



光学教程

陈万金 ◆ 编著



吉林大学出版社
JILIN UNIVERSITY PRESS

光 学 教 程

编 著 陈 万 金

参 编 刘 洪 波 李 明 岩

吉 林 大 学 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

光学教程/ 陈万金著. —长春: 吉林大学出版社, 2009. 12

ISBN 978 - 7 - 5601 - 5261 - 5

I. ①光… II. ①陈… III. ①光学—高等学校—教材 IV. ①O43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 240827 号

书 名: 光学教程
作 者: 陈万金 著

责任编辑、责任校对: 刘冠宏
吉林大学出版社出版、发行
开本: 787×1092 毫米 1/16
印张: 34 字数: 525 千字
ISBN 978 - 7 - 5601 - 5261 - 5

封面设计: 孙 群
吉林省金山印务有限公司 印刷
2010 年 5 月 第 1 版
2010 年 5 月 第 1 次印刷
定价: 46.00 元

版权所有 翻印必究
社 址: 长春市明德路 421 号 邮编: 130021
发行部电话: 0431 - 88499826
网 址: <http://www.jlup.com.cn>
E-mail: jlup@mail.jlu.edu.cn

内容简介

本书是物理学院“十一五”院部发展规划教材，是根据作者多年来在物理学院为本科学子讲授光学课的教学讲义的基础上，经过反复修改整理并参考了国内外大量光学教材和相关资料编写而成的。全书共分九章，主要包括几何光学、波动光学、量子光学基础以及现代光学的部分内容，系统透彻地介绍了光学的基本概念、理论、规律、分析方法以及重要应用。书中各章末均配有精选的习题。

本书基本概念准确，物理图像清晰，取材新颖，逻辑体系严谨，数学运算简洁。可作为高等院校物理类专业课程的教材，也可供其他相关专业的学生和教师参考。

前 言

光学是物理学中的一门重要的分支学科，它具有渊远的历史和丰富的积累，并正在继续迅速发展。光学的研究对象是光，包括光的本性以及光的发射、传播、接收以及光与物质相互作用等方面的规律。光学也是一门应用性极强的基础学科，光学的每一项研究进展，都曾经对物理学乃至整个科学技术的发展产生过重大的推动作用。望远镜的发明开创了天文学和宇宙学研究的新纪元；显微镜的发明打开了通向微观世界的大门，也开创了生物科学的新纪元；20世纪的物理学乃至所有重大科技成就，如相对论、量子力学、激光技术、微电子技术、光通信技术、航天技术等，无不与光学研究的进展密切相关。今天，光学学科在应用技术方面的发展已成为一个国家国民经济建设和军事国防建设中的重要环节，也是衡量这个国家先进程度的主要指标之一。有些科学家还预言，21世纪的科学技术将以“光电子学”或称“光子学”为主要支柱。可见，光学学科在今后发展中所占有的重要地位。

在光学教学和研究中，根据所适用的研究观点不同，一般将光学分为几何光学、物理光学和现代光学三部分，物理光学又分为波动光学和量子光学。几何光学以光的直线传播性质为基础，利用光线的概念，以及反射和折射定律等实验规律来描述光线在各种透明介质中的传播规律，是波动光学在某些条件下(即波长趋于零)的近似或极限；波动光学以光的电磁波动性质为基础，研究光的传播、干涉、衍射、偏振以及光与物质相互作用等规律。但基础光学中的波动光学仅侧重于解释光波的表现行为，并不详细涉及介电常数和磁导率与物质结构的关系；量子光学以光的量子特性为基础，从更深的层次上研究光的发射以及光与物质相互作用的基本规律。现代光学以激光理论与技术、非线性光学以及现代光学信息处理技术与光电子技术等为标志，大多是综合性很强的交叉学科。在现代光学阶段，人们更深刻地认识到光的基本属性是波粒二象性，量子力学全面地反映了光的波粒二象性，并经受了一系列精确实验的检验，它奠定

了现代光学坚实的理论基础。现代光学技术与信息科学技术、生命科学技术以及纳米技术等现代高新技术紧密相关，对现代物理学和整个科学技术的发展都有着重大的贡献。

本书是根据作者多年来在物理学院为本科学生讲授光学课的教学讲义的基础上，经过反复修改整理并参考了国内外大量光学教材和相关资料编写而成的。在内容的选择和安排上，借鉴和吸收了国内外近二十多年来出版的优秀基础光学教材的优点，并结合作者多年的教学经验、教学尝试和教学研究成果，采取了一种新的结构。精选传统内容并保证其系统性，加强现代光学教学并贯穿于始终，力图系统、透彻地讲解光学的基本概念、理论、规律、分析方法以及重要应用，为学生进一步学习和开展研究工作打下坚实的基础。全书共分为九章，每章末附有习题，并在书后给出了参考答案。本书可作为综合大学和高等师范院校物理学专业的基础光学课程教材，也可以作为有关工程类专业的类似课程的教学参考书。本书适用于 76 学时的课程讲授，考虑到不同学校不同专业的课程学时和具体需要不同，建议可将书中打星号内容或其他某些内容，采用课外讨论或自学的方式处理。

本书是物理学院“十一五”院部发展规划教材，在编写过程中得到了学院领导的大力支持和帮助，几位专家多次对本书提出了许多宝贵的建设性意见。吉林大学出版社也给予了热情的鼓励，编辑部主任刘冠宏同志、编辑魏丹丹和樊俊恒同志对本书提出了许多修改建议。没有这些热情的鼓励、慷慨的支持、宝贵的建议和无私的帮助，本书难以有现在的面目与读者见面。对此，作者只有尽全力地写好本书，才能真正表达对这些鼓励、支持和帮助的由衷谢意。然而，作者虽然尽力希望写好它，但限于自身的学识和专业水平，难免存在理解上的肤浅、编写上的疏漏以及其他错误，祈请读者提出宝贵意见、批评和指正。

编著者 于吉林师范大学

目 录

绪 论	1
第一章 几何光学	6
§ 1.1 几何光学的基本定律	6
§ 1.2 费马原理	14
§ 1.3 成像的基本概念	19
§ 1.4 光在平面上的反射和折射	22
§ 1.5 光导纤维	26
§ 1.6 棱镜	29
§ 1.7 光在单球面上的折射和反射	33
§ 1.8 簿透镜	46
§ 1.9 共轴球面系统的逐次成像法	53
§ 1.10 理想光学系统的基点和基面	56
§ 1.11 理想光学系统的物象关系、放大率	59
§ 1.12 理想光学系统的组合	66
习 题	71
第二章 光学成像仪器原理	75
§ 2.1 光阑和光瞳	75
§ 2.2 像差概述	80
§ 2.3 人的眼睛	86
§ 2.4 放大镜和目镜	89
§ 2.5 显微镜	93
§ 2.6 望远镜和激光扩束器	95
§ 2.7 摄影系统	100
§ 2.8 投影仪和光谱仪	103
习 题	105

第三章 光波及其在各向同性介质界面所发生的现象 ·····	107
§ 3.1 光波及光波场的数学描述·····	107
§ 3.2 波函数的复数表示、复振幅·····	120
§ 3.3 光波的偏振态·····	124
§ 3.4 光在各向同性介质界面上的反射和折射·····	130
§ 3.5 全反射与隐失波(近场光学) [*] ·····	145
§ 3.6 受抑全反射(光子隧道效应) [*] ·····	148
习 题·····	149
第四章 光的干涉 ·····	154
§ 4.1 波的叠加与干涉·····	154
§ 4.2 光波相干条件和产生方法·····	156
§ 4.3 杨氏双缝实验·····	159
§ 4.4 其他几种分波前干涉装置·····	167
§ 4.5 两束平行光的干涉·····	171
§ 4.6 光源的光谱宽度对干涉条纹对比度的影响、时间相干性·····	174
§ 4.7 光源的空间宽度对干涉条纹对比度的影响、空间相干性·····	181
§ 4.8 薄膜的等倾干涉·····	189
§ 4.9 薄膜的等厚干涉·····	197
§ 4.10 薄膜干涉的应用举例·····	206
§ 4.11 迈克耳逊干涉仪·····	209
§ 4.12 其他几种重要的干涉仪·····	214
§ 4.13 傅里叶变换光谱仪、光学相干层析术 [*] ·····	216
§ 4.14 多光束干涉与光学薄膜·····	221
§ 4.15 法布里—珀罗干涉仪及其应用·····	234
习 题·····	243
第五章 光的衍射 ·····	251
§ 5.1 光的衍射、惠更斯-菲涅耳原理·····	251
§ 5.2 狭缝和矩形孔的夫琅禾费衍射·····	258
§ 5.3 圆孔、圆环和多边形的夫琅禾费衍射·····	267

§ 5.4 互补屏、巴比涅原理	269
§ 5.5 成像仪器的分辨本领	271
§ 5.6 振幅型平面透射光栅	279
§ 5.7 光栅光谱仪的特性	289
§ 5.8 正弦型振幅光栅	293
§ 5.9 闪耀光栅	296
§ 5.10 体积光栅的布拉格衍射	299
§ 5.11 波导光栅	300
§ 5.12 达曼光栅	302
§ 5.13 圆孔和圆屏的非涅耳衍射	305
§ 5.14 波带片	314
§ 5.15 塔尔波特效应	322
§ 5.16 光栅的云纹效应	323
习 题	325
第六章 变换光学及全息照相	331
§ 6.1 傅里叶分析	331
§ 6.2 衍射系统的傅里叶变换	337
§ 6.3 薄透镜的位相变换函数	345
§ 6.4 阿贝成像原理	350
§ 6.5 空间频率滤波	353
§ 6.6 全息照相	359
§ 6.7 计算全息和数字全息*	366
§ 6.8 二元光学简介*	374
习 题	378
第七章 光在各向异性介质中的传播	380
§ 7.1 晶体的双折射、马吕斯定律	380
§ 7.2 偏振元件	390
§ 7.3 相位延迟元件	395
§ 7.4 偏振光通过波晶片后偏振态的变化	400

§ 7.5 偏振光的产生以及偏振态的鉴别·····	401
§ 7.6 偏振光的干涉·····	406
§ 7.7 旋光现象与圆二色性·····	416
§ 7.8 场致双折射、磁致双折射和磁致旋光效应·····	424
习 题·····	429
第八章 量子光学原理·····	437
§ 8.1 光的吸收·····	437
§ 8.2 光的色散·····	443
§ 8.3 光的相速和群速·····	450
§ 8.4 光的散射·····	452
§ 8.5 光源、辐射度量和光度量·····	463
§ 8.6 黑体辐射及黑体辐射的普朗克公式·····	470
§ 8.7 光量子和光的波粒二象性·····	476
习 题·····	480
第九章 现代光学基础·····	482
§ 9.1 光与原子系统的相互作用·····	482
§ 9.2 激光的工作原理·····	486
§ 9.3 几种典型的激光器·····	494
§ 9.4 激光的应用·····	497
§ 9.5 非线性光学*·····	501
§ 9.6 自适应光学与主动光学*·····	509
习 题·····	512
附录 A 物理常量·····	513
参考答案·····	517
主要参考书目·····	532

绪 论

一、光学的研究内容和方法

光学是一门历史悠久的学科，是物理学的一个重要分支。光学的研究对象是光，包括光的本性以及光的发射、传播、接收和光与物质相互作用等方面的规律。光学也是一门应用性极强的基础学科，光学的每一项研究进展，都曾经对物理学乃至整个科学技术的发展产生过重大的推动作用。光学既是物理学中最古老的一门基础学科，又是当前科学领域中最活跃的前沿阵地之一，具有强大的生命力和不可估量的发展前途。在本书的讨论中我们把它分成几何光学、波动光学、量子光学和现代光学四大部分。学好光学，既能为进一步学习原子物理、相对论、量子力学等课程准备必要的条件，又有助于进一步探讨微观和宏观世界的联系与规律，并把这些规律用于指导生产实践。

光学的发展过程是人类认识客观世界的进程中一个重要的组成部分，是不断揭露矛盾和克服矛盾、从不完全和不确切的认识逐步走向较完善和较确切认识的过程。它的不少规律和理论是直接来自生产实践中总结出来的，也有相当多的发现来自长期的系统的科学实验。因此，生产实践和科学实验是推动光学发展的强大动力，为光学发展提供了丰富的源泉。

光学的发展为生产技术提供了许多精密、快速、生动的实验手段和重要的理论依据；而生产技术的发展，又反过来不断向光学提出许多要求解决的新课题，并为进一步深入研究光学准备了物质条件。因此，同其他自然科学一样，光学与生产实践的关系生动地体现了理论和实践的辩证关系。

从方法论上看，作为物理学的一个重要学科分支，光学研究的发展也完全符合如下的认识规律：在观察和实验的基础上，对物理现象进行分析、抽象和综合，进而提出假说，形成理论，并不断地反复经受实践的检验。例如，围绕着“光的本性是什么”这一根本问题，古往今来，人们就是沿着实验—假说—理论—实验的道路曲折前进的。这样，一方面理论来源于实践，正确的理论又反过来对实践起指导作用；另一方面理论通过实践才会获得进一步的发展。这些我们从下述光学发展简史中就可以清楚地看到。

二、光学发展史简述

光是自然界的一种基本现象，它为人类带来热和光明，是人类赖以生存的重要条件。光不仅是能量的载体，而且也是信息的载体。携带有物体信息的光波进入人眼后，为视网膜上的视神经细胞所接收，对信息作初步处理后，再传给大脑作进一步处理，我们才能感觉到周围世界的五彩缤纷和斑驳陆离。由于光和人们的各种生活、生产活动息息相关，因此光学和力学一样是物理学中发展最早的一部分。关于光的几何性质较为系统的最早记载，见于公元前四百多年先秦时代的《墨经》中。古希腊数学家欧几里得(约公元前 330—275)也曾注意到光的传播的直线性，在其著作中记录了反射角等于入射角，但比《墨经》晚 100 多年。由于光的物理本性不容易被认识，古代对光的研究基本上停留在现象的描述与简单规律的总结。人们对光的本性的认识经历了漫长的过程，直到 17 世纪中叶才开始了对它的认真探讨，当时存在着以牛顿为代表的微粒说和以惠更斯为代表的波动说的争论。

笛卡儿(1596—1690)最早对光的微粒模型作了研究，他把光比做小球来解释光的反射定律和折射定律。牛顿(1642—1727)不仅对力学、数学、天文学的发展作出了巨大贡献，在光学领域也取得了重要成就。他发展了笛卡儿的模型，提出了光是微粒流的理论。但是，正是牛顿做了一些光具有波动性的著名实验(如著名的三棱镜色散实验，1666 年)，仔细研究了后来称为牛顿环的薄膜干涉、衍射(当时称为拐折)、偏振现象。他的这些工作总结在《光学》(1704 年)一书中。牛顿的研究工作既涉及到光的微粒性又涉及到波动性，他在光的本性问题上犹豫了很久。微粒说可以解释光的直线传播、反射和折射定律，而波动说当时还不能解释光的直线传播及光的偏振现象，所以牛顿最后倾向于微粒说。

大约与牛顿倡导微粒说的同时，惠更斯(1629—1695)等人则主张波动说。惠更斯认为光是“以太”中传播的波。利用惠更斯原理可以解释光的反射和折射定律、双折射现象。然而惠更斯的波动说很不完善，他错误地把光看做象声波一样的纵波，又由于牛顿在力学上伟大成就的影响，所以当时虽然存在着两种学说的争论，但在相当长的一段时间内微粒说占着统治地位。这使得整个 18 世纪人们对光的本性的认识几乎没有取得进展。

19 世纪是波动说的全盛时期。1801 年杨氏演示了著名的双缝干涉实验，并用波动理论作了很好的解释，初步测定了光波波长，使光的波动说重新兴起。菲涅耳(1788—1827)等人的大量实验和理论工作合理地解释了光的干涉、衍射和

偏振现象，为波动光学奠定了基础。根据波动说，光在光疏介质中的速度应大于光密介质中的速度，而根据微粒说则得出了相反的结果。1850年傅科测得光在水中的速度比在空气中的小，证明了波动说所得出的结论的正确性。然而遗憾的是，这只是一个迟到的判决。但是无论惠更斯还是菲涅耳，他们都把光波看成是弹性介质中的机械波。

1845年法拉第(1791—1867)发现了光波振动面的磁致旋转，建立了光与电磁现象之间的联系。1865年麦克斯韦(1831—1879)在总结了安培、韦伯、法拉第等人对电磁现象研究成果的基础上，建立了电磁理论。根据麦克斯韦的理论，电磁波在真空中的传播速度为 $c = 1/\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ ，式中 ϵ_0 、 μ_0 为真空中的介电常量和磁导率。为了得出 c 的值，麦克斯韦利用韦伯和柯耳劳斯等在 1856 年通过实验所测得的结果 $\epsilon_0\mu_0 \approx 11.12 \times 10^{-8} \text{ s}^2/\text{m}^2$ ，得出 $c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。这个值与菲索 1849 年用旋转齿轮法测得的光速值 $c = 3.113 \times 10^8 \text{ m/s}$ 相当符合，由此麦克斯韦指出光是一种电磁波。1888 年赫兹采用一系列实验证实了麦克斯韦的假设，于是便产生了光的电磁理论。19 世纪末以光的电磁理论为基础建立了经典光学，并推动了整个物理学的发展。尽管在 20 世纪光学已经有了很大发展，但是电磁理论仍然是处理经典光学及近代光学中大量问题的理论基础。

麦克斯韦电磁理论认为，光是一种电磁波。在真空中，可见光的波长范围约在 390~760 nm 之间。各种色视觉对应的波长和频率范围如下表所示：

色 视 觉	频 率 / Hz	真空中波长 / nm
红	$(3.9 \sim 4.8) \times 10^{14}$	760 ~ 630
橙	$(4.8 \sim 5.0) \times 10^{14}$	630 ~ 600
黄	$(5.0 \sim 5.3) \times 10^{14}$	600 ~ 570
绿	$(5.3 \sim 6.0) \times 10^{14}$	570 ~ 500
青	$(6.0 \sim 6.7) \times 10^{14}$	500 ~ 450
蓝	$(6.7 \sim 7.0) \times 10^{14}$	450 ~ 430
紫	$(7.0 \sim 7.7) \times 10^{14}$	430 ~ 390

由麦克斯韦电磁理论得出光波是横波。这似乎必须承认一种传播横波的介质——“以太”的存在。为了解释光波的传播速度很大，还必须赋予以太一些不可思议的矛盾的属性：密度极小而弹性模量极大。光的电磁理论的建立，用“电磁以太”代替了“机械以太”。1887年迈克耳逊和莫雷利用迈克耳逊干涉仪试图探测地球在“以太”中的绝对运动，然而他们却得到了零结果，从而动

摇了作为光波载体的“以太”假说，以静止以太为背景的绝对时空观遇到了根本困难。1905年爱因斯坦建立了狭义相对论，在这个理论中，他也独立地否定了以太的假说。这些结果表明电磁波能够通过自由空间传播，电磁场本身就是一种物理实在。

20世纪是光学大发展的一百年。19世纪末至20世纪初，光学已深入到研究光的发射、光和物质相互作用的微观机理。为了解释光和物质相互作用的某些现象，光的电磁理论遇到了困难。为了解释黑体辐射能量按波长的分布公式，1900年普朗克(1858—1947)提出了量子论。1905年爱因斯坦(1879—1955)发展了普朗克的量子论，提出了光量子的假说，对光电效应的规律作了解释和预言。1927年康普顿散射实验进一步证明了爱因斯坦理论的正确性。量子论和光子学说的提出是人们对光的本性认识的又一次飞跃，它标志着近代光学的诞生。

光的干涉、衍射和偏振表明光的波动性，光电效应等表明光的粒子性，即光具有波粒二象性。1924年德布罗意指出波粒二象性是微观粒子的普遍属性。20世纪30年代发展起来的量子电动力学认为光子是电磁波能量和动量的量子化，电磁波振幅的平方表示光子出现的几率，即电磁波是光子的几率波，从而将光的波粒二象性很好地统一起来。

自20世纪中叶开始，光学研究的观念、方法、技术和设备条件等方面都产生了一系列重大突破，1935年泽尼克提出了相衬原理，1948年伽伯发明了全息术。50年代通讯理论和光学的结合，产生了傅里叶光学，为光学信息处理的理论和技术奠定了基础。1960年第一台红宝石激光器的发明是光学发展史上的一个新的里程碑，它是20世纪继原子能、半导体、计算机之后的又一重大发明。计算机延伸了人的大脑，而激光延伸了人的感官，成为探索大自然奥秘的“超级探针”。激光的发明及其应用使沉睡多时的光学产生了革命性变化，使光学面貌焕然一新，它标志着从20世纪中叶开始萌芽的现代光学的兴起。

激光是相干性好、方向性强、亮度高的新型光源，特别是相干性，是其区别于普通光源的重要特性。激光打破了普通光源的局限，已广泛应用于激光通信、激光分离同位素、激光核聚变、激光冷却、激光加工、激光医疗、激光育种、激光照排和打印等领域。在激光作用下，人们观察到许多新现象，加深了对物质及其运动规律的认识，推动了物理学、化学、生物科学及光学自身的发展。一些分支学科和交叉学科如雨后春笋般诞生，例如非线性光学、导波光学、集成光学、激光光谱学、二元光学、瞬态光学、量子光学、原子光学、激光物

理、激光化学以及激光生物学等等。大量分支科学和相交叉学科的涌现是 20 世纪现代光学发展的重要标志。

电子学和光学以及材料科学的结合产生了光电子学这个具有深远意义的交叉学科。多种类型的高灵敏度、高性能的光电子器件如光电二极管、半导体激光器、电荷耦合器件、光电传感器、红外探测器等的研制成功，使光电子器件和光电子技术已成为高新技术的基础，并推动着传统光学仪器的光机电一体化、智能化，使其产生划时代变化。20 世纪 70 年代以后，由于半导体激光器和光纤技术的重大突破，促进了以光纤通信为代表的光信息技术的蓬勃发展，并形成光子学这门新的分支学科。光子学的研究内容是作为信息载体和能量载体的光子的产生、传输、控制和探测以及光子和光子、光子和电子相互作用的规律。20 世纪 90 年代光纤通信和计算机技术的结合发展了互联网，它是信息技术发展过程中的“革命性”转折，比起历史上铁路、电力、汽车的发明，其影响更加空前，使人类从此开始进入信息时代。

光学作为一门学科诞生已有 340 多年。现代光学和光子学的应用已涵盖工业、农业、科技、国防等各个领域。光学的发展史是人类在对光的本性不断探索、不断深入认识的过程中闪烁着非凡智慧和创造力的历史，也是对物理学及其它学科的发展、社会进步和人类文明作出巨大贡献的历史。20 世纪光学和光子学的巨大成就，孕育着光学在新的世纪将会发出更加灿烂的光辉。

第一章 几何光学

几何光学是光学中发展最早的一部分，它所研究的中心问题是物体经光学系统成像的问题。在几何光学中，撇开光的本性，不考虑光和物质的相互作用，只是以光线的概念为基础，根据实验观测总结所得到的几个基本定律，通过数学计算或几何作图法来讨论物体经光学系统的成像规律。

本章中将首先介绍几何光学的基本定律及描述光线传播行为的基本原理——费马原理，然后讨论有关成像的基本概念，平面、球面、薄透镜、共轴球面系统的傍轴成像以及理想光学系统的理论。

§ 1.1 几何光学的基本定律

1.1.1 点光源和光线

在几何光学中，我们把凡是发出光线的物体，不论它本身是发光体或是因为被照明而漫反射光的物体，都称为光源。如果某光源可看成几何光学上的点，它只占有空间位置而无体积和线度，则称这为点光源。自然界中并不存在真正的点光源，与力学中的质点一样，它只是为了讨论问题方便而引入的一个抽象的概念。但是，只要一个光源的线度与它所发射光能的作用距离相比可以忽略时，就可把它看做是点光源。例如体积超过太阳系的恒星，由于它到地球的距离比它自身的线度大得多，故地球上的观察者就可把恒星看做是点光源。

光线是表示光能传播方向的几何射线，有一定关系的一些光线的集合称为光束。若在光束传播的路径中放入一个孔径可变的圆孔光阑，就可从光束中分离出狭窄的光束。但由于衍射的存在（见 § 5.1），当进一步缩小孔径时，光束

不仅不会缩小,反而会扩大.不过当光波长趋于零时,这些衍射效应也趋于零.所以光线和点光源一样,也是一个抽象的概念,它只不过是实际光束在光波长 $\lambda \rightarrow 0$ 的极限情况下光能流的传播方向.然而引入点光源和光线的概念以后,却可以用几何方法来讨论系统的成像规律,这就可使问题大为简化.而且一般光学仪器的通光孔径都比光波长大得多,衍射效应通常并不明显,由几何光学所得的结果与实际情况符合得相当好,所以几何光学有着重要的实际意义,它是光学仪器设计理论的基础.当然,以后将见到,对于成像的一些精细问题(例如光学仪器的分辨本领)的研究,须用波动理论才能解决.

1.1.2 几何光学的基本定律

大量事实总结出来的几何光学三个基本定律,指出了在不考虑衍射情况下光传播所遵循的规律,它们是光学系统成像理论的基础,以下分别讲述.

1. 光的直线传播定律

光的直线传播定律:光在均匀介质中沿直线传播

点光源照明不透明物体时生成阴影,是光在均匀介质中沿直线传播的极好例证.根据光的直线传播定律,容易解释日食、月食等现象,但是必须注意,光只有在均匀介质中才沿直线传播,在非均匀介质中,光线将发生弯曲,所以当太阳实际已落到地平线之下时,我们仍然能看见它(图 1.1-1).

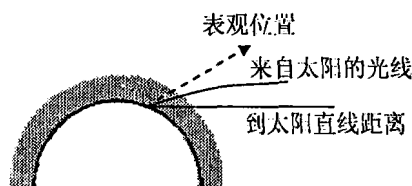


图 1.1-1 太阳通过大气层时发生弯曲

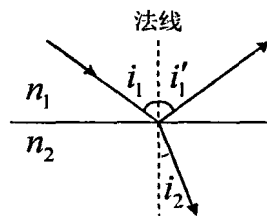


图 1.1-2 光的反射和折射

2. 光的反射定律

如图 1.1-2 所示,当一束光射到两种透明介质的光滑界面上时,一部分光从界面上反射形成反射光线,入射光线与其入射点处界面的法线所构成的平面称为入射面,法线与入射光线和反射光线所构成的夹角 i_1 和 i_1' 分别称为入射角和反射角.实验表明,反射光线的方向遵守反射定律.

- (1) 反射光线在入射面内,并和入射光线分别在法线的两侧;
- (2) 反射角等于入射角,即