



全国高等师范专科学校教材

普通物理·光学

王正清 吴美钧 主编

高等教育出版社

全国高等师范专科学校教材

普通物理·光学

王正清 吴美钧 主编

吴美钧 郑德佑 编

吕贤远 王正清

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是国家教委《1983~1990年二年制师专八个专业教材编写出版规划》中的一本。它是根据国家教委师范司1989年颁布的师范专科学校物理专业教学大纲的要求，为适应当前师范专科学校普通物理教学和培训初中物理教师的需要而编写的。

全书共分十章：分别为光的传播、大气中的光现象、光学系统的成像、眼睛与视觉、常用光学仪器、光的干涉、光的衍射、光的偏振、光的量子性和常用光源。该书以突出“浅、宽、实”为主导思想，以浅显的表述讲清物理意义，充分拓宽知识面，并较多地介绍了光学在实际中特别是农业中的应用。同时还注意了与中学教学的联系，在一些叙述上充分考虑了初中物理教学的实际情况。书中对思考和动手能力的培养也做了一定的尝试。

本书可作为师专物理专业的教材，也可供教育学院等其他院校有关师生及广大初中物理教师参考。

本书绪论及第一、二、三章由吴美钧执笔，第四、五、八、十章由郑德佑执笔，第六、七章由吕贤远执笔，前言及第九章由王正清执笔。

责任编辑 张思华

全国高等师范专科学校教材

普通物理·光学

王正清 吴美钧 主编

高等教育出版社出版

新华书店总店北京科技发行所发行

四川省金堂新华印刷厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 12.5 插页1 字数 310 000

1991年5月第1版 1991年5月第1次印刷

印数 0 001—2 754

ISBN 7-04-002696-1/O·1021

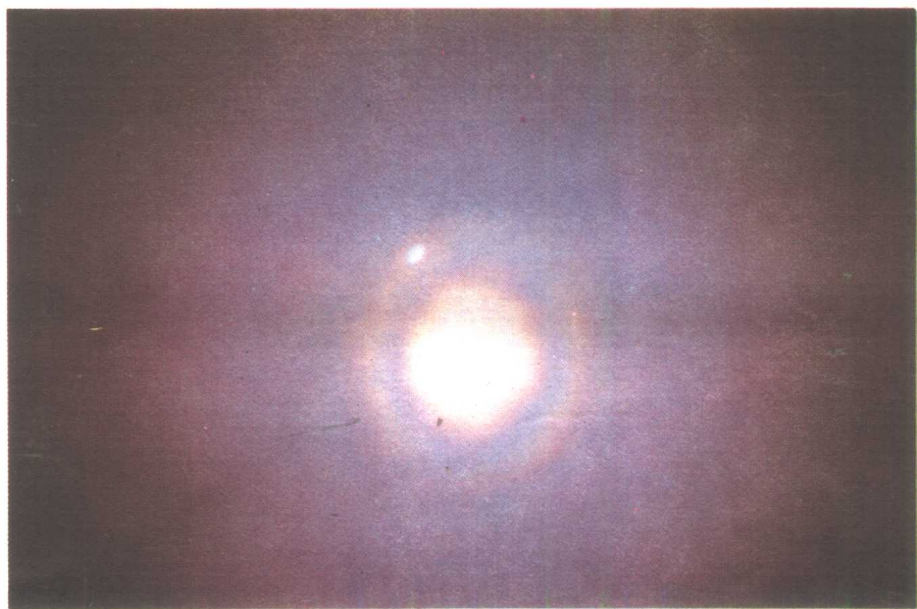
定价 4.30 元



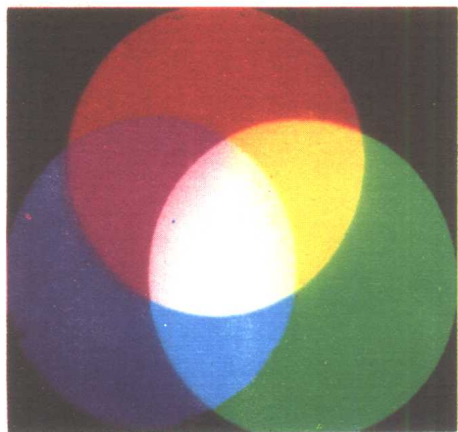
彩图一 虹和霓



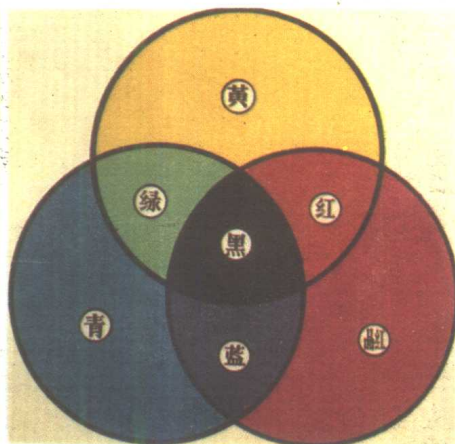
彩图二 22° 日晕



彩图三 月 华



彩图四 色光加法



彩图五 色光减法

前 言

本书是国家教委《1988~1990年二年制师专八个专业教材编写出版规划》中的一本。它是根据国家教委师范司1989年颁布的师范专科学校物理专业教学大纲的要求，为适应当前师范专科学校普通物理教学和培训初中物理教师的需要而编写的。在本书中，我们努力做到从物理现象和实验事实出发，阐明物理概念和规律；加强物理基础，针对中学实际，不要求过高，不过分追求严谨；重视物理知识的实际应用，特别是在农村的实际应用；尝试做到加强启发性，努力激发读者学习兴趣，增强学习的自觉性；力图用辩证唯物主义观点阐明教材内容，加强爱国主义教育。对于这些，我们作了一些努力，但限于水平，很难完全达到要求。

光学是一门既古老又富有青春活力的学科，是普通物理学的一个重要组成部分。本书在重点讲述几何光学和波动光学的同时，简略介绍了光的量子性、激光知识和成象的波动理论。为了联系中学教学及生产、生活实际，书中以较大篇幅介绍了大气中的光学现象、色视觉和常用光源等知识。为了扩展知识面，书中还编了一些课外阅读材料。为了加深对物理概念的理解，我们将练习题与思考题一并编在每节后面，并尝试着编了一些小实验和小制作，引导读者自己动手，提高自制教具、学具的能力。本书统一采用1988年全国自然科学名词审定委员会公布的新订物理学术名词并按国际单位制符号进行叙述和运算。

本书共分十章，绪论及第一、二、三章由吴美钧(荆州师专)执笔，第四、五、八、十章由郑德佑(济宁师专)执笔，第六、七章由吕贤远(宜昌师专)执笔，第九章由王正清(宜昌师专)执笔。

本书承镇江师专刘昌年教授、南开大学潘维济副教授、黄冈

CA8136

师专刘行敏副教授和济宁教师进修学院边大安副教授审阅，提出了宝贵意见，对本书的修改有很大帮助。刘行敏同志审阅了修改稿，并协助对全稿进行了修改与统稿。最后由潘维济同志对修改稿进行了认真地复审。在编写的整个过程中得到高等教育出版社同志们的热心指导和大力支持，在此一并表示诚挚的感谢。

由于我们学识浅薄和缺少经验，诚恳地希望广大读者对书中的缺点和错误不吝指出，以便有机会改正。

编 者

一九九〇年八月

目 录

绪论	1
第一章 光的传播	7
1.1 光的电磁理论	7
1.2 惠更斯原理	13
1.3 全反射及其应用	23
小实验 通过玻璃片观看书面	27
1.4 棱镜的折射与色散	29
小实验 巧取太阳光谱	33
1.5 光的吸收与散射	35
阅读材料 红外遥感技术在农业上的应用	39
第二章 大气中的光现象	41
*2.1 天空的颜色 朝霞和晚霞	41
2.2 海市蜃楼	43
2.3 虹和霓	46
小实验 虹和霓的验证	49
*2.4 晕和假日	51
*2.5 华和蛾帽宝光	55
小实验 蛾帽宝光再现	57
第三章 光学系统的成象	58
3.1 物和象	58
3.2 平面反射与折射成象	62
小实验 有趣的二平面镜成象	66
3.3 球面反射成象	67
阅读材料 非球面反射镜	77
3.4 球面折射成象	80
3.5 逐次成象法	89
小实验 观看金鱼的象	93

3.6 薄透镜	94
阅读材料 蝴蝶杯之谜	109
3.7 理想光学系统的基点与基面	113
*3.8 透镜的象差	119
第四章 眼睛与视觉	128
4.1 眼睛与眼镜	128
4.2 几种视觉	134
小实验 观察电风扇的“反转”现象	138
4.3 颜色的基本知识	139
*4.4 光的颜色与农业生产	145
阅读材料 叶绿素测定仪	147
4.5 光度学的基本知识	148
第五章 常用光学仪器	157
5.1 放大镜 目镜	157
小实验 自制高倍玻璃放大镜	163
5.2 显微镜	164
5.3 望远镜	166
阅读材料 未来的望远镜	171
5.4 照相机	172
5.5 投影仪	177
小实验 模拟透射式、反射式投影仪	180
第六章 光的干涉	182
6.1 光的干涉现象	182
6.2 相干条件 光程差	183
6.3 杨氏双缝实验	189
6.4 劳埃德镜实验 半波损失 条纹可见度	197
阅读材料 光驻波实验	202
6.5 薄膜干涉	204
小实验 观察肥皂膜的彩色	210
6.6 光的空间相干性和时间相干性	212

6.7 迈克耳逊干涉仪	216
阅读材料 马赫-曾德干涉仪	221
6.8 法布里-珀罗干涉仪	223
6.9 干涉的应用	228
第七章 光的衍射	237
7.1 光的衍射现象 惠更斯-菲涅耳原理	237
小实验 观察光的衍射现象	242
7.2 菲涅耳圆孔衍射	243
7.3 夫琅禾费单缝衍射	252
7.4 平面衍射光栅	261
阅读材料 光栅的制造	270
小实验 自制简易正交光栅观察衍射现象	271
7.5 夫琅禾费圆孔衍射	272
7.6 助视仪器的分辨本领	276
阅读材料 光栅的分辨本领	282
7.7 全息照相	283
*7.8 阿贝成像原理	286
第八章 光的偏振	290
8.1 自然光 偏振光 马吕斯定律	290
8.2 反射与折射光的偏振	297
小实验 确定偏振片的透振方向	302
8.3 晶体的双折射	303
8.4 常用晶体偏振器	313
阅读材料 偏振光与立体电影	317
8.5 椭圆偏振光和圆偏振光	319
8.6 偏振光的干涉	324
8.7 旋光现象	333
第九章 光的量子性	337
9.1 黑体辐射	337
小实验 用亮温法测高温物体温度	344

9.2 光电效应	345
小实验 观察光电效应现象	354
9.3 康普顿效应	355
9.4 光的二象性	359
阅读材料 电子显微镜	362
第十章 常用光源	365
*10.1 热辐射光源	365
10.2 气体放电光源	367
10.3 激光光源	375
阅读材料 其他几种激光器	380
10.4 激光的特性与应用	382
部分练习与思考题参考答案	387
主要参考书目	392
彩色插页	

绪 论

光学是物理学的一部分,它是研究光的传播、光与物质相互作用规律及其应用的学科。通常,光学分为几何光学、波动光学、量子光学三部分。当光波波长远小于光学元件的几何尺寸时,光遵守直线传播、反射与折射三个实验定律。在光学中,以这三个实验定律为基础,讨论光的传播、成象等规律的部分,称为几何光学。光的干涉、衍射、偏振等现象,充分表现了光的波动性,对这些现象的讨论,必须以光的波动理论为基础,这部分光学称为波动光学。在光与物质相互作用的某些现象(如黑体辐射、光电效应,康普顿效应等)中,光的粒子性显著表现出来,对这些现象的讨论,需要用到量子理论,这部分光学称为量子光学。波动光学和量子光学都涉及光的本性,通常,我们又把它们统称为物理光学。

在详细讨论光学具体内容之前,让我们先回顾一下光学发展简史,从而对光学的概貌有所了解,这对于学习本课程乃至其他课程,都将是有益的。

光是人们获得外界信息的主要媒介,对光现象的观察和光传播规律的研究,自然成为人类最早的科学研究活动之一。和力学一样,光学也是一门古老的学科。人类对光现象的记载,可追溯到二千多年以前。我国战国时期(公元前四世纪)的《墨经》,可作为光学的最早记录。《墨经》对几何光学的记载共八条,从光的直线传播、影的形成、光与影的关系到各种镜面成象规律,都作了较为详细的叙述。在古希腊,欧几里德(Euclid)写成了《光学》一书,讨论了光的直线传播及视觉、光的反射及平面镜的几何成象规律等,但这要比《墨经》晚一个世纪。

由于光学的规律不象力学规律那样比较容易为人们所认识,古代光学基本上停留在光学现象的描述和初步总结之上。作为一

门科学,光学经历了一个漫长的发展过程。如上所述,光的反射现象早为古人所知,但直到十世纪才由阿拉伯学者阿尔哈增(Alhazen)提出入射线、反射线和法线在同一平面内,从而完成了反射定律的精确描述。对折射现象,也早在二世纪由著名的天文学家托勒玫(C.Ptolemy)进行了观测,他较准确地测定了入射角与折射角的数值,但得到的结论却是错误的,他认为折射角正比于入射角。这个结论维持了八、九百年之久。直到十世纪,阿尔哈增才指出折射角与入射角的比不是常数。折射定律的正确形式,一直到1621年才由荷兰数学家斯涅耳(W.Snell)从实验中发现。1657年,费马(P.de Fermat)提出了著名的最小时间原理,他指出光经过空间两点所需时间为最小值。这个原理可以把几何光学的三个基本定律统一起来,它具有普遍意义。至此,几何光学奠定了稳固的基础。

在几何光学基本定律建立的同时,几何光学仪器也得到很大发展。1608年,荷兰工匠李普塞(H.Lippershey)发明了第一架望远镜。几个月后,伽利略(G.Galileo)制成了他自己的望远镜。与伽利略同时代,开普勒(J.Kepler)设计了另一种望远镜。伽利略望远镜和开普勒望远镜都是“折射式望远镜”,它们的物镜都是一块凸透镜。1668年,牛顿(I.Newton)设计制造了第一架“反射式望远镜”,它的物镜是一凹面镜。十七世纪初,第一架显微镜也由荷兰人延森(Z.Janssen)发明。后来,意大利人冯特纳(F.Fontana)对此又作了重大改进,把显微镜的目镜从凹透镜改为凸透镜,使之具有近代显微镜的雏形。望远镜和显微镜的发明与应用,促使十七世纪的一些欧洲学者深入研究了它们所包含的光学原理,从而导致几何光学成象理论的建立。

光现象的不断发现和认识,引起了人们对光的本性的探讨。到十七世纪,人们对光的本性的认识已形成两种截然不同的学说。一种是以牛顿为代表的“微粒说”,它以光的直线传播为基础,认为

光是从发光体发出的以一定速度传播的微粒流。从质点力学定律出发，“微粒说”解释了光的反射与折射定律。另一种是以惠更斯(C.Huygens)为代表的“波动说”，它以两束光相遇互不干扰为基础，认为光是光源发出的和声波相似的纵波。为了描述波的传播，惠更斯提出了后人以他的名字命名的原理，它不仅能解释反射与折射定律，而且能成功地解释晶体双折射现象。但是，这两种学说在推导光在介质中的传播速率时，得到完全相反的结论：“微粒说”认为光在介质中的传播速率应比光在真空中的传播速率大，而“波动说”的结论却恰恰相反。这一问题的实验验证，就成为判定“微粒说”和“波动说”谁是谁非的关键。

由于“波动说”初期理论的缺陷，也由于当时科学技术水平限制，还不能判定上述问题的是非，更由于牛顿的权威，使得“微粒说”一度占了上风，并持续达一个多世纪。十九世纪初，英国医生兼物理学家托马斯·杨(T.Young)进行了著名的杨氏实验，首次测定了光波波长，并提出了干涉原理。1818年，法国工程师菲涅耳(A.J.Fresnel)以波的干涉原理充实惠更斯原理，形成了更完善的惠更斯-菲涅耳原理。应用这一原理，不仅能解释光的衍射现象，而且还能阐明光在各向同性介质中沿直线传播的条件。与此同时，杨氏在菲涅耳、阿喇果(D.Arago)研究偏振现象的基础上，提出了光是横波的假设，这样，波动说被推进到一个新阶段。1850年，傅科(J.L.Foucault)首次用实验证明了光在水中的传播速率要比在空气中小，这一结果与“波动说”的结论一致，这就为“波动说”战胜“微粒说”提供了有力的实验依据。但是，“波动说”也不是十分圆满的，它仍把光看成是“以太”中的机械弹性波，而对“以太”的种种假说，又不能自圆其说。

到十九世纪中叶，在光学发展的同时，电磁学也得到极大发展。1845年，法拉第(M.Faraday)发现了光的振动面在强磁场中的旋转现象。1856年，韦伯(W.E.Weber)和柯尔劳斯(R.Kohlra-

usch)由实验发现电磁学单位和静电学单位的比值等于光在真空中的速率。这些现象的发现,揭示了光现象与电磁现象之间内在联系。1864年,麦克斯韦(J.C.Maxwell)把电磁规律总结为一方程组,从理论上预言了电磁波的存在,并求得电磁波的传播速率等于光速。麦克斯韦的预言后来终于被赫兹(H.Hertz)用实验所证实。至此,人们对光的本性认识更深入了一步。

人类对光本性的认识,经历了不断实践、认识、再实践、再认识的过程。到十九世纪末和二十世纪初,光学的研究深入到光的发射、光与物质相互作用的微观结构中,发现了一些旧理论完全不能解释的新现象。为了解决这些新矛盾,1900年普朗克(M.Planck)在研究黑体辐射过程中,首先提出了“能量子”假设。1905年,爱因斯坦(A.Einstein)将普朗克的理论进一步推广,提出了“光量子”假设,使光电效应得到圆满解释。光子理论事后为康普顿(A.H.Compton)效应等实验进一步证实。需要指出的是,光子与旧粒子说中的粒子是有根本区别的,光子与光的频率(波动性)相联系,光同时具有粒子性和波动性,即波粒二象性。更深入的研究证明,实物粒子也具有波粒二象性。波粒二象性是包括光子在内的一切微观粒子的客观属性。

迄今,光学本身仍在不断发展。人们对光的本性的认识也还未结束。1960年,梅曼(T.H.Maiman)制成第一台激光器,从此激光物理得到迅速发展。由于激光具有方向性强,单色性好,能量高度集中的特性,它很快被应用于通讯、测距、定向、检测、精密测量、材料加工、良种培育、医疗、同位素分离、催化、受控核聚变等广阔的领域。近三十年来,人们把数学、信息论和光的衍射理论结合起来,发展起一门新兴的学科——傅里叶(Fourier)光学,它已成为光学信息处理、象质评价、成象理论、光学计算机等的理论基础。传统光学的观察技术与其他新技术的结合,红外波段的扩展,使得红外技术得到很大发展,广泛应用于热加工与处理、夜视、导弹制

导、环境监测、遥感遥测等方面。此外,非线性光学、统计光学、集成光学、光电子学等许多新的光学分支,也不断产生和发展。总之,光学呈现出一片崭新的面貌。

光学在国民经济和科学技术发展中起着重要作用,这主要表现在以下几方面:

第一,光学与其他学科,起着相互促进的作用。光学的发展,直接导致了量子力学和相对论的诞生和发展。光学与其他科学技术的相互结合,形成了诸如上述的激光物理、激光技术、傅里叶光学等许多新兴的学科。光学的概念和理论,广泛渗透到其他学科之中。例如,在农业生物科学、气象学中,为了描述太阳辐射的变化规律,就要用到辐射度学、光度学的量和单位;对光生物现象的研究,就要用到光子的概念以及有关辐射、吸收等方面的知识;对大气现象的研究,就要涉及光的散射、折射、反射和衍射等。

第二,光是人们获得外界信息的重要媒介。因为有了光,人们才能看到斑驳陆离、瞬息万变的周围事物。放大镜、显微镜、望远镜、干涉仪、光谱仪、照相机、投影仪等光学仪器的应用,大大地扩大了人们的视野和观测精度,特别是在现代科学技术(如光电子技术、自动化技术、电子及半导体技术、计算机技术等)的配合下,这些光学仪器更加精益求精,使用效率大大提高,并不断扩大应用范围。

第三,光是能源的一种重要形式。万物生长靠太阳,从根本上说,没有植物与太阳光的光合作用,也就没有包括人类在内的动植物。人们生产和生活所需的能源,绝大部分也来自太阳能。煤和石油就是从太阳能长年累月地转化而来的产物。如何开发和应用太阳能,以及如何应用光来增加农作物产量和生产化工产品,是当今人们关心的重要课题。

第四,光也为创造有效而愉快的生活环境和文化艺术服务。例如,生活和艺术照明、服装和周围环境的色泽、电影和电视等,都

离不开光。

本书作为一门基础教材,重点介绍经典光学的基本理论和典型应用,对于近代光学的某些内容,也将结合有关章节作一定介绍。