

普通物理学

第四分册

光学

(第三版)

梁绍荣 刘昌年 盛正华 主编 梁绍荣 管 靖 唐伟国 修订

 高等教育出版社

普通物理学

第四分册 光学

(第三版)

梁绍荣 刘昌年 盛正华 主编
梁绍荣 管靖 唐伟国 修订



高等教育出版社

内容提要

本书是在原《普通物理学》(第二版)的基础上修订而成的,原书是针对师专编写的,本次修订在保留原书特色的基础上,根据2003年教育部制定的普通高中物理课程标准中对中学物理教师的要求和近年来高等教育大众化的发展情况,按照高等师范院校和理工类高校物理专业本科普通物理学的教学标准,在保持原书主干内容的基础上,新增了部分拓展内容,使本书在适合本科少学时使用的同时,兼顾了师专院校的物理教学。

本书分力学、热学、电磁学、光学和量子物理学基础等五册。本册为第四分册光学,内容包括绪论、几何光学基础、眼睛视觉与色觉、常用光学仪器、光的干涉、光的衍射、光的偏振、成像的波动理论、光的吸收散射和色散、光的量子性、激光与全息照相 etc 十章,大部分章末附有思考题和习题。

本书可作为师范类、理工类高等学校物理类专业本科的教材,去掉加*和**号的章节后并不影响知识结构的完整性,可作为师专、教育学院、函授等物理专业的教材,也可作为中学教师的培训参考书。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理学.第四分册,光学/梁绍荣,刘昌年,盛正华主编.—3版.—北京:高等教育出版社,2005.12

ISBN 7-04-017772-2

I. 普... II. ①梁...②刘...③盛... III. ①普通物理学—高等学校—教材②光学—高等学校—教材 IV. O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 116704 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	涿州市星河印刷有限公司		http://www.landaco.com.cn
开 本	787×960 1/16	畅想教育	http://www.widedu.com
印 张	17.25	版 次	1988 年 10 月第 1 版
字 数	320 000		2005 年 12 月第 3 版
		印 次	2005 年 12 月第 1 次印刷
		定 价	18.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17772-00

著名物理学家的教育思想

中国传统教育提倡按部就班的教学方法,认真的学习态度,这有利于学生打下坚实的基础,但相对来说,缺少创新意识;美国提倡“渗透式”的教育方法,其特点是学生在学习的时候,对所学的内容往往还不太清楚,然而就在这过程中已经一点一滴地学到了许多东西,这是一种“体会式”的学习方法,培养出来的学生有较强的独立思考和创造能力,易于很快地进入科学发展的前沿,但不如前者具有扎实的根基。中美两种教育方式各具特色,长短互补,若能将两者的优点和谐地统一起来,在教育方法上无疑是一个突破。

——杨振宁

发展独立思考和独立判断的一般能力,应当始终放在首位,而不应当把获得专业知识放在首位。

——爱因斯坦

教育的目标,不只限于知识的传授,尤其是高等教育,其主要任务是教导学生思考。

——吴大猷

进步道路上的绊脚石是,也一向是不容怀疑的传统。

——吴健雄

我们主张采取“既讲清楚,又不讲清楚”、“言犹未尽”的讲授方法。应该力求讲清一些基本概念,使大多数同学经过思考即可容易地掌握这些知识。但对于已经学过的内容,我们提倡让同学自己去做“温故而知新”的工作;对于我们认为同学们经过思考可以掌握的内容、可以导出的公式,则留给同学们自己去做;有时我们留一些“伏笔”,过几章之后再作解答。

——杨福家

想像力比知识更重要,因为知识是有限的,而想像力概括着世界上的一切,推动着世界前进,并且是知识进化的源泉。严格地说想像力是科学研究中的实在因素。

——爱因斯坦

第一版前言

本书是在国家教委高等学校理科物理教材编审委员会的组织与领导下根据师专及教育学院、初中教师培训等教学大纲的基本要求而编写的。

考虑到物理学是以实验为基础的学科,在编写中我们力求从物理现象与实验事实出发,引入物理概念与物理思想,阐明物理规律,努力做到内容精炼,深浅适度,讲解清楚,表述准确,拓宽知识面,注意联系中学教学及生产、生活实际。本书还以相当的篇幅介绍了本学科的一些最新进展以及物理学史内容,以开阔读者的视野。

光学是研究光现象的一门物理学。作为普通物理学的光学分册,将讨论两个主要内容:以光的直线传播定律、反射定律和折射定律为基础的几何光学(第二、三、四章);以波动原理阐述光的干涉、衍射和偏振的波动光学(第五、六、七章)。另以一章的篇幅讨论成像过程的波动论解释(第八章)。

激光的发现和激光技术的发展,使光学的研究和应用进入一个广阔领域。本册将在第九章中扼要介绍激光器、激光的性质以及激光的一些应用。

本分册第一章光学总论介绍有关光现象的一些知识。这些内容是学习光学所应了解的,在以后各章中不再讲述,故写在前面供读者参考。

探讨光的本性的重要意义远远超出光学的狭小范围,光的波粒二象性改变了传统的物质观,推动了近代物理学的诞生和发展,较详细的讨论将放在第五分册《近代物理学》中。

有关本分册的基本要求、重点难点分析、解题指导等,均列入与本分册配套的《学习指导书》中。

本分册章节的安排,重点及内容的取舍都经过编者的共同商讨,然后分工撰写,其中第一章与第三章由刘昌年(镇江师专)执笔,其余各章由张家琨(绍兴师专)执笔,审稿会后由张家琨修改定稿,并经过主编审阅。

本分册承山东大学余寿绵教授、云南大学傅宏郎教授(主审)以及北京师范大学黄婉云副教授、昭通师专沈树仁副教授、济宁师专郑德佑副教授、济宁市教师进修学院边大安先生等审阅,提出宝贵意见,对本书的定稿有很大帮助。本书在整个编写过程中还得到了高等教育出版社同志们的大力支持。绍兴师专徐永茂老师为本书绘制了全部插图,镇江师专赵志清、董荣生老师拍摄与翻拍了部分照片,在此一并深致谢意。

由于编者水平有限,且时间比较仓促,恳切希望专家与广大读者对书中缺点和错误提出批评指正。

编 者

1987 年 11 月于北京

第二版前言

本书(共五册)是为适应师专教学改革的要求及培养、提高初中物理师资的需要,参照师专、教育学院、中学教师进修高等师范专科等三种教学大纲编写而成。第一版于1987—1989年陆续出版后,受到各方面的欢迎和好评。本书是受当时国家教委高校理科物理教材编审委员会普通物理编审组委托编写的,现根据国家教委1991年12月颁发的中学教师进修高等师范专科物理教育专业教学大纲,并考虑师专、教育学院及函授等各方面的需要修订再版。全书分力学、热学、电磁学、光学和近代物理学基础五个分册。

全书加强了普通物理学各部分之间的联系;增加了物理学导论作为全书的第一章,使读者在学习物理学之初对它的全貌有一梗概的了解,以期消除“只见树木,不见森林”的弊端;全书力求具有体系严谨、深入浅出、概念准确、叙述简明、知识面广、求实求新、便于自学等特点。

本书由原编者共同修改。在修改过程中,天津教育学院刘若民同志,山西教育学院阎元红同志与电视师范学院李小林同志等提出了宝贵的意见与建议,许多热心的教师与读者也来函对本书提出指正,对本书的修订有很大帮助。本书最后由山东济宁师专郑德佑教授审阅。在此一并对他们表示衷心的感谢。

恳切希望专家与广大读者对书中缺点错误提出批评指正。

编 者

1993年4月于镇江、绍兴

第三版前言

本书于1987—1989年期间出版了第一版;于1993—1995年期间修订再版。现根据教育部2003年制订的普通高中物理课程标准中对中学物理教师的要求和近年来高校发展情况,按高等师范院校和理工类高校物理专业本科普通物理学教材标准而修订成为第三版。本书分力学、热学、电磁学、光学和量子物理学基础等五册。

本书第一版是受当时国家教委高校理科物理教材编审委员会普通物理编审组的委托,为卫星电视、师范专科等物理专业的需要而编写的。出版后受到各方面的欢迎和好评。曾获1992年全国优秀教材国家教委二等奖,并于1994年根据当时的使用情况和国家教委颁发的新大纲编写出版了第二版。

当前,我国已进入高等教育大众化阶段,一些兄弟院校的同行老师们希望能将本书重新修订,使本书可作为本科物理类专业的普通物理教材使用,经过慎重的考虑,我们将新版教材定位为本科物理类专业教材,同时兼顾师专物理教学。为此,对本套书中的部分章节标以“*”、“**”号,并以小字排印,“**”内容为选学内容,删去这些内容并不影响知识结构的完整性,而对于师范专科、教育学院、函授等院校物理专业的教学,可删去标有“*”、“**”的内容,在实际教学过程中,教师可根据需要对内容作灵活调整。

这次修订除保留原书的内容简明、科学严谨、阐述清晰、深入浅出、增加物理学导论和浅、宽、准的编写思想外,主要改革之处为:①加强物理学思想方法的讲授,教材中不仅在讲述过程中注意这方面的内容,而且在适当章节作回顾、评述等加以强化,以便由知识加方法以形成能力,进而有助于创新精神的培养;②注意分段小结、层层提高,如在力学中以牛顿定律的思想体系为主线,热学中加强统计规律的思想,电磁学中突出场的概念,光学中注意讲清波动理论及其承上启下的作用,量子物理学中将引导学生进入人们所不熟悉的微观领域等;③进一步增加近代物理学内容;④进一步加强联系实际等。总之,全书以物理学导论为开端,由机械运动到热运动,由实物到场,由宏观到微观,由经典到近代,用物理学的基本思想贯穿全书,逐步提高,直至前沿。

这次修订在内容结构上有较大调整,将相对论由第五分册调到第一分册,并在第一分册中增加一章(加**) Matlab 在普通物理学中的应用(在其他分册中,相应部分则作为附录,以便使用);在第四分册中,将原附录Ⅱ扩为第八章

(加*)；去掉第五分册中的固体物理学，增加量子统计学初步(加**)；将第五分册的书名由近代物理学基础改为量子物理学基础等。各分册中的具体修改情况在相应的分册中另有说明。

本册的主要修改之处为：① 根据本科教学大纲增补内容，增加了棱镜、像的光亮度和光照度、法布里-珀罗干涉仪、菲涅耳圆孔衍射、相速和群速等节，充实了光度学简介、光的吸收、光的散射、光的色散、空间相干性和时间相干性、非线性光学等节的内容；② 集中介绍并强化基本概念和理论，综合某些章节的内容，编写了成像的基本概念、干涉基本理论、薄膜干涉概述等节；③ 适当提高理论的起点，把球面反射作为球面折射在 $n' = -n$ 时的特殊情况，简化了计算，丰富了物理思想，在光的电磁理论一节中引入现代光学中广泛采用的复振幅概念，并用它简单而严格地进行了干涉、单缝衍射、光栅衍射的光强计算；④ 为了教学的顺畅，改变某些章、节的先后次序，并增加了少量例题和习题。

由承德民族师专承办的《基础物理学》研讨会上，编者借机征求对本书的修改意见，与会的师大、师院、师专、综合大学和理工类高校等多位老师提出了很多宝贵意见和建议；川北教育学院的许弟余教授等几位老师提出了很多的具体书面意见；唐山师院的石凤良副教授对本书第五分册也提出了不少书面意见；唐山师院的王耀华副教授和承德民族师专的高新意副教授对本书的第三分册提出了很多有益的改进意见。

高等教育出版社理工出版中心的陶铮和刘伟编辑对本书的修订作了精心策划，提出了许多有益的意见；陈海柳和张海雁编辑为本书的出版做了出色的编辑工作。

本册由潘维济教授和郭永康教授先后审阅。

在此一并对上述各位女士、先生表示诚挚的谢意。

本书由梁绍荣、管靖主持修订，各分册分别由管靖、王天泰、唐伟国编写。在成书过程中我们共同讨论，确定编写原则、书的水平、篇幅和体例等事宜，分别执笔，最后由梁绍荣、管靖核定。我们虽尽心尽力，力图编好，但水平所限，书中错误、缺点在所难免，恳请专家、同行和读者批评指正。

编 者

2004年5月于北京

目 录

绪论	1
第一章 几何光学基础	4
§ 4-1-1 几何光学的基本定律	4
§ 4-1-2 费马原理	7
§ 4-1-3 棱镜和全反射	9
§ 4-1-4 成像的基本概念	13
§ 4-1-5 单球面折射成像	16
§ 4-1-6 单球面反射成像	25
§ 4-1-7 薄透镜	27
§ 4-1-8 理想光具组	36
思考题	45
习 题	46
第二章 眼睛 视觉与色觉	49
§ 4-2-1 眼睛	49
* § 4-2-2 色与色觉	54
思考题	58
习 题	59
第三章 常用光学仪器	60
§ 4-3-1 照相机与投影仪器	60
§ 4-3-2 放大镜 目镜	63
§ 4-3-3 显微镜	65
§ 4-3-4 望远镜	67
§ 4-3-5 像差概述	69
* § 4-3-6 光度学简介	75
§ 4-3-7 光阑 光瞳	79
* § 4-3-8 像的光亮度和光照度	82
思考题	85
习 题	85
第四章 光的干涉	87
§ 4-4-1 光的电磁理论	88
§ 4-4-2 干涉的基本理论	92

§ 4-4-3 杨氏实验	96
§ 4-4-4 菲涅耳双面镜 劳埃德镜 半波损失	100
** § 4-4-5 空间相干性和时间相干性	102
§ 4-4-6 薄膜干涉概述	106
§ 4-4-7 等倾干涉	108
§ 4-4-8 等厚干涉 劈尖 牛顿环	112
§ 4-4-9 迈克耳孙干涉仪	117
§ 4-4-10 干涉现象的应用	121
* § 4-4-11 法布里-珀罗干涉仪	124
思考题	126
习 题	127
第五章 光的衍射	131
§ 4-5-1 光的衍射现象	131
§ 4-5-2 惠更斯-菲涅耳原理	134
* § 4-5-3 菲涅耳圆形孔衍射	136
§ 4-5-4 夫琅禾费单缝衍射	141
§ 4-5-5 光栅 光栅光谱	147
§ 4-5-6 夫琅禾费圆孔衍射	153
§ 4-5-7 光学仪器的分辨本领	155
§ 4-5-8 晶体对 X 射线的衍射	159
思考题	162
习 题	163
第六章 光的偏振	165
§ 4-6-1 偏振现象与光的横波性	165
§ 4-6-2 线偏振光与自然光	167
§ 4-6-3 二向色性与人造偏振片	169
§ 4-6-4 起偏与检偏 马吕斯定律	170
§ 4-6-5 反射与折射起偏 布儒斯特定律	172
§ 4-6-6 双折射现象	174
§ 4-6-7 晶体双折射器件	178
§ 4-6-8 椭圆偏振光与圆偏振光 偏振光的检验	181
§ 4-6-9 偏振光的干涉	188
* § 4-6-10 人工双折射	191
* § 4-6-11 旋光现象	193
思考题	196
习 题	197
第七章 成像的波动理论	200
** § 4-7-1 从波动光学到几何光学	200

“ § 4-7-2 阿贝成像理论与波特实验	202
“ § 4-7-3 空间滤波在光学信息处理中的应用	205
思考题	209
第八章 光的吸收、散射和色散	210
“ § 4-8-1 光的吸收	210
“ § 4-8-2 光的散射	211
“ § 4-8-3 光的色散	213
“ § 4-8-4 相速和群速	214
思考题	216
习 题	217
第九章 光的量子性	218
§ 4-9-1 热辐射 普朗克量子假设	218
§ 4-9-2 光电效应 光子 爱因斯坦方程	220
§ 4-9-3 康普顿效应	225
§ 4-9-4 波粒二象性	228
思考题	230
习 题	231
第十章 激光与全息照相	232
§ 4-10-1 激光与激光器	232
§ 4-10-2 激光的特性与应用	235
§ 4-10-3 全息照相	239
“ § 4-10-4 非线性光学	243
思考题	245
附录 I 光源	246
附录 II 光学发展大事年表	248
附录 III Matlab 在光学中的应用举例	252
习题参考答案	256
常用物理常量及换算关系表	259
主要参考文献	260

绪 论

(一) 光现象

在人的感觉器官中,听觉和视觉最灵敏,而接触到周围现象最多的还是视觉.古代人活动离不开太阳光,“日出而作,日落而息”.到发明用火之后,人类开始利用其他许多人造光源.借助于光的照明观察物体的运动,借助水面和镜面认识自己的面容,客观世界的形象就这样通过光而为视觉所感受,这些光被称为可见光.1665年牛顿(I. Newton, 1643—1727)研究了色散现象,将日光分解为由红到紫的可见光谱.1800年赫歇尔(J. F. W. Hershel, 1738—1822)发现在光谱的红端以外还有能产生热效应(使温度计指示升高)的部分,称为红外线.1802年里特(J. W. Ritter, 1776—1810)发现在光谱的紫端以外还有能产生化学效应(使照相底片感光)的部分,称为紫外线.所谓光,一般是指能引起视觉的可见光.红外线与紫外线虽不能引起视觉,但可以用一定的方法(如光电管接收、感光胶片感光等)探测,所以从广义讲,光也包括红外线与紫外线.

光的发生、传播、吸收、色散、干涉、衍射、偏振以及光与其他物质的相互作用等都是光现象.

(二) 光学的发展

光学起源于古代.各民族都有观察光、制镜和使用镜的记载.依时间顺序,以我国墨翟(前468—前376)及其弟子所著《墨经》和希腊欧几里德(Euclid, 前330—前275)所著《光学》为最早.依研究范围,以阿拉伯的阿尔哈金(Alhazen, 965—1038)和我国沈括(1031—1095)、赵友钦为最广.光学从一开始就是一门实验科学,不论是墨翟、欧几里德,还是阿尔哈金、沈括、赵友钦,他们都不停留于观察自然界的光现象,而是利用当时已掌握的物质和技术条件,设计种种实验,定性地和定量地进行研究.

到1600年前后,几何光学已初步奠定了基础,这主要表现在以下几个方面:
① 对光的直线传播、反射和折射现象有了定量的描述. ② 制成了平面镜、球面镜和凸透镜,研究了它们成像的规律. ③ 观察到了天然的色散现象. ④ 研究了人眼,懂得了视力矫正. ⑤ 发明了暗箱,探讨了透镜的组合.以上这些为制造光学仪器奠定了基础. ⑥ 制成了人造光源(主要是油灯和蜡烛). ⑦ 开始了对光的本性的探索.除了把光看成是微粒运动的朴素认识外,还提出了球面传播的设想.

在 1600—1800 年的 200 年间,光学得到了较快的发展,这主要表现在以下几个方面:① 制成了复式显微镜,促进了生物学和医学的发展.② 制成多种式的望远镜,加深了对宇宙的认识;精确地记录了天体运行的数据,为牛顿力学的产生创造了条件.③ 形成了几何光学的基本定律[开普勒(J. Kepler, 1571—1630)、斯涅耳(W. Snell, 1591—1626)、费马(P. de Fermat, 1601—1665)].④ 提出了关于光的本性的两种学说:惠更斯(C. Huygens, 1629—1695)的波动说和牛顿的微粒说.⑤ 观察到干涉、衍射现象.⑥ 从天体运动首测光速.

这一时期对光学做出杰出贡献的科学家有开普勒、胡克(R. Hooke, 1635—1703)、牛顿和惠更斯,研究中心在工业发达的西欧. 光学的技术成果和理论成果促进了其他学科如力学、生物学、医学、天文学、矿物学、军事学的发展.

1800—1900 年的 100 年间光学的发展加速了,这主要表现在以下几个方面:① 由于一系列干涉和衍射实验的成功与惠更斯-菲涅耳(A. J. Fresnel, 1788—1827)原理所给予的波动说解释,宣告了波动说的胜利.② 偏振现象的发现证实光是横波.③ 精确地测定了光速 $c = 3.00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,测出介质中光速小于 c ,从而彻底驳倒了微粒说(机械模型).④ 创立了光的电磁理论,使光的本性理论摆脱了机械运动观.⑤ 确定了光速不依赖于观察者的运动,为相对论的诞生提供了实验依据.⑥ 光谱学有了很大发展,积累了大量谱线波长的数据,为玻尔(N. H. D. Bohr, 1885—1962)原子理论的建立创造了条件.⑦ 对可见光的色和色觉进行了研究.⑧ 实现了光和影像的记录、光的储存和再现,发明了照相术和电影.

照相术和电影是这一时期最重要的技术成果,它们已经成为近代科学技术中的重要工具,增添了记录历史的手段,丰富了人类的文化生活. 这一时期的理论成果是:波动光学被建立起来,关于光的本性的认识有了巨大突破.

20 世纪的物理学是从量子理论和狭义相对论开始的. 它们得助于光学的成果,又为光学的进一步发展提供了理论基础. 到 19 世纪末,光学在理论上的任务似乎只有弄清它的电磁性质了,但不久,实验证实光除了具有波动性以外,还具有微粒性——光由基本单元光子所组成[爱因斯坦(A. Einstein, 1879—1955)]. 这就是光的波粒二象性. 光的波粒二象性更全面地反映了光的本性,而且波粒二象性的思想还导致了量子理论(量子力学)的诞生. 继续不断地探索光的本性必将加深对物质世界的认识.

电光源在 20 世纪得到迅速发展. 代替 20 世纪初的电弧灯,人们制成了白炽灯、荧光灯及高效率新光源以满足各种需要.

1960 年梅曼(T. H. Maiman, 1927—)制成第一台激光器,为人类提供了单色性、方向性、相干性很好的高亮度光源,使光学的理论和技术都有了新的突破,光学这门有着悠久历史的学科又一次焕发了青春,成为现代物理学与现代科学

技术的前沿. 激光本身作为有诸多优点的新光源, 在诸如材料加工、精密测量、全息检测、军事通信、信息处理、医疗、同位素分离、催化以及可控核聚变等方面得到了广泛应用和研究, 形成了许多现代光学的分支.

(三) 光学分支学科

光学是研究光的本性、光的发射、传播、吸收、光与其他物质相互作用以及它们的应用的学科, 是物理学的重要分支. 通常把光学分成几何光学和物理光学. 几何光学中, 不涉及光的本性, 以光的直线传播等三个实验定律为基础讨论了光的传播、成像及其应用. 联系光的本性来研究光的传播、干涉、衍射、偏振以及光与物质的相互作用, 这一光学分支称为物理光学, 其中以光的波动性为基础研究光的传播、干涉、衍射与偏振的部分称为波动光学, 而以光的粒子性为基础研究光的发射、光与物质相互作用的部分称为量子光学.

光学又是一门在生产和生活中有着广泛应用的学科, 根据不同的实际需要, 形成许多应用光学的分支和交叉学科的分支, 如辐射度学、光度学、色度学、干涉量度学、薄膜光学、海洋光学、大气光学、天文光学和生理光学等. 激光的出现又使光学发展进入了一个新时期, 产生了许多现代光学的分支, 如激光物理、激光化学、傅里叶光学、信息光学、激光光谱学、统计光学、集成光学、非线性光学以及与激光通信有关的纤维光学等.

作为物理专业的一门基础课教材, 本书只能是阐述光学的基本原理和简单的应用. 重点是几何光学和波动光学, 简单介绍光度学、色度学、量子光学和现代光学的一些分支.

第一章 几何光学基础

光的电磁理论告诉我们,光是电磁波,它的传播具有波动性质,因此从原则上讲,用波动理论来研究任何情况下光的传播问题,都能得到满意的解答.但是这样做往往非常复杂,而在某些情况下,例如研究光在透明介质中的传播以及光学仪器(如透镜等)成像问题时,若通光孔径比光波长大多,光的波动性质表现得并不显著,就可以不考虑其波动性质,而以光的直线传播等实验定律为基础,用几何学方法进行研究,方法简便,也可以得到相当完满的结果.光学的这一分支称为几何光学.本章将讨论几何光学的基本原理.

§ 4-1-1 几何光学的基本定律

在几何光学中,用光线来描述光的传播,光线是表示光波能量传播方向的线;是有方向的几何线.借助光线这个概念,可以把几何光学的基本实验定律作如下表述.

(一) 光的直线传播定律

在均匀介质中,光沿直线传播,即在均匀介质中,光线为直线.

光的直线传播是日常生活中到处可见的现象,如图 4-1-1(a)所示,点光源 S (如果光源的线度远小于它与受照物体间的距离时,光源全部所发出的光可视为发自一点.这样的光源称为点光源.它和质点、点电荷一样,也是被广泛应用的重要的理想模型.有限大小的光源可分割为无数个极小的发光部分,它可以视为由无数点光源所组成)发出的光照射到开有小孔的屏 P 上,在其后面的另一个屏幕 Q 上出现一个光斑,光斑的边缘 A' 正好处于光源与小孔边缘 A 的连线的延长线上,这个现象说明光是沿直线传播的.另一个说明直线传播的例子是小孔成像,如图 4-1-2

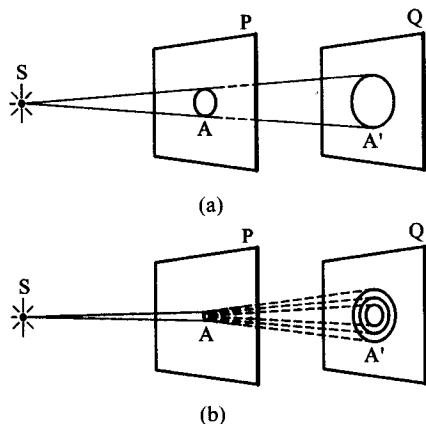


图 4-1-1

所示,内壁涂黑的方盒,前壁开一针孔,后壁装一毛玻璃片.小孔前放一物体,物体上每个点发出的光线沿直线通过小孔在毛玻璃上映出对应的光点.这些光点组成一个倒立(上下颠倒、左右互换)的像.

应该指出,光线只在均匀介质中才沿直线传播,在不均匀介质中光线将因折射而沿曲线传播.激光束射到墙上成一光点,如用烛焰加热途中某部分空气,使传播途中空气密度不均匀,可以看到墙上光点的颤动.

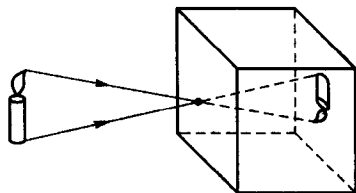


图 4-1-2

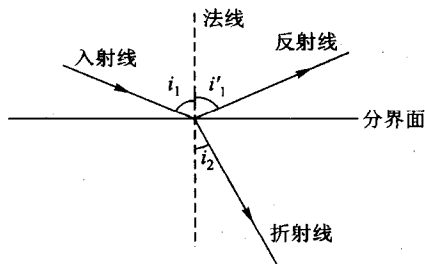


图 4-1-3

(二) 光的反射定律和折射定律

如图 4-1-3 所示,当一条光线射到两种介质的平面分界面上时,通常分成两条光线:一条返回原介质,称为反射光线,一条进入另一种介质,称为折射光线.入射光线与入射点的界面法线所构成的平面称为入射面,入射光线、反射光线和折射光线与法线所成的角 i_1 、 i'_1 和 i_2 ,分别称为入射角、反射角和折射角.反射光线和折射光线的传播方向遵循反射定律和折射定律.

反射定律:反射光线在入射面内,它与入射光线分居于法线的两侧,且反射角等于入射角,即

$$i'_1 = i_1 \quad (4-1-1)$$

折射定律:折射光线在入射面内,它与入射光线分居于法线的两侧,入射角的正弦与折射角的正弦之比与入射角大小无关,是一个与介质和光的波长有关的常数,即

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{21} \quad (4-1-2)$$

式中: n_{21} 称为第二介质相对于第一介质的相对折射率.折射定律又被称为斯涅耳定律.

根据光的波动理论,相对折射率的数值等于光在第一介质中的速率 v_1 与光在第二介质中的速率 v_2 之比,即