

电影放映机

蒋达量 朱祖荣 张子力

(中册)

解放军出版社

内 容 简 介

本书是中级电影放映技术丛书之四，共四篇十五章，分上、中、下三册。上册为绪论和第一篇放映机械部分。主要论述放映机输片和传动系统各机构的基本结构和工作原理，从理论上分析了它们的技术特性和与放映质量的关系，并提出制造、维修、使用上的技术要求。中册为第二篇放映光学部分。主要内容是：从几何光学角度，详细阐述了放映光学系统的成像原理和像差概念；从光干涉理论阐述了光学元件的镀膜；对椭球面反光镜、放映物镜、偏光立体电影的光学系统、放映光源，进行了理论分析；对放映银幕的光学特性和架设问题作了介绍。下册为第三篇还音部分和第四篇放映电路和电源部分。阐述了放映机还音系统的基本理论和技术特性，介绍了放映机控制电路和整流电源的结构和性能。

电 影 放 映 机

中 册

蒋达量 朱祖荣 张子力

解放军出版社出版发行

(北京平安里三号)

新华书店经销

一二〇一工厂印刷

787×1092毫米 32开本 16.5印张 356千字

1988年12月第1版 1988年12月(北京)第1次印刷

印数1—37 000

ISBN 7-5065-0561-4/TN·5

定价：4.90元

目 录

第二篇 光学部分

第五章 几何光学基础	(1)
§5-1 几何光学的基本原理	(2)
一、光波、光线、波面和光束	(2)
二、几何光学的基本定律	(6)
三、折射率和光速的关系	(10)
四、光线传播中的可逆性	(12)
五、光线传播中的全反射现象	(13)
六、波面与光程的关系	(15)
七、费马定理	(16)
八、马吕斯定律和成像概念	(19)
§5-2 共轴球面光学系统	(25)
一、光线经过球面的折射及其光路计算公式	(25)
二、近轴光的光路计算公式	(29)
三、单个折射球面成像的放大率	(31)
四、共轴球面系统	(35)
五、球面反射镜	(39)
六、共轴球面系统光路计算举例	(40)
§5-3 理想光学系统	(45)
一、理想光学系统的基点和基面	(46)
二、理想光学系统的作图法求像	(49)
三、理想光学系统的解析法求像	(51)

四、理想光学系统的计算公式及两焦距间的物像关系···	(56)
五、理想光学系统的放大率及其相互间的关系·····	(58)
六、光学系统的节点·····	(62)
七、光学系统的光焦度、折光度、会聚度·····	(63)
八、光学系统的组合·····	(66)
§5-4 实际光学系统·····	(77)
一、球面透镜系统·····	(78)
二、薄透镜系统·····	(91)
三、柱面透镜系统·····	(97)
四、平面镜系统·····	(100)
五、棱镜系统·····	(106)
六、导光柱和光纤·····	(114)
§5-5 光学系统的光阑和焦深·····	(116)
一、光阑的种类和作用·····	(116)
二、光学系统的孔径光阑、入射光瞳和出射光瞳·····	(119)
三、光学系统的视场光阑、入射窗和出射窗·····	(124)
四、光学系统的几何焦深·····	(130)
§5-6 光学系统的像差概念·····	(132)
一、色散和色差·····	(133)
二、轴上像点的单色像差·····	(136)
三、轴外像点的单色像差·····	(139)
§5-7 光度学和光能计算·····	(147)
一、光通量的定义及其单位·····	(147)
二、立体角的意义和它在光度学中的应用·····	(153)
三、发光强度的定义及其单位·····	(154)
四、面发光度和光照度·····	(156)
五、光照度公式·····	(159)
六、亮度的定义及其单位·····	(161)
七、发光强度余弦定律·····	(162)

八、光学系统中光能损失的计算	(165)
第六章 光的干涉与光学元件的镀膜	(172)
§6-1 光的干涉现象及干涉规律	(172)
一、光的干涉现象	(172)
二、产生干涉条纹原理	(173)
三、实现相干的条件	(179)
四、实现相干的方法	(183)
五、半波损失现象	(185)
六、楔形空气层的干涉现象	(186)
§6-2 光学薄膜的干涉效应	(188)
一、薄膜的光学特性	(188)
二、薄膜的光学厚度	(189)
三、光学介质分界面上的反射率和透过率	(190)
四、薄膜干涉的迭加效应	(193)
五、薄膜的反射率	(197)
六、反射率与薄膜层光学厚度的关系	(201)
§6-3 光学薄膜在放映机光学系统的应用	(203)
一、增透膜	(203)
二、反射膜	(209)
第七章 放映机成像照明光学系统	(220)
§7-1 放映机光学系统的构成和技术要求	(220)
一、放映设备照明光学系统构成的原理	(220)
二、放映机照明光学系统的结构	(224)
三、放映机照明光学系统的技术要求	(225)
§7-2 椭球面反光镜	(229)
一、椭球面反光镜的成像原理	(229)
二、椭球面反光镜的理想光学系统	(230)
三、椭球面反光镜轴外光束的物像关系	(235)
四、反光镜与发光体计算点的选取	(237)

五、椭球面反光镜的最佳(最小)光斑直径和最佳 工作距的计算	(239)
六、椭球面反光镜的孔径D、镜深H和相对孔径A 的计算	(240)
七、椭球面反光镜的成像放大率	(243)
八、椭球面反光镜的相对孔径、中心孔径、包容角和反 光镜的E值	(248)
九、实 例	(251)
十、非共轴椭球面反光镜简介	(260)
§7-3 放映物镜	(264)
一、放映物镜的种类与结构	(265)
二、放映物镜的焦距、放大率和放映距离的关系	(269)
三、放映物镜主点和主面、焦点和焦距的计算	(271)
四、放映物镜的相对孔径与银幕中心亮度的关系	(274)
五、放映物镜的视场角与银幕中心外照度的关系	(284)
六、放映物镜的分辨率	(285)
七、放映物镜的镀膜	(285)
§7-4 变形宽银幕附加放映套镜	(286)
一、柱面反射镜系统变形附加套镜	(286)
二、棱镜系统变形附加套镜	(287)
三、柱面透射系统变形套镜	(289)
§7-5 放映变焦物镜和变倍套镜	(294)
一、变焦物镜的作用	(294)
二、放映变焦物镜和变倍套镜的结构和原理	(295)
三、放映变焦物镜的变倍计算	(298)
四、放映变倍套镜的变倍计算	(303)
第八章 偏光立体电影的光学系统	(307)
§8-1 偏振光和偏振片	(307)
一、自然光与偏振光	(307)

二、从自然光中获得偏振光的方法	(310)
三、起偏和检偏	(315)
§8-2 偏光立体电影的放映光学系统	(318)
一、放映偏光镜的要求和结构	(319)
二、单机立体电影反射式放映偏转镜	(320)
三、单机立体电影透射式放映楔形偏转镜	(324)
四、楔形镜组的技术要求与消色原理	(325)
五、楔形镜组总偏向角的确定	(327)
六、楔形镜的偏向角与放映距离的关系	(329)
七、单机偏光立体电影楔形镜式放映偏光镜的光路 和结构	(330)
八、偏光眼镜	(332)
第九章 放映光源	(338)
§9-1 热辐射原理	(339)
一、辐射本领和吸收本领	(339)
二、基尔霍夫辐射定律	(340)
三、黑体和黑体辐射定律	(342)
四、普朗克公式和它的能量子假设	(347)
§9-2 原子光谱与原子结构	(349)
一、氢原子光谱的实验规律	(349)
二、玻尔的原子模型假设	(351)
三、氢原子的玻尔理论	(352)
四、氢原子光谱	(354)
五、原子发光和分子发光	(356)
§9-3 气体放电光源的基本原理	(361)
一、电子发射	(361)
二、原子的碰撞、激发和电离	(366)
三、气体辐射体	(369)
四、气体放电灯的发光物质	(375)

五、气体放电灯的全伏-安特性	(376)
六、气体放电灯工作的稳定性	(380)
七、气体放电灯的启动	(384)
§9-4 放映光源的色度	(387)
一、颜色的分类和特性	(387)
二、光源的光谱功率分布与色温	(389)
三、光色的舒适性及放映光源光色的舒适范围	(392)
四、光源的显色性与显色指数	(394)
§9-5 溴钨放映灯	(402)
一、溴钨循环的简单原理	(406)
二、溴钨灯的结构和使用	(408)
三、常用溴钨灯的光电参数	(410)
§9-6 放映碳弧灯	(410)
一、碳弧灯的电极(碳棒)	(411)
二、碳弧灯的放电原理	(412)
三、碳弧灯的配光曲线	(414)
四、碳棒燃烧的各种情况	(415)
§9-7 放映氙灯	(416)
一、氙灯的放电原理	(417)
二、氙灯的电极和功耗	(420)
三、氙灯的光电特性	(422)
四、氙灯的起动特性	(427)
五、氙灯的冷却	(428)
六、氙灯的稳弧	(431)
七、氙灯的安装、调试和使用	(432)
八、减少氙灯产生臭氧的方法	(438)
§9-8 铟灯和锡灯	(439)
一、金属卤化物灯的基本原理	(440)
二、金属卤化物灯的特性	(443)

三、超高压钨灯	(444)
四、卤化锡灯	(446)
第十章 放映银幕	(452)
§10-1 放映银幕的亮度	(452)
一、银幕亮度与放映质量的关系	(452)
二、银幕亮度的标准	(455)
三、银幕亮度的测量	(456)
§10-2 银幕的光学特性	(458)
一、银幕的反射系数和透射系数	(458)
二、银幕的配光特性	(461)
三、银幕的亮度系数	(463)
§10-3 银幕的材料	(465)
一、反射银幕	(465)
二、透射银幕	(471)
§10-4 银幕的尺寸	(473)
一、银幕的形状	(473)
二、银幕尺寸大小的依据	(474)
三、各种银幕的尺寸及设置	(482)
四、露天电影场的固定式银幕	(497)
§10-5 银幕的架设和维护保养	(503)
一、银幕的架设	(503)
二、银幕的维护保养	(510)

第二篇 光 学 部 分

第五章 几何光学基础

在电影放映机中，光学系统是一个重要的组成部分，它的优劣直接影响到放映画面的亮度和清晰度。目前常用放映机的光学系统，主要由放映光源、聚光装置、放映物镜三部分组成。从放大影像这一角度来说，电影放映机是一台光学放大设备。从光学原理上讲，它和其它光学仪器没有什么异样，只是用途上的不同。因此，我们在了解分析放映机光学系统的照明和成像原理时，就离不开光。那么，我们要了解光，就必须首先解决这样一些问题：光究竟是什么？它有那些基本规律？如何应用这些基本规律来研究解释放映机的光学系统的结构原理，从而达到正确的使用维护。这就是我们学习下述各章内容的主要目的。

我们知道光学是物理学中发展较早的一门学科。通过对光学现象的观察，人们很早就知道了光在均匀介质中作直线传播的规律，并用光线的概念来描述光的传播。用几何学的方法研究了光的成像问题，从而形成了光学的一个重要分支——几何光学。随着人们对光学现象更全面的观察表明，用几何光学的方法不能解释光的干涉、衍射、偏振等现象，从而又产生了光学的另一重要分支——波动光学。虽然几何光学的理论有一定的局限性和近似性，但在

研究放映机光学系统成像和照明系统时，一般都是用一定大小的光束来研究成像问题，所以几何光学的结论是适用的。本章主要介绍几何光学的一些规律和论述，这是学习放映机光学系统的基础。

§5-1 几何光学的基本原理

一、光波、光线、波面和光束

人类对光的本性认识是逐步发展的，经历了牛顿的微粒说，惠更斯的波动说，麦克斯韦的电磁说，爱因斯坦的光子说等阶段。在这么一个漫长的认识过程中，光的本性究竟是什么？直到今天才认为它是既有波动性又有微粒性的物质。这种波动和粒子相互并存的性质，称为光的波粒二象性。同时，在十九世纪七十年代，由于无线电技术的发展，对电磁波性质的深入研究，才证明了光是一种波长极短的电磁波。从波动性角度上讲，光和一般无线电波并无区别。一个发光体就是一个电磁波的发射源。

发光体发射的电磁波向周围空间的传播情况，和水面因振动产生的波向四周传播相似。其振动方向和传播方向如图 5-1 所示。图中 E 为电磁波的电场强度方向， H 为电

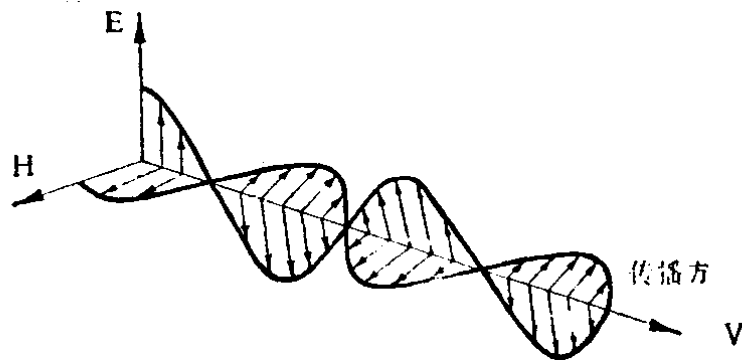


图5-1 电磁波

磁波的磁场强度方向，它们的振动方向互成垂直，并都与传播方向 v 垂直，所以光波是横波。根据科学家维纳实验的理论分析可证明，人眼只对电磁波中的电场强度起感光作用。所以我们把电场称作为光场。

光波与一般无线电波相比，只是波长比无线电波短。波长约在 $3800 \sim 7800 \text{ \AA}$ 的狭窄范围内的电磁波，能为人眼所感觉，故把这一波段的电磁波称为“可见光”。超出这一范围的电磁波，人眼就见不到了。图 5-2 表示了电磁波谱组成情况。

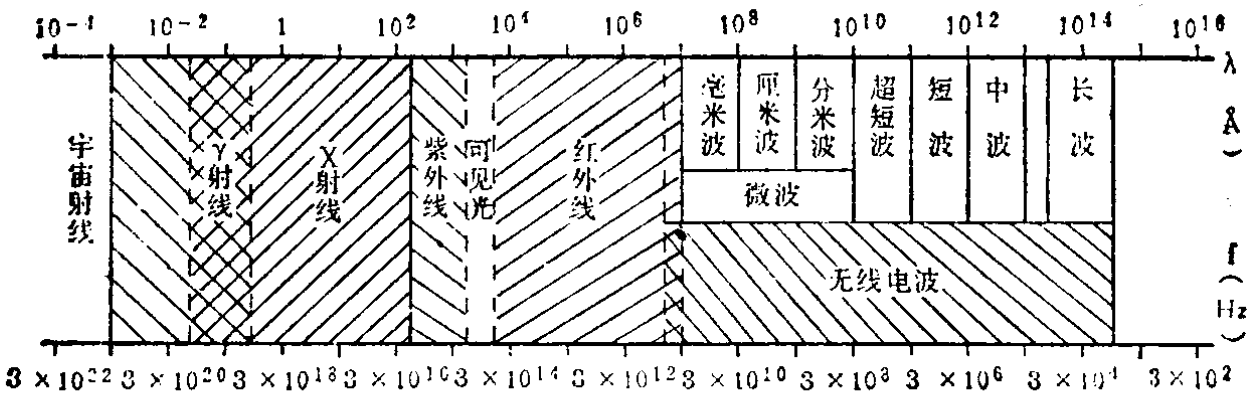


图5-2 电磁波谱

电磁波在真空中的传播速度，以 C 表示。我们从物理学中可知，不同波长的电磁波在真空中传播的速度是相同的，它的波速近似为： $C = 3 \times 10^8$ 米/秒。在空气中电磁波的传播速度与在真空中的传播速度相近似。在水、玻璃等一般透明介质中光的传播速度要比在真空中传播慢，而且随波长的不同而不同。

我们前面已经讲到光是电磁波，任何光源可以看成是一个电磁波的发射源。那么光的传播正是这种电磁波的振动传播，其振动方向垂直于传播方向，振动相位相同的各

点在某一瞬间波动传播所到达的位置，称为“波面”，也就是振动相位相同的各点，在某一瞬间所形成的曲面。在均匀介质中，波动在各方向的传播速度是相同的。因此，一个位于均匀介质中的点光源所发出的电磁波的波面，是一个以光源为中心的同心球面，如图5-3所示。



图 5-3 光源的波面

因为光是电磁波，所以光的传播应该是一个振动传播问题。但是，用电磁波的概念来分析光的传播较为复杂，而用几何光学的概念来分析光的传播较为简单，因为用几何学概念来研究光的传播问题时，并不把光看作是电磁波，而把光看作是能够传输能量的几何线。光源发光就是向四周发出无数条几何线，沿着每条几何线向外发散能量。如图5-4所示。

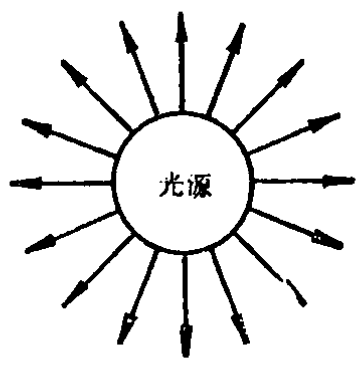


图 5-4 光源与光线

在几何光学中，把“光线”和几何线看成具有完全相同的性质，所不同的只是光线具有方向。即把光线看成具有方向的几何线。这样，就把研究光的传播问题变成了一个几何问题，所以称之为几何光学。我们对放映机照明和成像光学系统的讨论，就是应用几何光学原理，把光的传播看作为“光线”。

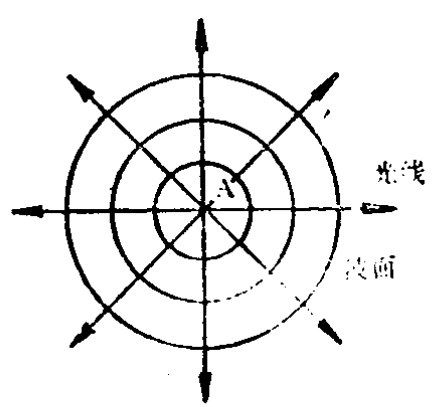


图5-5 波面与光线

我们知道，一个位于均匀介质中的点光源，它所发射出光波的波面，是以发光点为球心的球

面。按照几何学的观点，点光源所发出的光，就是由发光点A向四周发出的无数条几何线，如图5-5所示。从图中可看出，光线垂直于波面，光线就是波面的法线。反之，波面就是所有光线的垂直曲面。这就是波面和光线的对应关系。当波面为球面时，波面上的诸法线——光线，都会聚于球面中心，即相交于同一点或者由同一点发出的一束光线，我们称它为同心光束。同心光束的会聚点是一个几何点，它有两种情况：一种为会聚光束，即所有光线都相交，并通过一点，如图5-6所示，可在屏上看到亮点，这一点称谓“实交点”。另一种会聚光束的光线，其光线的延长线亦交于一点，这个点叫做“虚交点”，如图5-7所示。

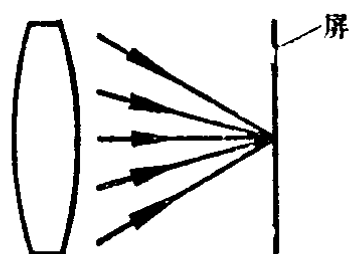


图 5-6
会聚光束的实交点

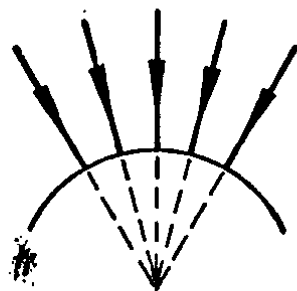


图 5-7
会聚光束的虚交点

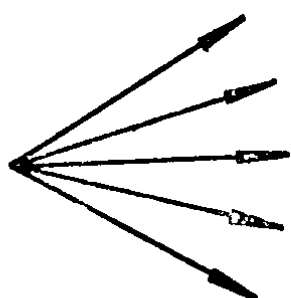


图5-8 发散光束

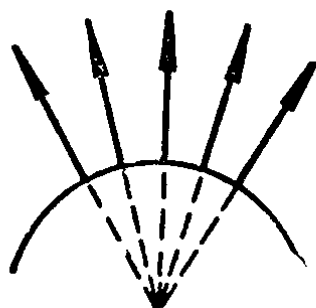


图5-9 发散光束

于一点，这个点叫做“虚交点”，如图5-7所示。

另一种情况

是：由一点发出的光线，如图5-8所示，或如图5-9所示的光线的反方向延长线都交于同一点的。这两种发散的光束也叫同心光束。但发散的同心光束，是不能在屏上会聚成亮点的。图5-8中的发光点为“实点”，图5-9中的点为“虚点”。

光线互相平行的光束，称为平行光束，平行光束对应的波面为平面，

如图 5-10(a) 所示。反之平面波所对应的光束，为平行光束。球面波则对应于会聚光束或发散光束，如图 5-10(b) 所示。

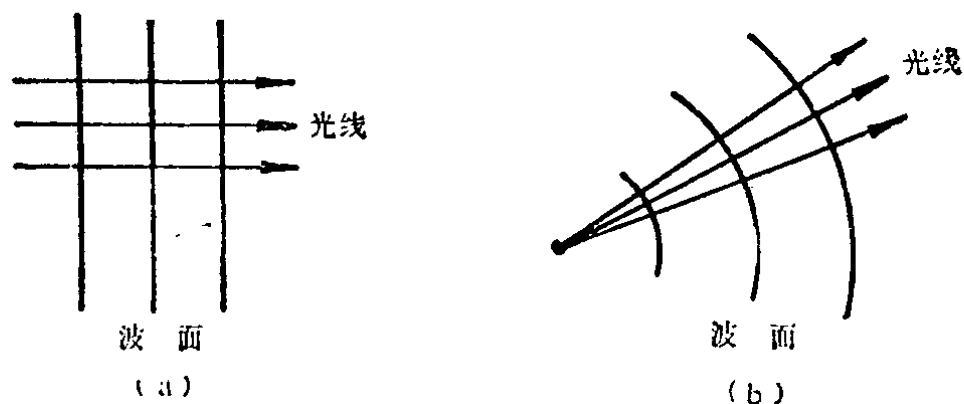


图5-10 波面与光线

二、几何光学的基本定律

我们在物理学中知道，虽然自然界中，光的传播现象可说是千变万化的，但是，如果我们用前面说的几何光学观点来分析光的传播规律，可归纳为四个基本定律，即：光的直线传播定律；光的独立传播定律；光的反射定律和折射定律。

(一) 光的直线传播定律

在各向同性均匀透明的介质中，光是沿着直线传播的，这就是直线传播定律。运用这一定律，可以解释影子的形成，日蚀、月蚀等现象。我们在放映机照明和成像光学系统中，对光路的解释也是以此定律为基础的。但是，光不是在所有场合都是直线传播的。通过实验表明，当光通过特别细小的孔眼时，光的传播将偏离直线，这就是波动光学中所说的光的衍射现象。因此，光的直线传播定律只限于光在均匀介质中无阻拦地传播时才能成立。

(二) 光的独立传播定律

从不同的光源发出的光线,以不同的方向通过某点时,彼此互不影响。我们把各光线的传播不受其它光线的影响的这种现象,称为光线的独立传播定律。由此可知,当两束光线会聚于空间某点时,其作用是简单地相加。这一定律只对不同光源发出的光线来说是正确的,而对同一光源被分割发出的多条光线,各自以不同途径到达空间某点时,某点作用就不是简单地相加,而是有可能相加,也有可能相减变暗。这就是“波动光学”中所说的光的干涉现象。因此,光的独立传播定律只适用于不同光源发出的光线传播规律。

(三)光线经两种均匀介质分界面时的传播规律——反射定律和折射定律

我们把一束细窄光波抽象为一条光线的情况下,当这条光线投射到两种透明介质的分界面上时,如图 5-11 所示,其中一部分光线在分界面上返回原来的介质,这部分光线称为“反射光线”;

另一部分光线透过分界面进入下面介质,并改变原来方向,这部分光线称为“折射光线”。光线的反射和折射分别遵守反射定律和折射定律。为便于描述这些定律,我们先引入以下几个名词。

如图 5-11,入射光线 AO 和介质分界面 PQ 的法线 ON 间的夹角 $\angle AON = I$, 称为“入射角”; 反射光线 OB 和法线 ON 间的夹角 $\angle BON = I''$, 称为“反射角”; 折射光线 OC 和法线 ON' 之间的夹角 $\angle CON' = I'$, 称为“折射角”; 入射光

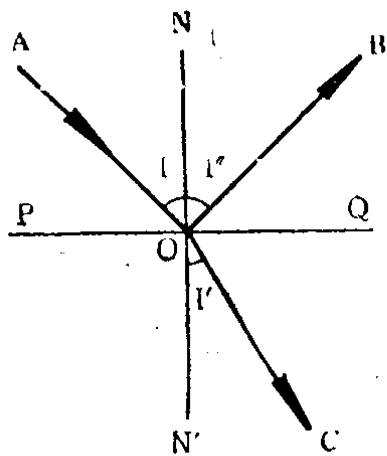


图5-11 光线的反射和折射

线和法线构成的平面称为“入射面”。现将反射和折射定律分述如下：

(1) 反射定律可归纳为：入射光线、反射光线和分界面投射点处的法线三者在同一平面内；入射角和反射角两者绝对值相等而符号相反，即入射光线和反射光线位于法线的两侧。

我们规定角度符号是以锐角来量度，由光线转向法线，顺时针方向旋转形成的角度为正，反之则为负，故在图5-11中 I 为正， I'' 为负，反射定律可表示为：

$$I = -I''$$

(2) 折射定律可归纳为：入射光线、折射光线和分界面投射点处的法线三者在同一平面内；入射角的正弦与折射角的正弦之比，对两种一定的介质来说，是一个和入射角大小无关的常数：

$$\frac{\sin I}{\sin I'} = n_{1,2}$$

$n_{1,2}$ 称为第二种介质对第一种介质的折射率。

(3) 折射率：一定的介质，其入射角正弦与折射角正弦的比是一个常数，它与入射角大小无关，但对不同的介质和入射光的波长来说这一常数的值是不同的。例如同一波长的光从空气中入射至普通玻璃，它的入射角正弦与折射角正弦之比的常数值约为1.5，但入射至光学玻璃ZK，这时的常数约为1.61，可见折射率是与产生折射的介质有关，同时它又与入射光的波长有关，例如对冕牌光学玻璃K，来说，它对红光的折射率约为1.51，而对紫光的折射率约为1.53，如果不讲明波长的话，那么折射率通常是指对应的波长为5890 Å的黄纳光，即纳灯的黄光而言的。我们通常