克劳修斯(R. Clausius)、玻耳兹曼(L. Boltzmann)、吉布斯(J. Gibbs)等人建立起了热力学和统计物理学,发现了热运动和其他各种运动形式的相互联系和转化,建立起能量守恒定律,找到了宏观现象与微观客体运动之间的联系;以法拉第(N. Faraday)和麦克斯韦(J. Maxwell)为主要创始人的电磁学和电动力学,把过去认为互不关联的电、磁、光等现象统一了起来.这样就逐步形成

了完整的经典物理学理论体系。

经典物理学完成以后,对于一般常见的物理现象,都可以从这一理论中得到满意的解释,因而,不少物理学家认为,物理学的大厦已经基本落成,人类对自然界基本规律的认识已经到了尽头,剩下的事情不多了。但是,19 世纪末 20 世纪初的科学实验却进一步揭示了许多经典物理学无法解释的现象,特别是微观世界和高速领域许多新现象的发现,导致了物理学的一场伟大而深刻的革命。这场革命的主要结果是相对论和量子论的诞生。爱因斯坦(A. Einstein)建立的相对论,把物质、运动、时间、空间统一了起来,形成了新的时空观。由普朗克(M. Planck)、玻尔(N. Bohr)、海森堡(W. Heisenberg)、德布罗意(L. de Broglie)、薛定谔(E. Schrödinger)等人建立起来的量子理论——量子力学,进一步把实物和场统一了起来,并揭示了物质的波粒二象性,找到了认识微观世界的钥匙。这两门学科的建立,标志着物理学进入了近代物理学阶段。

20 世纪以来,物理学发展的一个趋势是,许多物理学家以相对论和量子力学为理论基础,把物理理论、研究方法和实验手段用来研究自然科学的其他领域,如生物物理学、遗传工程学等。物理学本身也出现了许多分支学科,如天体物理学、凝聚态物理学、等离子态物理学、激光理论等。另外,人们的探索也已从研究平衡态到研究近平衡态,直到研究远离平衡态的各种现象,而在研究远离平衡态的有序现象的耗散结构理论和协同论等方面,近期内已有了飞速的发展。总之,物理学向其他有关自然科学的渗透、推动了这些学科的发展。人们常把 20 世纪 50 年代以后物理学的发展,称之为现代物理学。

当今,物理学发展的另一趋势是沿着两个前沿领域展开的。这两个领域是粒子物理学和天体物理学。粒子物理学以量子场论作为理论基础,以高能加速器、宇宙射线探测为其实验手段,研究基