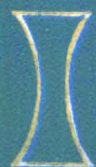


GUANGXUE YIQI JIANYI ZHIZUO

光学仪器简易制作

韩平海 董光天 编

机械工业出版社



光学仪器简易制作

韩平海 董光天 编



机械工业出版社

本书共分八章,主要介绍常用光学仪器的基本知识和简易制作方法,内容包括光的基本性质、基本定律,光学零件及其用途,万花筒和万花环的简易制作,放大镜、显微镜、望远镜、潜望镜、天文望远镜和照相机、幻灯机的基本原理及简易制作方法,并有相应附图,可供读者制作参考。书中还对摄影基本知识作了简单介绍。

本书可供中学生、青少年光学爱好者及非光学专业读者阅读。

光学仪器简易制作

韩平海 董光天 编

责任编辑 卓若薇

封面设计 田淑文

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/32·印张 3·字数 62千字

1987年3月北京第一版·1987年3月北京第一次印刷

印数 0,001—2,000·定价 ~~0.84~~元

0.63

统一书号: 15033·6598

前 言

光与人类的关系如同空气和生命。光，装饰着大自然，没有光，人类无法生存，万物不能生长。

随着科学技术不断向前发展，光的性质越来越被人们所认识。利用光的特性制成的仪器，已广泛应用于科研、生产和生活之中。

为了普及光学和光学仪器基本知识，我们根据北京、上海的部分少年宫和学校开展光学科普活动、光学仪器小制作的情况，约请韩平海、董光天同志编写了本书。

本书主要介绍各种光学仪器的基本知识和简易制作，内容包括光的基本性质、光的基本定律和几种典型光学零件的特性及应用，还介绍了万花筒、万花环、放大镜、显微镜、望远镜、天文望远镜、潜望镜、照相机、幻灯机的基本原理和简易制作方法，书中还对摄影基本知识作了简单介绍。

本书从光的基本特性、光学成像基本原理着笔，由浅入深，从理论到具体仪器的制作，包括关键尺寸和图纸都作了扼要介绍，通过本书，读者可以自制各种光学仪器。

愿本书的出版有助于普及光的知识，有助于推动青少年光学科普制作活动的开展。

中国仪器仪表学会科普委员会

1985年11月

44 03/10

目 录

前言	7
第一章 光的基本性质	
一、光的特性	1
二、光的基本定律	3
1. 光的独立传播定律	3
2. 光的直线传播定律	4
3. 光的反射定律	5
4. 光的折射定律	7
第二章 光学零件及其用途	8
一、平面镜	9
二、平面镜成象	10
三、球面镜	
1. 凹面镜成象	11
2. 凸面镜成象	12
四、棱镜	13
五、透镜	14
六、几何光学作图求象规律	
七、透镜成象	15
1. 凸透镜成象	16
2. 凹透镜成象	17
第三章 万花筒和万花环的制作	17
一、万花筒	
1. 原理	
2. 材料	17
3. 制作	18
二、万花环	19

1. 原理	19
2. 材料	20
3. 制作	20
第四章 放大镜和显微镜	21
一、放大镜	21
1. 原理	21
2. 视角放大率的计算	22
3. 放大镜的制作	23
4. 放大镜的缺陷	24
5. 例题	24
二、显微镜	25
1. 原理	25
2. 显微镜的基本光学参数	26
3. 显微镜的结构	29
4. 显微镜的简易制作	32
5. 材料的选择	38
第五章 望远镜	39
一、原理和参数	39
1. 原理	39
2. 望远镜的放大率	40
3. 望远镜物镜的最小分辨角	45
二、望远镜的基本类型	47
1. 刻卜勒望远镜系统	47
2. 伽利略望远镜系统	47
三、望远镜外形尺寸的计算	49
四、望远镜的结构和简易制作	51
1. 结构	51
2. 望远镜的简易制作	51
五、天文望远镜和潜望镜	54
1. 天文望远镜	54

2. 潜望镜	55
第六章 照相机	59
一、原理	59
二、照相机的型式及结构	61
1. 照相机的型式简介	62
2. 照相机的结构简介	63
三、对照相机及其各部分的要求	63
1. 对物镜系统的要求	64
2. 对镜筒的要求	64
3. 对快门的要求	65
四、照相技术三要素	65
1. 光圈数	65
2. 曝光时间	66
3. 距离	67
五、简易照相机的制作	67
1. 物镜筒	68
2. 光圈片	69
3. 快门片	70
4. 调焦筒	70
5. 快门	71
6. 暗箱	71
7. 暗箱定位盖	72
六、取景器型式的讨论	72
1. 粗调式取景器	72
2. 同步式取景器	73
3. 棱镜式取景器	73
七、照相机装调时的注意点	74
八、分身象	75
1. 全身象原理	75

2. 二次曝光成像原理	76
第七章 幻灯机	78
一、原理	78
二、结构	79
三、制作	79
1. 集光镜组	79
2. 物镜筒组	80
3. 箱体	80
4. 幻灯片架	81
5. 光源	81
四、幻灯机装调时注意点	81
第八章 摄影知识简介	82
一、光圈与速度	82
二、怎样正确估计曝光	83
三、光圈系数与照明条件	85
1. 自然光与光圈数	85
2. 闪光灯与光圈数	85
本书所用主要公式一览表	88

第一章 光的基本性质

一、光的特性

太阳从东方升起，光芒射向大地，人们在阳光下开始一天的工作、学习和生活。到了晚间，太阳下山后，夜幕笼罩着大地。人们为了工作、学习和生活，利用灯光来照明。

太阳和灯，都是发光体，它们所发出的光线，是我们工作、学习和生活不可缺少的东西。人们观察周围事物，就是通过光作用于眼睛而引起视觉的。拍摄照片时，光照射到胶片上产生光化作用，使胶片感光。光照射到某些金属（如硒、硅等材料）上，从金属表面激发出电子而产生光电效应。任何物体吸收光时都要发热，利用光的热效应制成太阳灶，可以烹煮食物。这些都说明了光是客观存在的一种物质，它具有能量。

光究竟是什么？人类对光的研究，早在牛顿的年代就已经发展起来，研究的内容可以分为两个方面：一方面是研究光的本性，并根据光的本性来研究各种光学现象，称为“物理光学”；另一方面是研究光的传播规律和传播现象，称为“几何光学”。

由于对光的研究使人们对物质世界有了深刻的认识。人们虽然早就积累了许多有关光的现象的知识，但对光的本性，却经历了“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”这么一个漫长的认识过程。“光究竟是什么”？直到今天才认为它是既有波动性，又有微粒性的物质。光的这种波动和粒子相互并存的性质被称为光的二象性。目前，这种理论还处在不断发展之中。

人类对于光的本性的认识，是逐步发展的。从平时生活中我们可以联想到水波，声波。耳朵听到的是声波。收音机、电视机接收到的是无线电波。最直观的是水波。我们可以向平静的河面投一块石头，水面便产生波浪，它一起（称波峰）一伏（称波谷）地向周围传播。由图 1-1 可知，从中心 O 点开始，圆圈越来越大，这表示以中心 O 点为起始点，波向四面八方传播。例如，一个人向四个方向讲话，四周的人都能听清楚。这就是声波从声源

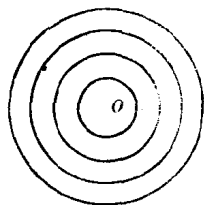


图 1-1 水波示意图

（人的嘴）向四周传播的例证。光也是这样，电灯开关一台，灯泡便发亮，灯光能射向四面八方，说明声波、水波和光波相类似。光波是一种电磁波，在本质上它和无线电波一样，但是它比无线电的波长要短得多。研究光的传播问题，归结为研究波动的传播问题。但是，几何光学中研究光的传播，并不把光看作电磁波，而把光看作是“能够传播能量的几何线”，并把这样的几何线叫做“光线”。光源 A 发光就是向四周发出无数条几何线。沿着每一条几何线向外发散能量。人们使用的光学仪器，不少是应用几何光学原理——把光看作“光线”——设计出来的。几何光学研究光的传播，也就是研究这些光线的传播。研究的方法是，首先找出光线的传播规律——几何光学的基本定律，然后，根据这些基本定律研究光的传播现象。

二、光的基本定律

几何光学不考虑光的本性，它以光的直线传播性质为基础，研究光在透明介质中的传播问题。从实际观察和实验可得到四个基本定律：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。本章主要介绍光在传播过程中的这些基本定律。

在自然界和日常生活中，有许多会发光的物体，如太阳、电灯、蜡烛等，叫做光源或称为发光体。对于本身不发光的物体，例如月亮、房屋、树木等，在光源的照射下，由于能反射外来的光，我们同样可以看到它们。

为了讨论问题方便，我们把发光的物体当作一个点，称之为点光源、或称发光点（理想的点光源是不存在的，因为总带有一定的大小）。从点光源发出的光射向四面八方，表示光前进方向的直线称光线。光线具有和几何线相同的性质，所不同的只是光线具有传播方向，如图1-2所示。

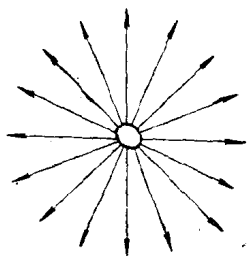


图1-2 点光源发出的光线

1. 光的独立传播定律

我们经常碰到这种情况，在马路上行走时，可以同时听到几种声音，如汽车鸣笛声、自行车铃声、行人讲话声等，这些彼此以不同频率同时传到耳朵里的声音，相互不干扰，具有独立性，通俗地称为独立传播定律。

光波如同声波一样，具有独立传播的性质，当不同的光线在传播途中相遇时，各光线仍按各自的途径传播而互不影响，在光线的交会点或重叠区，其作用是简单地相加。如两

盏探照灯的光在空间相遇时，其作用是简单地相加，交会点更加亮。在均匀介质中，两束不同的光以不同方向通过某点时，彼此互不干扰，各光束就好象其他光束不存在似地按各自的传播路线独立传播，这叫作光的独立传播定律。

2. 光的直线传播定律

光在均匀的各向同性介质中，是沿着直线传播的。例如人在太阳光下走路会看到自己的影子，还有针孔成像实验，也是光的直线传播的例证。如图1-3所示。把强光源、针孔屏、白屏（或者毛玻璃）按图示位置放在光具座上，调节光源

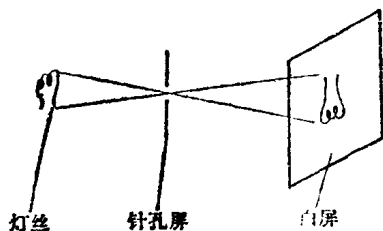


图1-3 针孔成像

（灯丝部分）、针孔、白屏的中心使在同一高度上。由于光的直线传播，灯丝上各部分发出的光，经过小孔后，分别投射到白屏的不同部位上，形成上下倒立、左右互换的灯丝象。采用不同直径的针孔和圆盘，观察它们所成的象随直径的变化规律。要得到清晰的灯丝象，一定要调节各部件使之共轴。

下面介绍的本影实验，也能说明光的直线传播性。如图1-4所示，在强光源壳体的窗口上，插上具有圆孔的铁皮光阑，并使该圆孔透过光（当圆孔和圆形物相距足够远时，圆孔可作为点光源）照亮圆形物。由于光的直线传播，在圆形物后面的白屏上，便可得到圆孔的本影。

光的直线传播也可用半影实验来证明，限于篇幅本书从略。

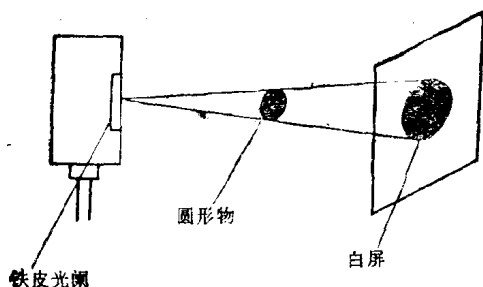


图1-4 本影实验

再做一个如图1-5所示的实验，用一根线依次穿过三片纸板的中心小孔，把线拉直使三个小孔在同一条直线上。按下A处的手电筒按钮，对着小孔照去，从B处可以看到通过小孔的光，如把纸板微动一下，使三个孔不在同一直线上，在B处就看不到光亮了。可见，光在空气中是沿直线传播的。实验表明，光在均匀透明介质中是沿着直线传播的。这就是光的直线传播定律。

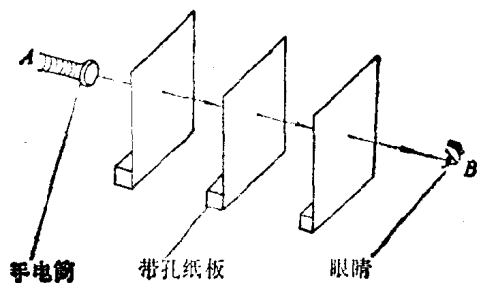


图1-5 光沿直线传播

3. 光的反射定律

除黑色的物体以外，其余颜色的物体都能部分或全部地将射到它上面的光反射出去。浅色的物体比深色的物体反射

的光多，表面光滑的物体比表面粗糙的物体反射的光也多，光滑的镜子表面，能清楚地成象。

光的反射实验如图1-6所示。将手电筒用一张黑纸包住，黑纸上剪一个小圆孔手电筒的光通过圆孔射向镜面，则在镜面的另一方向有一条光反射出去。设 I 为入射光线，II 为反射光线，P 为光线与镜面的交点，PN 是镜面的法线。入射光，法线、反射光三者位于一个平面内， $\angle IPN$ 为入射角，用 α 表示， $\angle NP II$ 为反射角，用 α' 表示。

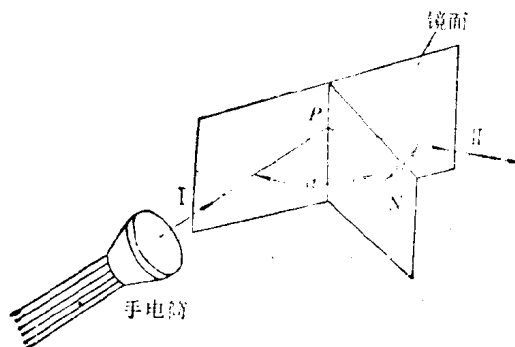


图1-6 光的反射实验

生活中我们经常用镜子照自己，也可以用来查看后面的物体。公共汽车驾驶室旁边安装的一块凸球面反射镜，就是用来观看后面的行人，以防车祸的。

图1-7所示为在海洋中用的潜望镜，它是由两块平面反射镜加上望远系统组装而成的（望远系统图中省略），利用光的多次反射来观察水面上的人和物。

光的反射实验所得到的规律还可用图1-8来证明。图中 M 为镜面，AB 为入射光，BN 为镜面法线，BC 为反射光。 $\angle ABN$ 为入射角，用 α 表示， $\angle NBC$ 为反射角，用 α' 表示。

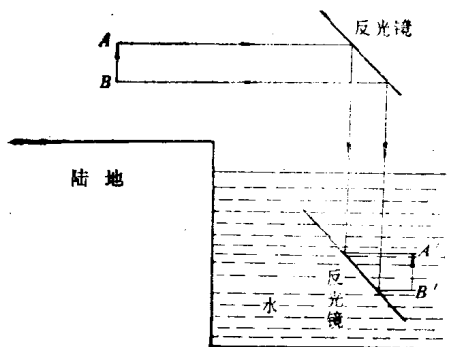


图1-7 潜望实验

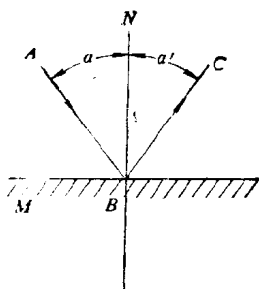


图1-8 光的反射规律

可以证明,光的反射定律是:反射光线 BC 和入射光线 AB 位于法线 BN 的两侧;入射线,反射线,法线位于一平面内;反射角 α' 等于入射角 α 。光的反射定律在生活中得到广泛应用,平面镜和潜望镜就是利用光的反射定律来改变光线的传播方向和物体方位的。

4. 光的折射定律

在暗室里做图1-9所示的实验。手电筒用黑纸包起来,黑纸中间有一个小长方孔,相当于形成平行光束 AB 直接射到厚为 d 的平行玻璃板 B 点上,而出射光束由 CN 方向射出。可

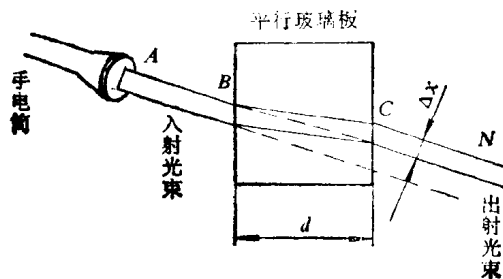


图1-9 光的折射实验

以看到， AB 和 CN 是互相平行的，而且有一位移 Δx ，这是为什么呢？要弄清这个问题，首先要知道光的折射定律。

图1-10中光线 AB 射到玻璃上，入射点为 B ， NN' 为经过 B 点的法线， BD 为折射光线，则入射角 $\angle ABN = \alpha$ ，反射角 $\angle NBC = \alpha'$ ，折射角 $\angle DBN' = \alpha''$

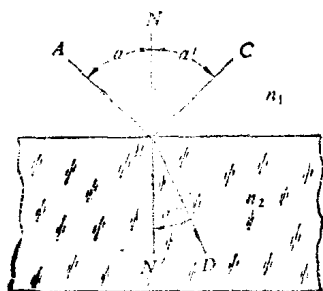


图1-10 光的折射定律

折射定律告诉我们：折射光线 BD 位于入射光线 AB 和法线 NN' 所决定的平面内，而且 AB 与 BD 分别居于法线的两侧；入射角的正弦与折射角的正弦之比，对于给定的两种物质而言为一常数，用公式表示成：

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \alpha''} = \frac{n_2}{n_1}$$

式中 α ——入射角；

α'' ——折射角；

n_1 ——第一种介质的折射率；

n_2 ——第二种介质的折射率。

第二章 光学零件及其用途

本书所要介绍的放大镜、望远镜、显微镜、照相机等。它们都是由不同形状、不同数量的光学零件组成的。为了使

读者了解各种常用光学仪器的特点，并且能正确地使用它们，本章扼要介绍常用光学零件的形状和用途。

一、平面镜

平面镜在光学仪器中应用很广。凡是利用光的反射和反射成象原理的光学仪器，其中必定有平面镜。

光学仪器中平面镜主要是用来改变光线传播方向的，当然有少数也用来当镜子。

平面镜有金属和玻璃之分。一般说来，这两种材料的平面镜都应经过很好地抛光并具有很好的平面性。但当只用平面镜的一个外反射面时，其厚度允许有一定的楔性差。

平面镜的反射层可用银或铝镀成。在玻璃平面镜中，反射层有外反射和内反射之分。银层的反射系数为94~96%，铝层的反射系数为85~90%。因为银易被氧化和损坏，故银层只能镀在平面镜的内反射面上。这样，银层的一面有玻璃的外表面保护，而另一面有铜层和保护漆保护。铝层的稳定性很好，可用来镀平面镜的外反射面。铝层用无色漆保护。另外，玻璃平面镜的本身还有全镀银和半镀银之分。前者只反射入射的光线，而后者既反射又折射。这样用半镀银平面镜便使我们有可能同时看到物体和分划板的影象（准直仪瞄准器就是基于这个原理制成的）。

平面镜的反射规律可由图2-1说明。下面来看看入射光线 AB 方向不变时，若将平面镜转动某一角度后，反射光线会发生什么变化。如图2-1所示，平面镜 MM 在水平位置时，入射光线为 AB ，出射光线为 BA' ，入射角为 α ，反射角为 α' 。若将平面镜顺时针转动 τ 角至 $M'M'$ 位置，此时入射光线仍是 AB ，而入射光线相对于转动后的法线 BC' 的角度为