

高炮光学仪器教材

中国人民解放军

高射炮兵学校训练部

一九八一年十月

目 录

第一章 光学基础知识	(1)
第一节 几何光学的基本定律.....	(1)
第二节 常用光学零件.....	(5)
第三节 眼睛.....	(20)
第四节 望远系统.....	(23)
第五节 体视视觉.....	(32)
第二章 高炮观测仪器	(39)
第一节 62式望远镜.....	(39)
第二节 58式方向盘.....	(42)
第三节 71式高炮指挥镜.....	(53)
第三章 58式一米对空测距机	(63)
第一节 用途、性能与外部构造.....	(63)
第二节 操作使用.....	(68)
第三节 测距原理.....	(76)
第四节 58式一米测距机光学系统.....	(88)
第五节 训练和检查测手的方法.....	(91)
第四章 光学仪器的保管、维护与检查	(109)
第一节 保管.....	(109)
第二节 维护.....	(110)
第三节 检查.....	(111)

第一章 光学基础知识

光学仪器的构造是以几何光学的基本理论作为依据的。所谓几何光学、就是应用几何学的原理去研究光的传播规律和传播现象的一门学科。本章将对几何光学的基本定律、光学零件、望远系统、人眼的视觉等作较为详细的介绍，作为学习高炮光学仪器的构造，原理及使用方法的基础知识。少数地方涉及较广，以供参考。

第一节 几何光学的基本定律

一、几何光学的基本概念

(一) 光源与发光点

1. 光源：凡能独自发光的物体，就叫做“光源”。如太阳、电灯等。
2. 被照体：不少物体并不发光，但被光源照射后可反射光能，这类物体叫做“被照体”。如月球等。
3. 发光体：在几何光学中，不论是光源的光，还是被照体的反射光，在研究光的传播规律时是没有区别的，故统称为“发光体”。
4. 发光点：通常为了研究光的传播规律，只研究发光体的一部分，当选取的这一部分很小，以至它的体积几乎等于零时，就可以看做是发光点。所以发光点是一个没有大小与体积的几何点，并能向周围发射光能。

(二) 光线与光束

1. 光线：光线是表示光传播方向的几何线，是人们在研究几何光学中抽象出来的一个概念。一个发光点向四周传播出无穷多条光线。

2. 光束：

许多条光线组成的总合，称为“光束”。

光束按其形状可以分为（见图1—1—1）：



图1—1—1 光束

发散光束：从一点发出的光束。

会聚光束：会聚于一点的光束。

平行光束：光束中的光线彼此平行。实际上凡远方物体上任一点发出的光线，都可以看做是平行光束。

上述光束有一个特点，就是一束光线有共同交点，故统称为同心光束。

(三) 象点

由一点发出的光束，经过光学仪器后，如果仍然能保持光束的同心性射出，那么这个光束在仪器中的交点，就叫“象点”。象点分为实象点和虚象点（见图1—1—2）：

1. 实象点：同心光束在仪器内实际上相交的一点，叫做实象点。

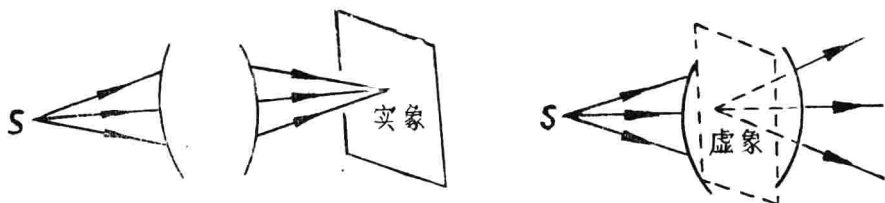


图1—1—2 象点

2. 虚象点：如果同心光束经过光学仪器后，实际上并不相交于一点，而在光线传播方向相反的延长线上交于一点，则该交点叫做“虚象点”。

(四) 媒质与境界面

1. 媒质：能传播光的物质，叫做媒质。如空气、玻璃和水等。不同的媒质，对光的传播速度也不相同。对光的传播速度快者，称为光疏媒质；对光的传播速度慢者，称为光密媒质。

2. 境界面：当光线从一种媒质进入另一种媒质传播时，例如由空气进入水中，其两种媒质的交界面，称为境界面。

二、光的直线传播定律与独立传播定律

(一) 光的直线传播定律

光在均匀的媒质中，总是沿着直线传播的。这就是光的直线传播定律。

光的直线传播，为大量的生活事实所证明，其中针孔成象实验最古老有名，在图1—1—3中，蜡烛的光线经过针孔在暗箱的毛玻璃上成一倒立的实象，充分说明了光线只有直线通过针孔，物体才能

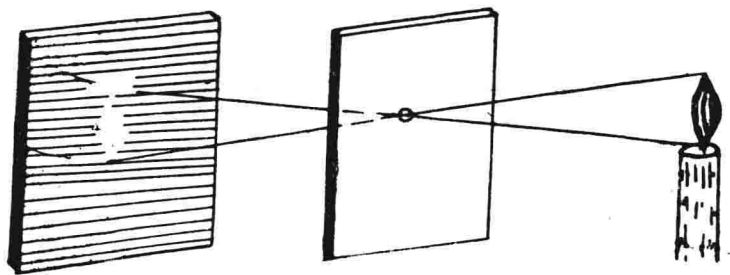


图1—1—3 针孔成象

成为倒象。

(二) 光的独立传播定律

从不同光源发出的光束在空间相遇时，互不发生干扰和影响，仍按原方向传播。

三、光的反射定律与折射定律

(一) 现象

当光线由一种媒质进入到另一种媒质的境界面时，例如由空气进入水面或进入到玻璃表面时，一般会发生两种现象：一部分光线由境界面改变方向反回到原媒质中，叫做反射；一部分光线由境界面改变方向透射入另一媒质中传播，叫做折射。如图1—1—4所示。图中：

OS'：反射光线；

OS₁：折射光线；

i_1 ：入射角，是入射光线与法线的夹角；

i' ：反射角，是反射光线与法线的夹角；

i_2 ：折射角，是折射光线与法线的夹角。

(二) 反射定律

实验证明，光在反射时遵循着以下规律：

1. 入射线，法线和反射线三线在同一平面内；
2. 入射线，反射线分居于法线的两侧；
3. 入射角等于反射角。

应当注意：第一，反射定律要求媒质的境界面是“光滑”的，光滑的境界面反射，叫做镜面反射。不“光滑”的境界面对于光束的反射是漫反射，漫反射是不规律的；第二，反射定律是可逆的；第三，反射面会吸收光能，故反射有光能损失。

(三) 光的折射定律

光在折射时服从如下定律：

1. 入射线、法线和折射线处于同一平面内；
2. 入射线、折射线分居于法线两侧；
3. 入射角的正弦 $\sin i_1$ 与折射角的正弦 $\sin i_2$ 之比，等于常数 n 。即

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n$$

并且常数 n 也等于光在这两种媒质中传播速度之比：

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{V_1}{V_2} = n$$

(四) 折射率

1. 相对折射率

折射定律中，常数 n 叫做第二媒质对第一媒质的相对折射率。其所以叫相对折射率，是

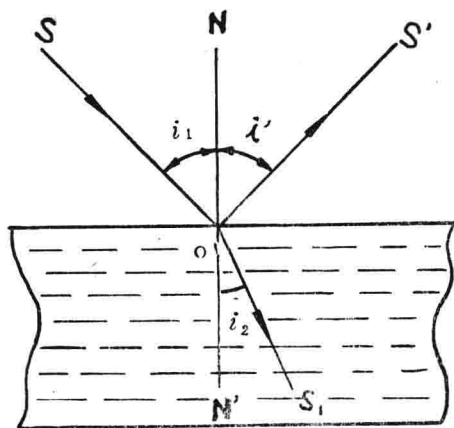


图1—1—4 反射与折射

因为比值 n 除与两媒质的疏密性质有关外，还与光线通过媒质的顺序有关。相对折射率可以表示两媒质的折射关系，但运用不方便。

2. 绝对折射率

我们规定光线从真空进入某一媒质时的折射率，叫做该媒质的绝对折射率。绝对折射率为：

$$n_1 = \frac{C}{V_1}$$

C ——真空中的光传播速度；
 V_1 ——媒质中的光传播速度。

每一媒质的绝对折射率，表征了各媒质的折射特性，故又简称为折射率。表一列出了一些媒质的折射率。

表一

媒 质	光的传播速度	绝对折射率
真 空	300000公里/秒	
空 气	299900	1.0003
水	225000	1.3333
酒 精	220000	1.3636
加 拿 大 胶	196000	1.5306
玻 璃	190000	1.5772

将绝对折射率代入公式 $\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{V_1}{V_2}$ 中，则可得到计算简便的折射公式：

$$\because V_1 = \frac{C}{n_1} \quad V_2 = \frac{C}{n_2}$$

$$\therefore \frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{\frac{C}{n_1}}{\frac{C}{n_2}} = \frac{n_2}{n_1}$$

故 $\sin i_1 \cdot n_1 = \sin i_2 \cdot n_2$

上式就是折射公式可以很方便地计算出入射角所对应的折射角。

四、全反射

光线由光密媒质进入光疏媒质时，例如由玻璃进入到空气中，如果入射角足够大，会产生一种现象：没有折射光，光线全部反回原媒质中。这种现象就叫做全反射。

(一) 临界角

当光线由光密媒质进入光疏媒质时，折射角是大于入射角的，如果逐渐增大入射角而使

折射角等于 90° 时,则此时的入射角 i_1 就称为光密媒质的临界角 r ,如图1—1—5的 i_1 。根据折射公式:

$$\frac{\sin r}{\sin 90^\circ} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\therefore \sin r = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{或} \quad r = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$

从而可以计算光密媒质的临界角。

当入射角等于临界角时,折射光线将沿界面掠过,而不能穿过界面。

(二) 全反射的条件

全反射的充分必要条件是:

1. 光线由光密媒质进入光疏媒质;
2. 入射角大于临界角。

(三) 全反射的应用

全反射在光学仪器的棱镜中,得到了广泛的应用。例如直角棱镜的斜面反射(见图1—

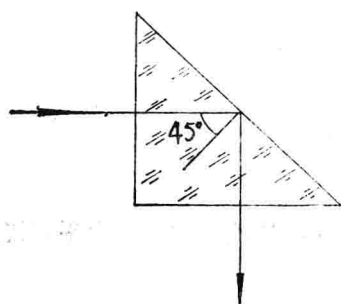


图1—1—6 全反射应用

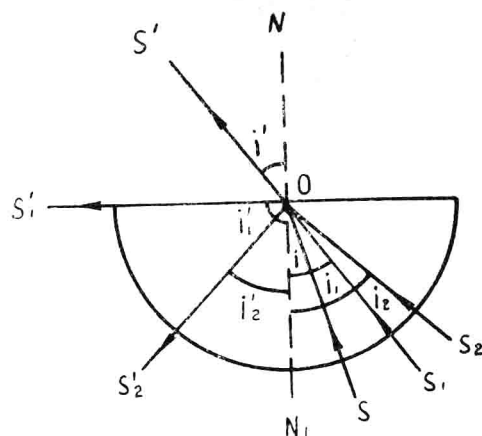


图1—1—5 全反射

1—6) 就是因为入射角为 45° ,大于临界角而形成全反射的,全反射的优点是在反射面上可以不加镀层。

由于光学仪器的应用条件是从玻璃到空气,空气的折射率接近于1,故可简化求临界角的公式为:

$$\sin r = \frac{1}{n} \quad \text{或} \quad r = \arcsin \frac{1}{n}$$

n 为所选用光学玻璃的折射率,各种光学玻璃的折射率大致在 $1.48 \sim 1.69$ 之间,故临界角约为 $38^\circ \sim 42^\circ$,均小于 45° ,很有利于棱镜的角度选择。

第二节 光学零件

光学零件是组成光学仪器的基本元件。包括平面镜、角镜、平板玻璃、楔形镜、透镜和棱镜等。

一、平面镜

平面镜与生活中的面镜相同,不过加工要求高,由平面玻璃抛光后加镀反射层而成,是简单而理想的光学零件。

平面镜在光学仪器中的主要作用是根据反射定律,利用镜面的反射作用以改变光路的方向。

向。

(一) 平面镜的成像

平面镜成像，简称镜象。镜象可依照反射定律作图说明，具体情况见图1—2—1。

平面镜成像有如下特点：

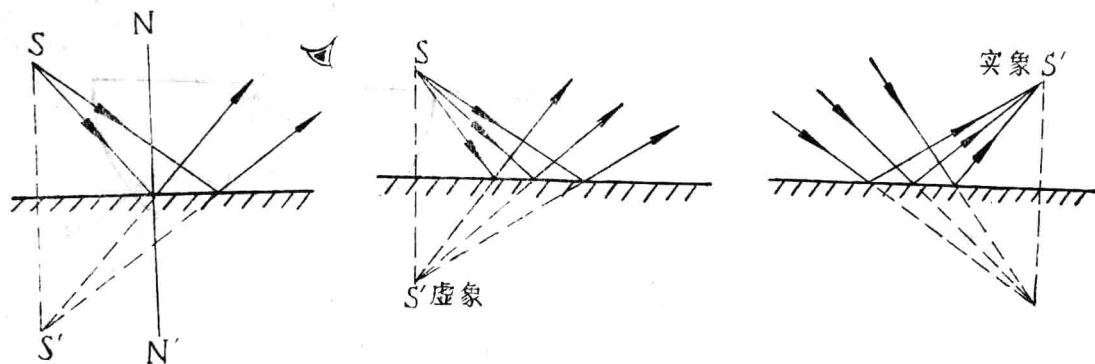


图1—2—1 平面镜成像

1. 同心光束经平面镜反射后仍为同心光束；

2. 物像与物体在镜面上对称；

3. 物像与物体左右反置。

如果要使物象与原物一致，可以采用双数镜面。

(二) 平面镜转动时对光线的反射

平面镜转动时，设原入射光线不变，则反射光线必改变，其改变的角度为平面镜转角 α 的二倍。如图 1—2—2 所示。证明如下：

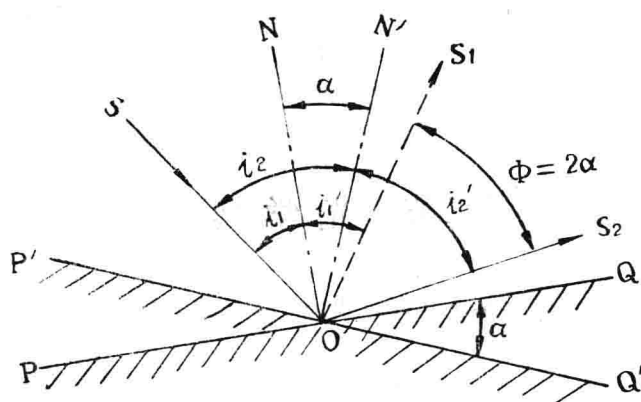


图1—2—2

由于平面镜转动一个 α 角，其法线也必然转动一个 α 角，故

$$\alpha = i_2 - i_1$$

从图(1—2—2)可以看出,当平面镜转动 α 角时,反射线的改变角 ϕ 为:

$$\phi = (i_2 + i_2') - (i_1 + i_1')$$

由反射定律知:

$$i_2 = i_2' \quad i_1 = i_1'$$

$$\therefore \phi = 2i_2 - 2i_1 \\ = 2(i_2 - i_1)$$

$$\text{代入} \quad \alpha = i_2 - i_1 \quad \text{则}$$

$$\phi = 2\alpha$$

(三) 半反半透的平面镜

这是一种既能透过前方光线,又能反射侧方光线的平面镜,如图1—2—3所示。它需两面抛光,再在一面加镀薄反射层。其反射与透射的比率,由镀膜的厚度决定,镀膜越薄,透光越强,反光越弱。

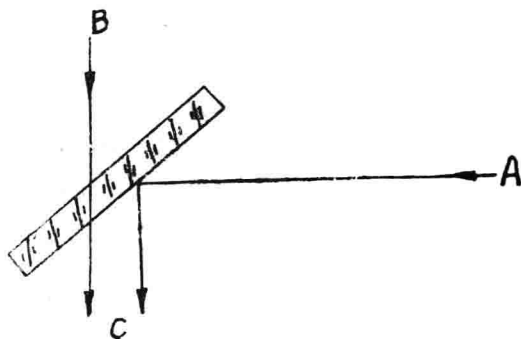


图1—2—3 半镀平面镜

二、夹角镜

由两块平面镜组成一定角度的光学零件,叫做夹角镜。如图1—2—4所示。

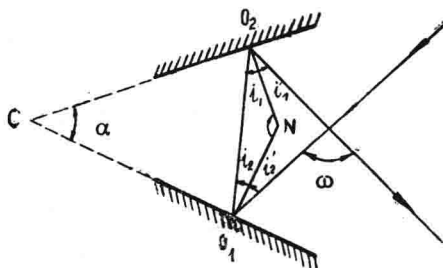


图1—2—4 夹角镜

角镜在光学仪器中,用以改变光路的方向。其特点是:出射光线对入射光线的折转角度 ω ,恒等于角镜夹角 α 的二倍。即

$$\omega = 2\alpha$$

现证明如下:

$$\text{已知} \quad i_1 = i_1' \quad i_2 = i_2'$$

$$\therefore \omega = i_1 + i_1' + i_2 + i_2'$$

(三角形外角等于不相邻两内角和)

$$\therefore \omega = 2(i_1 + i_2) \dots\dots\dots (1)$$

在四边形 NO_1CO_2 中:

$$\angle N + \angle C = 180^\circ \dots\dots\dots (2)$$

在 $\triangle NO_1O_2$ 中:

$$\angle N + i_1 + i_2 = 180^\circ \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{由②、③式得} \angle C = i_1 + i_2 \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{④式代入①中} \quad \therefore \omega = 2\angle C = 2\alpha$$

公式说明,角镜对光路方向的改变角度,只与夹角镜的夹角相关,不会因入射光线方向的变化而变化,光学性能很稳定,用于测距机中,可以保证测距精度。

对于夹角为零的角镜,如图1—2—5所示,它的两反射面相互平行,称做潜望镜。潜望镜不改变光路的方向,但平行移动了一段距离,

这段距离叫做潜望高，有利于荫蔽观察。

三、平板玻璃

由两个相互平行的透射平面组成的光学零件，叫做平板玻璃。

(一) 平板玻璃对光的作用

当光线垂直于平板玻璃透射面入射时，由于不产生折射，光线透过玻璃仍沿直线前进。

当光线以入射角 i 投射到平板玻璃上时，光线经过第一界面，是由光疏媒质进入到光密媒质，产生第一次折射，折射角小于入射角；光线经过第二界面，是由光密媒质进入到光疏媒质产生第二次折射，折射角大于入射角。由于两境界面平行，故出射角与入射角相等，出射线与入射线平行，但产生了一段位移，叫做旁位移 L 。如图1—2—6所示。

旁位移 L 的大小，与平板玻璃的厚度 d ，玻璃的折射率 n 和入射角 i 的大小成正比。可用公式表达如下：（证明从略）

$$L = \frac{n-1}{n} \cdot d \cdot \operatorname{tg} i$$

$$\text{或 } L = \frac{n-1}{n} \cdot d \cdot i$$

（当入射角 i 较小时）

(二) 平板玻璃在仪器中的用途

1. 作保护玻璃

光学仪器为防止灰尘与湿气侵袭，往往于入射窗或其他透光口处安装平板玻璃加以密封，称为保护镜或保护玻璃。

2. 作滤光镜

滤光镜通常由有色的平板玻璃制成，分为两类，一类叫中性滤光镜，可使强光均匀减弱而不改变光的颜色；

另一类叫有色滤光镜，能将某些颜色的光线吸收，允许某种颜色的光线通过，从而改变了物象的颜色，提高了清晰度。不同颜色的有色滤光镜是在玻璃中加入了不同的金属氧化物构成的，如表二所示。

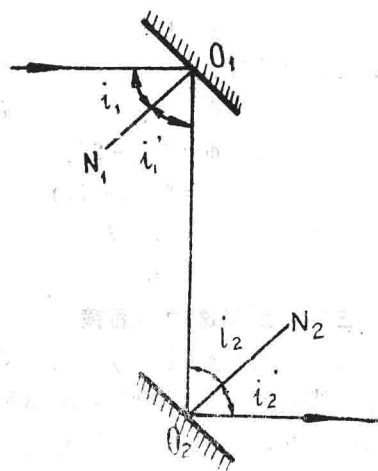


图1—2—5 潜望镜

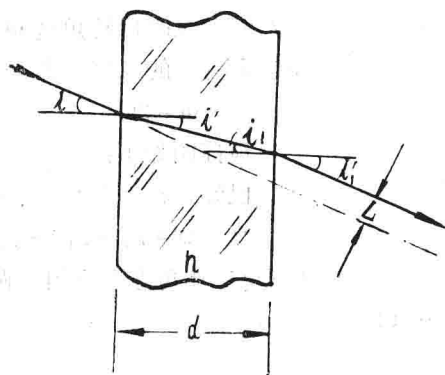


图1—2—6 平板玻璃

颜 色	氧 化 物
红 色	氧化铜、硒
黄 色	硫化镉、氧化铁、氧化镍、银
绿 色	氧化铜、氧化铝、氧化铁
兰 色	氧化钴、氧化铜
紫 色	氧化镁、氧化镍

3. 作分划镜

军用光学仪器为了瞄准与测量的需要，总是在光学系统中设置各种测量分划或标志。刻有测量分划或测量标志的平板玻璃，就叫做分划镜。

分划或标志是与目标一起被人眼观察的，要求分划镜应当与物象处于同一平面内，且不能改变光学仪器的性能，故薄平板玻璃最适宜。

四、楔形镜

平板玻璃的两透射面有微小夹角者，称为楔形镜。其夹角叫做楔形镜的顶角。

仪器中使用的楔形镜，其顶角一般为几分至十几分左右，角度过大，就会产生色散现象，影响成象的清晰度。由于楔形镜可以微调光轴方向，故实际上仪器中的保护玻璃，大都是楔形镜充当。

(一) 楔形镜对光线的折射作用

图 1—2—7 表示一个顶角为 Q 的楔形镜的主截面。光线经过楔形镜的两透射面后，两次折射的结果，使出射线向底边偏折。出射线 S' 与入射线 S 的夹角，叫做偏向角 φ 。 φ 的大小，可由公式 $\varphi = Q(n - 1)$ 计算。

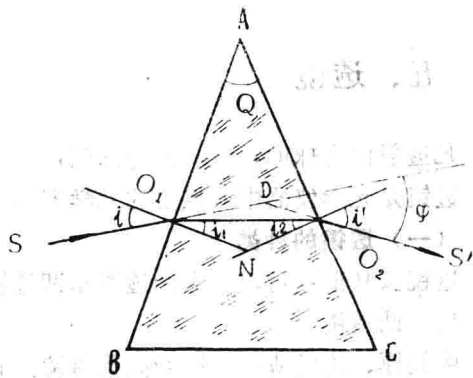


图 1—2—7 楔形镜

根据图 1—2—7，可以推证如下：

$$\text{由 } \triangle O_1 D O_2 \text{ 中可得 } \varphi = (i - i_1) + (i' - i_2) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{由 四边形 } N O_1 A O_2 \text{ 知 } \angle Q + \angle N = 180^\circ \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{由 } \triangle O_1 N O_2 \text{ 知 } i_1 + i_2 + \angle N = 180^\circ \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{②—③ } \therefore \angle Q = i_1 + i_2 \dots\dots\dots (4)$$

根据折射公式，当入射角较小时，则

$$i = n \cdot i_1 \quad i' = n \cdot i_2 \dots\dots\dots (5)$$

④、⑤代入①式，则：

$$\begin{aligned}
 \varphi &= (n \cdot i_1 - i_1) + (n \cdot i_2 - i_2) \\
 &= n(i_1 + i_2) - (i_1 + i_2) \\
 &= (i_1 + i_2)(n - 1) \\
 &= Q(n - 1)
 \end{aligned}$$

公式表明，偏向角 φ 的大小，与光线的入射角无关，而与楔形镜的顶角 Q 、玻璃的折射率 n 成正比。因为玻璃的折射率约 1.5 左右，故偏向角公式还可简化为：

$$\varphi \doteq \frac{1}{2} Q$$

即楔形镜对光线的偏折角度，大约为顶角的二分之一。

(二) 楔形镜转动时对光线的偏折

图1—2—8描述了楔形镜转动时对光线的改变情况。由于楔形镜有使光线向底边偏折的特点，故当楔形镜转动时，折射光线也会随着楔形镜的转动而作圆周运动。当楔形镜的转动角度较小时，则折射光线可以看成是成直线改变。

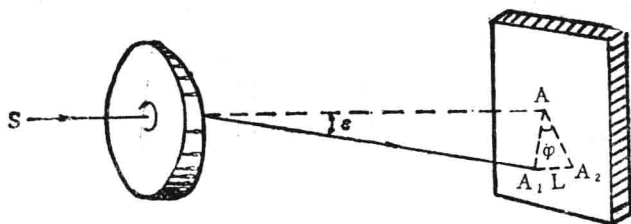


图1—2—8 楔形镜转动

正是由于楔形镜转动时，折射光线随着转动，光学仪器中广泛地利用楔形镜来微调光轴以及作为规正镜。例如一米测距机的距离规正镜，就是利用楔形镜转动来实现距离差规正的。

五、透镜

凡透射面为球面，或一面为球面，另一面为平面的光学镜片，均称为透镜。

透镜是光学仪器中最重要光学零件。

(一) 透镜的种类

透镜按其形状可以分为凸透镜和凹透镜两类：

1. 凸透镜

中间厚、边沿薄的透镜叫做凸透镜。它又可分为双凸、平凸、凹凸三种（如图1—2—9所示）。

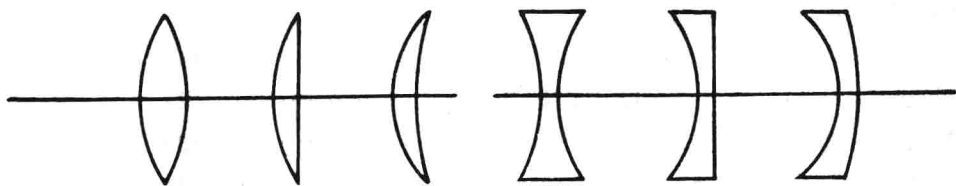


图1—2—9 凸透镜与凹透镜

2. 凹透镜

中间薄，边沿厚的透镜叫做凹透镜。也分为双凹、平凹、凸凹三种，如图1—2—9所示，

(二) 透镜的性质

透镜的基本性质，是能够会聚或发散光线。如图1—2—10所示：

凸透镜能将平行光束（同心光束）会聚为一点；

凹透镜则将平行光束发散，而于反向延长线上交于一点。

透镜会聚或发散光线的原理，可以用楔形镜的折射特性来解释：

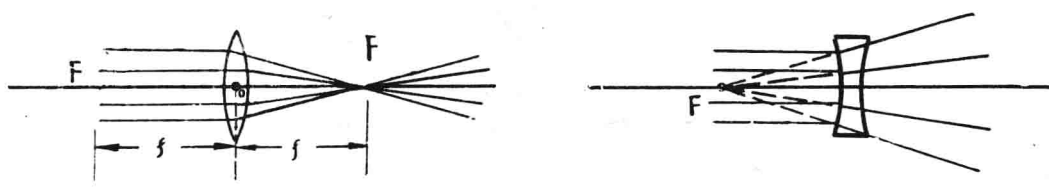


图1—2—10 透镜的会聚与发散

如图1—2—11所示，我们可以把透镜看成是由若干顶角不同的楔形镜薄片，按顶角大小依次有序叠合而成。

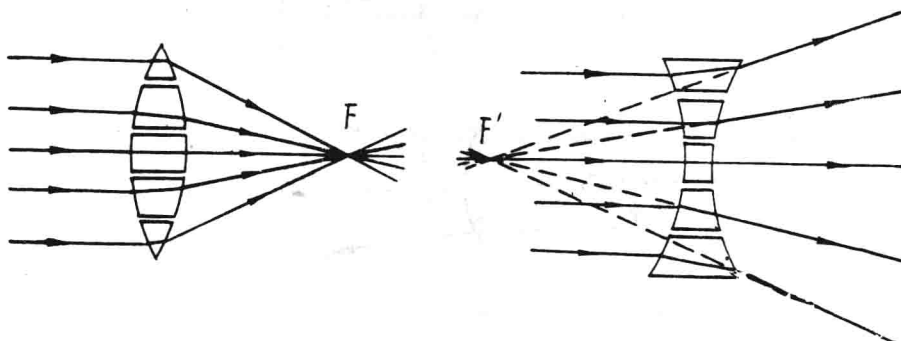


图1—2—11 透镜的聚、散光原理

其中，组成凸透镜的楔形镜，顶角在外，底边在透镜中心方向，且从边缘到中心，其楔形顶角渐次减小，最中心顶角为零。按照楔形镜对光线向底边偏折，并且顶角愈大，偏折愈大的原理，一束平行光线经过凸透镜折射后，可以会聚在一起。

组成凹透镜的楔形镜，其顶角向着透镜中心，底边在外，故平行光束经过凹透镜折射后，光线发散。

(三) 常用名词的解释

1. 曲率：即透镜球面的弯曲程度。透镜的曲率越大，聚(散)光的能力就越强。
2. 曲率中心：透镜球面圆心。如图1—2—12 (一) 中的C、C'。
3. 曲率半径：从曲率中心到球面上任意点的距离。如图1—2—12 (一) 中之R和R'，曲率的半径越大，曲率越小。

4. 主光轴(简称主轴): 通过两曲率中心的光线。如图1—2—12 (一) 中之直线 $C'C$ 。

5. 光心: 在主轴上有一个特殊点, 凡是通过这点的光线, 方向都不改变, 此点称为光心。如图1—2—12(二)之 O 点。对于两球面对称的透镜来说, 透镜的中心即是光心。

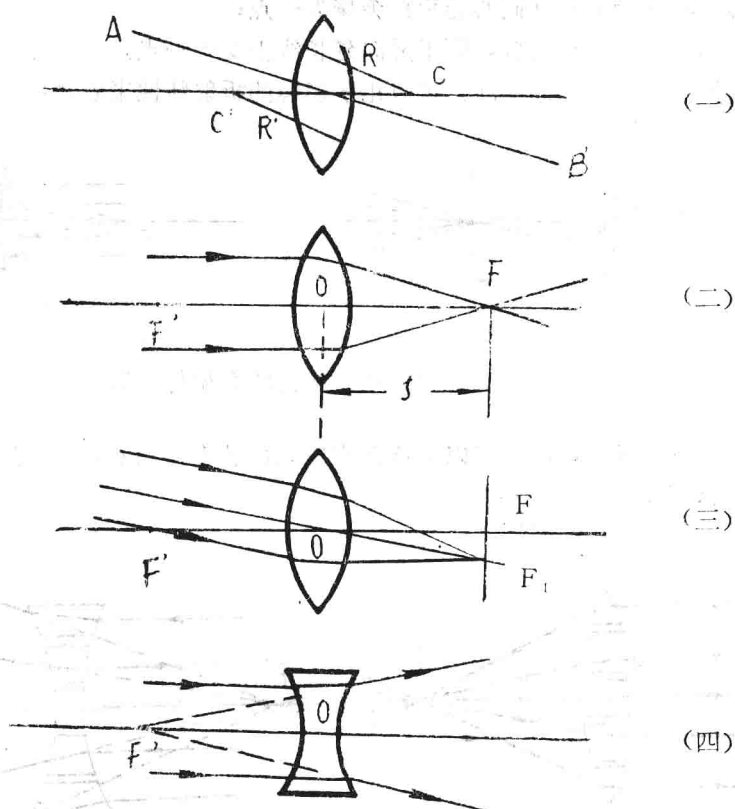


图1—2—12 曲率、光心、光轴

6. 副光轴 (简称副轴) 除主轴外, 所有通过光心的光线都叫副光轴。如图1—2—12 (一) 中之 AB' 。

7. 焦点: 如图1—2—12(二)、(三), 平行于主光轴的光线, 经凸透镜后, 会聚于主轴的一点(F), 叫主焦点。平行于副轴的光线, 经凸透镜后会聚于一点(F_1) 叫副焦点。反之, 从主焦点发出的光线, 通过透镜后, 平行于主轴。每个透镜都有两个主焦点, 在透镜左面的称为前主焦点, 在透镜右面的称为后主焦点。

8. 焦面: 通过主焦点垂直于主轴的平面, 叫焦面。如图1—2—12 (三) 中之 FF_1 。所有的副焦点, 都在焦面上。

9. 焦距: 从主焦点到光心的距离, 叫焦距, 如图1—2—12 (二) 中之 f 。前焦点到光心的距离, 叫前焦距; 后焦点到光心的距离, 叫后焦距。焦距的长短与曲率的大小成反比, 曲率越大, 焦距越短。对于已制成的透镜来说, 曲率及焦距都是固定不变的。

(四) 透镜的成像

透镜可以会聚或发散光线。这一重要性质能使从一点发出的光束经过透镜后再重新会聚于一点，该点就是前一点的象。如果把物体看作是由无数点构成的，而每一点成象的总合就构成了与物体相似的象。

如图1—2—13。在凸透镜一方的焦点外放一支点燃的蜡烛，在凸透镜的另一方竖放一张白纸屏，将纸屏在焦点外适当移动到某一位置，就可在纸屏上看到烛焰倒立的象。这个象是蜡烛各点的光线经过透镜后实际会聚而形成的象，叫做实象。

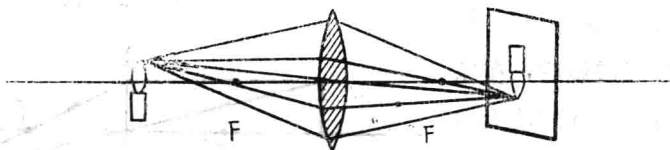


图1—2—13 凸透镜的成像

如果在凹透镜一方置一物体，由于物体光线经过凹透镜光线发散，故凹透镜不能成实象，而只能在发散光线的延长会上会聚成一虚象。

2. 透镜成像的作图方法

由于物体距离透镜的位置不同，经过透镜后成像的位置、大小、虚象与实象情况也不相同，成像作图法往往可以形象直观的表达清楚，是成像讨论的重要方法。

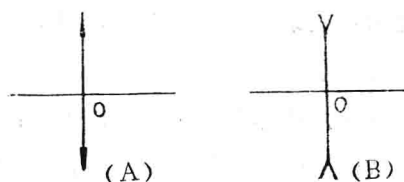


图1—2—14

为了简便起见，我们把各种透镜都当作薄透镜来研究，薄透镜常用图1—2—14所示符号表示，其中A表示凸透镜，B表示凹透镜。

透镜成像的作图，常常借助于几条特殊的光线确定物象的位置，这些光线是：

(1) 平行于主轴的光线：经过透镜后出射光线（或它的延长线），通过主焦点 F' （图1—2—15上）。

(2) 过物方主焦点的光线：经过透镜后出射线与主光轴平行（图1—2—15中）。

(3) 通过光心的光线：经过透镜后光线的行进方向不变（图1—2—15下）。

前述三条光线的任意两条用于作图，其交点就是物象的位置。

3. 凸透镜的成像讨论

(1) 物体在距离凸透镜二倍焦距以

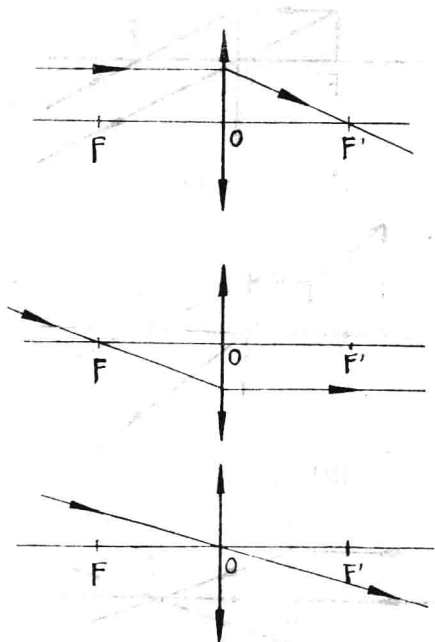


图1—2—15 典型光线

外时：物体光线经过透镜后，在焦点与二倍焦距之间成一倒立的缩小的实象，如图1—2—16所示。

(2) 物体在透镜的二倍焦距上时：其光线经过透镜后，在象方的二倍焦距处成一倒立的实象，且象与物大小相同，如图1—2—17所示。

(3) 物体在透镜的焦点与二倍焦距之间时：其光线经透镜后，在象方二倍焦距以外处成一倒立的放大的实象，如图1—2—18所示。

(4) 物体在透镜的焦面上时：其光线经透镜后，每点的光线成为平行光束，成象在无限远处，如图1—2—19所示。

(5) 物体在一倍焦距以内时：其光线经透镜后成为发散光束，它的反向延长线在物方相交成一正立的放大的虚象，如图1—2—20所示。

(6) 物体在无限远时：其光线经过透镜后，在象方焦平面上成一倒立的缩小的实象，如图1—2—21所示。

从以上六种成象情况的讨论中可以看出，除物体在一倍焦距以内成一正立放大的虚象以外，其他情况，均成倒立的实象。其放大与缩小则以二倍焦距为分界线，物体位于二倍焦距以外，物象缩小；物体位于二倍焦距以内，物象放大；物体位于二倍焦距处则象与物同大。

4. 透镜成像公式

利用成像作图法，还可以导出表示物与象关系的计算公式。为此设物

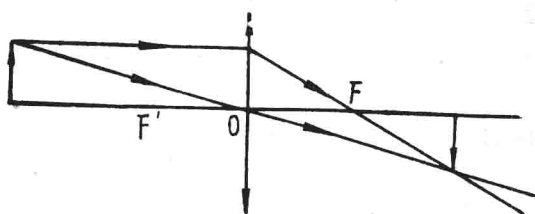


图1—2—16

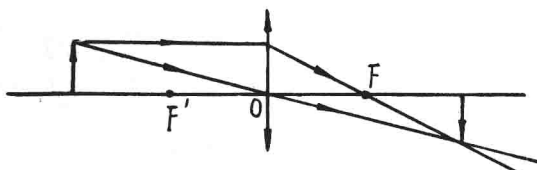


图1—2—17

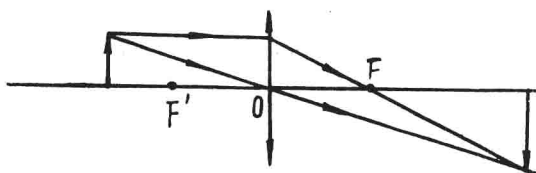


图1—2—18

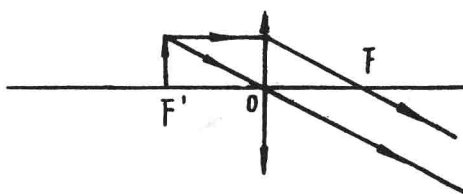


图1—2—19

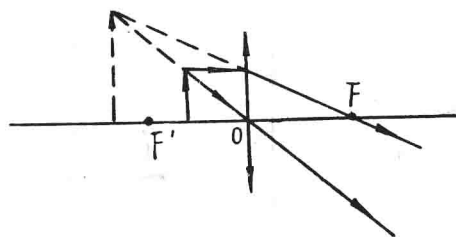


图1—2—20

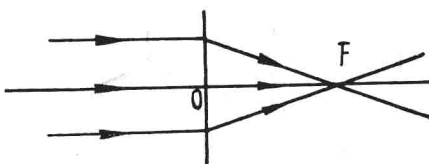


图1—2—21