

# 大学物理学

(音像文字结合教材)

## 第三册 光学·近代物理

主编 恽瑛 夏西平

责任主编 周永平

高等教育出版社



# 大学物理学

(音像文字结合教材)

第三册 光学·近代物理

主 编 恽 瑛 夏西平

责任主编 周永平

高等教育出版社

(京)112号

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学 第三册:光学近代物理/恽瑛,夏西平主编. -北京:高等教育出版社,1996

ISBN 7-04-005928-2

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 16214 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

江苏丹阳兴华印刷厂印装

\*

开本 850×1168 1/32 印张 13.75 字数 350 000

1996年12月第1版 1996年12月第1次印刷

印数 0001-5 407

定价 12.50 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

## 内 容 简 介

本书为《大学物理学》声像文字结合教材文字部分的第三册,分为三、四两篇.第三篇为光学,包括三章:光的干涉、光的衍射、光的偏振;第四篇为近代物理,包括九章:狭义相对论、电磁辐射的粒子性、微观粒子的波动性和状态、薛定谔方程、原子结构、统计物理与热力学基础、激光、固体的导电性、原子核物理简介.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,全国工科大学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.中国科学院院士、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.

## 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.

中科院院士 南京大学教授

冯 琦

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 and 幻灯片,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) 教学辅助材料: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词语信息的相互配合,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安交通大学吴百诗教授、西北工业大学徐绪笃教授、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、南京大学冯端教授的热情指导,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<br>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       | 李士滋                        |

|      |     |
|------|-----|
| 责任编辑 | 黄元铭 |
| 封面设计 | 刘晓翔 |
| 责任绘图 | 彭红  |
| 版式设计 | 焦东立 |
| 责任校对 | 毛海翔 |
| 责任印制 | 潘文瑞 |

# 目 录

## 第一册 力 学

### 第一篇 力 学

绪论

力学发展简史

第一章 质点的运动

第二章 运动定理和守恒定律

第三章 刚体的运动

第四章 机械振动

第五章 机械波

专题一 力学中的“力表象”与“能量表象”

习题答案

## 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 铜氧化物中的高温超导现象

## 第三册 光学·近代物理

## 第三篇 波动光学

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 光学发展简史 .....                     | 1   |
| 第十一章 光的干涉 .....                  | 4   |
| § 11-1 光波 相干光的获得方法 .....         | 6   |
| § 11-2 分波阵面干涉 .....              | 8   |
| § 11-3 时间相干性与空间相干性 .....         | 15  |
| § 11-4 光程 光程差 .....              | 18  |
| § 11-5 分振幅干涉 等厚干涉 等倾干涉 .....     | 21  |
| § 11-6 多光束干涉 光栅 .....            | 34  |
| 思考题 .....                        | 37  |
| 习 题 .....                        | 39  |
| 第十二章 光的衍射 .....                  | 43  |
| § 12-1 光的衍射 惠更斯-菲涅耳原理 .....      | 44  |
| § 12-2 单缝的夫琅禾费衍射 .....           | 47  |
| § 12-3 光栅衍射 .....                | 54  |
| § 12-4 圆孔的夫琅禾费衍射 光学仪器的分辨本领 ..... | 61  |
| § 12-5 X射线衍射 .....               | 66  |
| 思考题 .....                        | 70  |
| 习 题 .....                        | 71  |
| 第十三章 光的偏振 .....                  | 74  |
| § 13-1 自然光和偏振光 .....             | 75  |
| § 13-2 偏振片的起偏和检偏 马吕斯定律 .....     | 78  |
| § 13-3 反射和折射光的偏振 布儒斯特定律 .....    | 81  |
| § 13-4 光的双折射 .....               | 86  |
| § 13-5 椭圆偏振光与圆偏振光 .....          | 93  |
| § 13-6 偏振光的干涉 .....              | 98  |
| § 13-7 人为双折射 偏振光的应用 .....        | 100 |
| 思考题 .....                        | 104 |

|           |     |
|-----------|-----|
| 习 题 ..... | 105 |
|-----------|-----|

## 第四篇 近代物理

|                |     |
|----------------|-----|
| 近代物理发展简史 ..... | 107 |
|----------------|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第十四章 狭义相对论 ..... | 114 |
|------------------|-----|

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| § 14-1 狭义相对论的基本假设 ..... | 115 |
|-------------------------|-----|

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| § 14-2 狭义相对论的运动学基础 ..... | 119 |
|--------------------------|-----|

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| § 14-3 狭义相对论的动力学基础 ..... | 133 |
|--------------------------|-----|

|           |     |
|-----------|-----|
| 思考题 ..... | 139 |
|-----------|-----|

|           |     |
|-----------|-----|
| 习 题 ..... | 140 |
|-----------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第十五章 电磁辐射的粒子性 ..... | 142 |
|---------------------|-----|

|                        |     |
|------------------------|-----|
| § 15-1 普朗克的能量子假设 ..... | 143 |
|------------------------|-----|

|                        |     |
|------------------------|-----|
| § 15-2 爱因斯坦的光子假设 ..... | 150 |
|------------------------|-----|

|                     |     |
|---------------------|-----|
| § 15-3 玻尔原子理论 ..... | 154 |
|---------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| § 15-4 弗兰克-赫兹实验 ..... | 162 |
|-----------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| § 15-5 康普顿效应 ..... | 164 |
|--------------------|-----|

|           |     |
|-----------|-----|
| 思考题 ..... | 168 |
|-----------|-----|

|           |     |
|-----------|-----|
| 习 题 ..... | 169 |
|-----------|-----|

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第十六章 微观粒子的波动性和状态 ..... | 171 |
|------------------------|-----|

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| § 16-1 微观粒子的波粒二象性 ..... | 173 |
|-------------------------|-----|

|                    |     |
|--------------------|-----|
| § 16-2 不确定原理 ..... | 182 |
|--------------------|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| § 16-3 波函数 ..... | 189 |
|------------------|-----|

|           |     |
|-----------|-----|
| 思考题 ..... | 193 |
|-----------|-----|

|           |     |
|-----------|-----|
| 习 题 ..... | 193 |
|-----------|-----|

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第十七章 薛定谔方程 ..... | 195 |
|------------------|-----|

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| § 17-1 薛定谔方程的一般形式 ..... | 196 |
|-------------------------|-----|

|                      |     |
|----------------------|-----|
| § 17-2 定态薛定谔方程 ..... | 197 |
|----------------------|-----|

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| § 17-3 金属中的自由电子 ..... | 199 |
|-----------------------|-----|

|                   |     |
|-------------------|-----|
| § 17-4 隧道效应 ..... | 209 |
|-------------------|-----|

|           |     |
|-----------|-----|
| 思考题 ..... | 214 |
|-----------|-----|

|           |     |
|-----------|-----|
| 习 题 ..... | 214 |
|-----------|-----|

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| <b>第十八章 原子结构</b> .....          | 216 |
| § 18-1 氢原子中电子的定态薛定谔方程 .....     | 217 |
| § 18-2 氢原子中电子的波函数与概率 .....      | 220 |
| § 18-3 量子数的物理意义 .....           | 225 |
| § 18-4 电子自旋 施特恩-格拉赫实验 .....     | 228 |
| § 18-5 泡利不相容原理 原子的电子壳层结构 .....  | 231 |
| 思考题 .....                       | 234 |
| 习 题 .....                       | 234 |
| <b>第十九章 统计物理与热力学基础</b> .....    | 236 |
| § 19-1 气体的宏观性质 .....            | 238 |
| § 19-2 理想气体的压强公式 .....          | 242 |
| § 19-3 气体分子的平均平动动能 .....        | 248 |
| § 19-4 能量按自由度均分原理 理想气体的内能 ..... | 249 |
| § 19-5 麦克斯韦速率分布定律 .....         | 253 |
| § 19-6 气体分子的碰撞 气体分子的内迁移 .....   | 259 |
| § 19-7 麦克斯韦-玻耳兹曼统计 .....        | 264 |
| § 19-8 量子统计 .....               | 271 |
| § 19-9 热力学第一定律 .....            | 273 |
| § 19-10 气体的摩尔热容 .....           | 278 |
| § 19-11 热力学第二定律 .....           | 284 |
| § 19-12 熵 熵增加原理 .....           | 294 |
| 思考题 .....                       | 299 |
| 习 题 .....                       | 301 |
| <b>第二十章 激光</b> .....            | 305 |
| § 20-1 激光的产生 .....              | 306 |
| § 20-2 激光器 .....                | 315 |
| § 20-3 激光的特性与应用 .....           | 318 |
| 思考题 .....                       | 320 |
| <b>第二十一章 固体的导电性</b> .....       | 321 |
| § 21-1 固体的能带理论 .....            | 322 |
| § 21-2 固体的导电机理 .....            | 327 |

---

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| § 21-3 半导体简介 .....           | 330        |
| 思考题 .....                    | 338        |
| <b>第二十二章 原子核物理简介 .....</b>   | <b>339</b> |
| § 22-1 原子核的基本性质 .....        | 340        |
| § 22-2 放射性衰变 .....           | 345        |
| § 22-3 核反应 裂变 聚变 .....       | 352        |
| § 22-4 夸克 轻子 .....           | 358        |
| 思考题 .....                    | 361        |
| 习 题 .....                    | 361        |
| <b>专题三 熵的概念 .....</b>        | <b>362</b> |
| <b>专题四 非线性光学简介 .....</b>     | <b>387</b> |
| <b>习题答案 .....</b>            | <b>407</b> |
| <b>附录一 常用物理常数表 .....</b>     | <b>415</b> |
| <b>附录二 物理量单位 .....</b>       | <b>415</b> |
| <b>附录三 历年诺贝尔物理学奖简表 .....</b> | <b>418</b> |

## 第三篇 波动光学

### 光学发展简史

光学是一门具有悠久历史的学科.到17世纪下半叶,人们对光的本性的认识有两种不同的学说:以惠更斯为代表的一派主张波动说,他们认为光是一种机械波,靠所谓“以太”这种特殊媒质来传播;以牛顿为代表的另一派则主张微粒说,他们认为光是由微粒组成的,这些微粒可在真空中或透明媒质中以巨大的速度沿直线运动,也可从不透明物质的表面反射,当它们进入眼睛时就激起视觉.

波动说和微粒说都能够解释光的反射和折射现象.但是,在解释光从空气进入水中的折射现象时两种观点得出的结论不同.波动说认为水中的光速小于空气中的光速,微粒说却认为水中的光速大于空气中的光速.由于当时无法精确测定光速,所以究竟谁是谁非,难以判断.由于牛顿在力学领域的杰出贡献而享有崇高的威望,使他的微粒说在当时以及随后的百余年间得到了大多数物理学家的支持.所以,从17世纪到18世纪末,光的微粒说一直占据上风,惠更斯的波动说几乎被压抑了一个世纪,直到19世纪初,光的波动说才进入它的辉煌时期.

1809年,法国的马吕斯(E. Malus)发现了偏振现象,1817年托马斯·杨(T. Young)首先认为光是一种横波,而不是纵波.1821年,菲涅耳(A. Fresnel)用实验研究了偏振光的干涉,从而确认光是横波.后来,在1840年菲佐(A. Fizeau)第一次在实验室条件下测定了空气中的光速.1862年傅科(J. Foucault)测定了水中的光



速,认定水中的光速比空气中的慢.至此,光的波动说终于以精确的实验事实宣称了自己的胜利.

19世纪60年代,麦克斯韦建立了光的电磁理论.随后赫兹于1888年用实验证明了光是一种电磁波,而不是机械波.但是,麦克斯韦仍然认为传播光需要有以太.在19世纪末叶,人们曾经设计了不少实验,想证明以太的存在,但结果都没有成功.后来,人们认识到电磁波的传播不需要什么媒介物,以太是不存在的.1905年,爱因斯坦(A. Einstein)对光的本性提出了新的观点,即假定光是由具有一定能量和动量的粒子所组成的粒子流,这种粒子称为光子.他根据光子和自由电子在作用过程中的能量守恒定律,成功地解释了光电效应.这一时期的许多实验雄辩地证明了光的量子性.

综上所述,一方面,光的干涉、衍射和偏振现象表明,光具有波动性;另一方面,在热辐射、光电效应、康普顿效应等现象中,光却呈现出粒子性(量子性).光具有波动和粒子这两重性,称为光的波粒二象性.这就是今天人们对光的本性的认识,这种认识虽然仍是相对真理,但比起牛顿的微粒说和惠更斯的波动说,它已经更为接近客观真实了.

也许你觉得最好将关于光的本性的这两个完全不同的概念统一起来,希望能毫不含糊地回答:光究竟是波动还是粒子?让我们作一个并不十分贴切的比喻:如果一张纸的正面是红色的,反面是绿色的,你能断然回答这张纸究竟是红纸还是绿纸吗?可见,认为光的本性要么就是波动,要么就是粒子,不可能具有两重性,这种想法是有局限性的.连续的波动与不连续的粒子(光量子),在经典物理学简化了的机械概念中是相互排斥的,不能统一的.但在量子力学中,大家会看到,波动性与粒子性的对立却又有较为完满的统一.例如,对光穿过小圆孔而形成的衍射图样,就可同时用波动和粒子这两种观点加以解释.从波动的观点来看,光的强度与光振动振幅的二次方成正比,所以衍射图样的最亮处表明光振动的振幅最大;而从微粒的观点来看,光的强度与单位体积内的光子数即