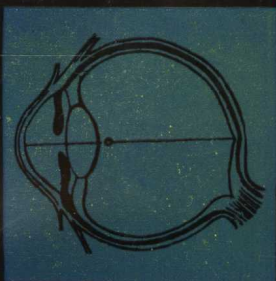
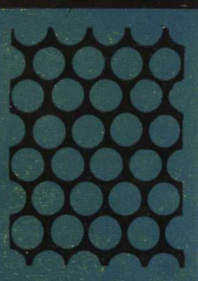


科学小实验丛书

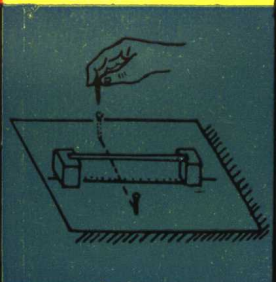


# 光学

## 小实验



上海科学技术出版社



KEXUEXIAOSHIYANCONGSHU

○48-33 2

《科学小实验》丛书

# 光学小实验

潘大勋 编

上海科学技术出版社

科学小实验丛书

# 科学小实验

潘大刚 编

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

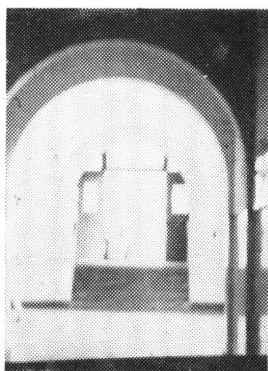
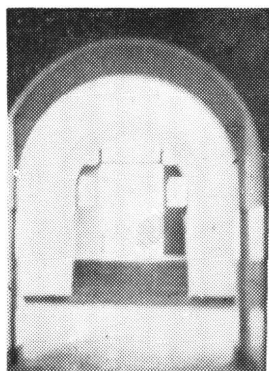
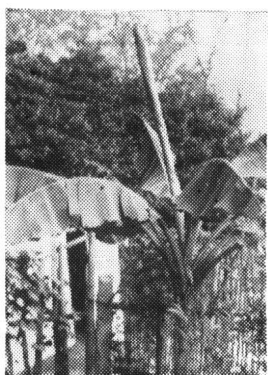
新华书店上海发行所发行 祝桥新华印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 4.375 字数 95,000

1987年2月第1版 1987年2月第1次印刷

印数: 1—2,800

统一书号: 13119·1391 定价: 0.71元



## 出版说明

**《科学小实验》丛书是一套以青少年为主要读者对象，以介绍简易科学实验为主要内容的普及读物。实验题材有趣，操作简便，原理浅显，插图生动。出版这套丛书的目的，是为了帮助青少年积极开展有益的实验活动，培养分析思考问题的能力，掌握基本的实验操作技能，从而激发起学习自然科学知识的广泛兴趣。同时，本书可供中小学校教师教学和指导学生课外活动时参考。**

**本丛书按动物、植物、化学、人体生理、磁学、光学、力学、电学等学科分册出版。**

**欢迎广大读者和学校教师对本丛书内容提出宝贵意见，提供建议，以便我们在再版时加以改进。**

# 目 录

## 1 光的直线传播和反射

|               |    |
|---------------|----|
| 平面镜.....      | 1  |
| 镜子的几何作图法..... | 5  |
| 反像镜和倒像镜.....  | 10 |
| 万花筒.....      | 13 |
| 万花园.....      | 16 |
| 凹面镜.....      | 19 |
| 凸面镜.....      | 23 |
| 全反射.....      | 26 |
| 全反射膜片.....    | 28 |

## 2 大气光学

|           |    |
|-----------|----|
| 虹.....    | 33 |
| 海市蜃楼..... | 37 |

## 3 自制简单光学仪器

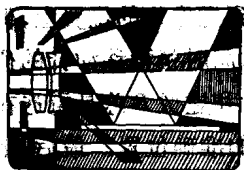
|            |    |
|------------|----|
| 透射幻灯机..... | 42 |
| 反射幻灯机..... | 47 |
| 单显微镜.....  | 51 |
| 潜望镜.....   | 55 |
| 天文望远镜..... | 58 |
| 荧光光路器..... | 63 |

## **4** 生理光学

|                |     |
|----------------|-----|
| 眼的视觉原理.....    | 67  |
| 空盒之谜.....      | 70  |
| 针孔视觉.....      | 72  |
| 狭缝窥景.....      | 75  |
| 光渗和视觉抑制.....   | 77  |
| 双目视觉效应.....    | 80  |
| 立体视觉.....      | 84  |
| 视觉后像.....      | 89  |
| 视觉暂留.....      | 91  |
| 颜色视觉.....      | 95  |
| 颜色视觉的反应速度..... | 98  |
| 盲点的测试.....     | 101 |
| 形像错觉.....      | 103 |
| 天体的错觉.....     | 108 |

## **5** 物理光学

|               |     |
|---------------|-----|
| 色散现象.....     | 112 |
| 光波的干涉.....    | 117 |
| 光波的衍射.....    | 121 |
| 光波的偏振(一)..... | 125 |
| 光波的偏振(二)..... | 131 |



# 光的直线传播和反射



## 平面镜

今天，玻璃镜子已经是家家户户的常用之物了。玻璃镜子最显著的一个特点是，它可以把镜子前的东西维妙维肖地反映出来，令人产生“逼真”的感觉。

那末，为什么镜子能把各种物体按照原样映照出来呢？现在让我们做个简单的实验来回答这个问题。

准备一块狭长的玻璃片，用两个开槽的木块作为支座，将

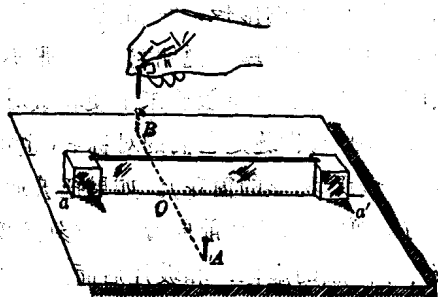


图 1-1



玻璃片嵌上。另外，在桌面上放一块木板，铺上白纸。纸上画好一条直线  $aa'$ ，然后将玻片的底边沿着这条线放上(图 1-1)。玻片有两个表面，应该将前表面的底边沿着直线，玻片背面要遮暗。用一枚大头针竖直地插在玻片前的任何位置  $A$  点上，隔着玻璃看去，立刻会看到后面有一个针的形像  $B$ ，这个形像称为“虚像”。接着取另一枚大头针，放到虚像  $B$  的位置上，但不要立刻插下，而是先让眼睛左右移动，同时稍稍移动针的位置，一直到眼睛从任何方向看去时，这针和虚像  $B$  总是重叠在一起，才可以把针插定。这就是虚像  $B$  的准确位置。最后，把玻片和两枚针除去，将  $A$ 、 $B$  两点连成直线，用三角板和直尺量一下，就知道  $AB$  和  $aa'$  垂直，并且  $OA = OB$ ，这里  $O$  点是两条线的交点。这就是说，镜面  $aa'$  恰好是物体和虚像的连线的垂直平分线。在几何学里，相对于  $aa'$  来说， $A$  和  $B$  称为一双“对称点”。如果因玻片较厚而出现双重虚像，则应以前面的一个像为标准。

如果玻片前面的物体不是一枚小针（小针只产生一个点的虚像），而是个比较大的物体；那末物体上的每一点都要在玻璃后面产生对应的点状虚像，而这许许多多点状虚像合在一起，就组成整个物体的虚像，它和原物也是处在对称位置上。现在我们再做一个实验来说明它，取一张不化水的厚纸，用浓墨在纸的半边写些字，乘墨迹未干便将纸对折，摊开以后就成为两个对称图形，折缝是它们的对称线（也可以将颜色纸对折用剪刀剪一朵对称形的窗花）。如果把玻璃片的边沿着折缝迭齐并与纸面垂直，再从前面看去，立刻发现玻片前面半幅图形在玻片中形成的虚像，和玻片后面的半幅图形处处吻合(图 1-2)。由此看来，虚像和原物很相象，主要是因为这两

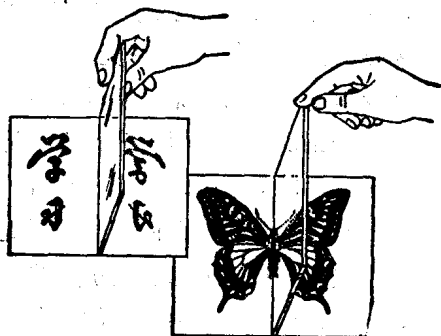


图 1-2

者能够迭合起来的缘故。

那末,虚像到底是什么东西呢?原来它是由于光线在平滑镜面上的反射作用以及人眼视觉的特点形成的。物理学的知识告诉我们,光线在同一种媒质里是沿着直线传播的,但是如果遇到光滑的平面——如镜子,它便会反射回去,并且遵守反射定律:“入射光线、反射光线分别地与反射面的法线交成相等的角度,并且这三条线还落在同一平面之内。”图 1-3 就表

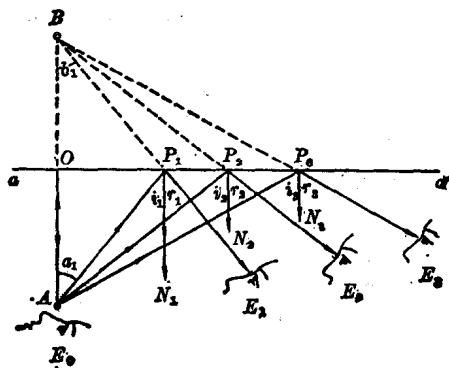


图 1-3

示了这个平面： $aa'$  代表反射面(镜子)的位置，假定  $A$  是镜子前面的一个发光点，它向四面八方发射光线，这些光线碰到镜面就一条条按照反射定律反射回来，所以人眼不管在什么位置上都能够接受到一条反射光。可是为什么眼睛却老是觉得这个光源藏在镜子背后的  $B$  点呢？原来人眼有一种长期形成的习惯，由于在一般情况下物体对眼产生的视觉是由发光点或被照亮物体所发光线直接进入瞳孔所引起的，在镜面反射的特殊情况下，眼睛仍旧沿着反射光线的方向来估计发光点位置。如果沿着反射光线笔直地朝镜背后延长过去，就可到达  $A$  的对称点  $B$  (虚像点)。至于发光点  $A$  和虚像  $B$  关于镜面  $aa'$  是对称位置这一点，是能够用反射定律证明的，中学物理课本都有叙述。

虚像的视觉应该用眼的生理作用来解释，任何物体反射的光线在进入眼球后，经过水晶体和眼球内液体的折射，会在视网膜的黄斑上形成个小小的像——如同照相机在胶片上成像一样。图 1-4 中发光点  $A$  的光线在镜面  $aa'$  上拐了个弯，再射进眼球并在视网膜上形成像  $I$ ；如果把镜面  $aa'$  拿掉而把

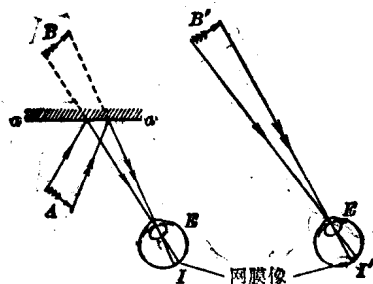


图 1-4

发光点 $A$ 放到原来虚像 $B$ 的位置上，视网膜上就产生完全相同的像 $I'$ 。人的视神经点决定于视网膜的像，它无法区别引起视觉的光是直射来的还是反射来的，所以人感到镜中虚像也是逼真的。

## 镜子的几何作图法

学过平面几何学的读者都知道，作图所使用的仪器限制为直尺和圆规。但是根据光的反射定律，我们可以用一块半透明的镜子来求解一些几何作图题，因而可以避免使用直尺和圆规，但是本文方法的依据，仍旧是欧几里得几何学的公理：  
(1) 用已知点做中心，已知长度为半径，可以画一个圆周。  
(2) 两点决定一直线。(3) 一直线可以任意延长。

准备一块矩形的小镜子，宽度2~3厘米，长度4厘米以上。用小刀轻轻地将背面的保护漆刮去，留下白色的银膜，用棉花蘸着湿的去污粉在银膜面上均匀轻擦，让膜面稍微有些透光，使得从镜子正面看到的虚像亮度，和从镜背后透射过来的景物亮度大体相仿，这就合乎使用要求了。如果制作或取材有困难，也可以用普通的薄玻璃片(厚度1.5~2毫米)代替，但作图的时候玻片背后要遮黑一些。在作图过程中容许用铅笔尖沿着镜边画辅助线，或画出虚像位置。

[问题一] 设 $AB$ 是已知线段，求它的垂直平分线。

作图法：将镜片竖立，使棱边放近 $AB$ 线中点，并使镜面约略和这条线垂直(图1-5)。这时，从镜的一面看去，可以同时看到镜前的一段直线 $OA$ 在镜后形成的虚像 $OA'$ (反射)和镜后的一段直线 $OB$ (透射)。将镜身横移和转动，一直到

不论从哪方向看去时， $OA'$  和  $OB$  都重合为止；这时沿着银膜面的棱边用铅笔画一条线  $aa'$ ，这就是所求的垂直平分线。

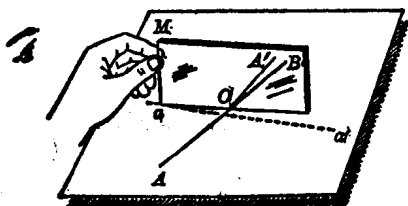


图 1-5

〔问题二〕 通过已知点  $P$ ，作已知直线  $AB$  的垂直线。

作图法：将镜片竖立，一角与  $P$  点重合，镜身与已知线  $AB$  相交(图 1-6)。以一指按住  $P$  点处的镜角，使镜子围绕这条边旋转，直到  $OA$  的虚像  $OA'$  和  $OB$  重合为止(不论在哪个位置上看去都要这样)。这时，沿着镜棱画出  $Pa'$ ，就是所求的线。

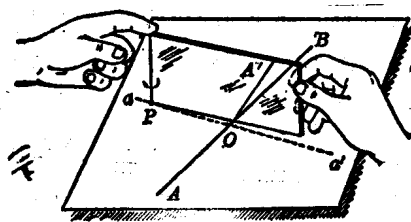


图 1-6

〔问题三〕 求已知角  $\angle AOB$  的二等分线。

作图法：将镜的一角放在角的顶点  $O$  上，并使镜片竖立，棱边  $OM$  落在  $\angle AOB$  里(图 1-7)。从镜一面看去，看到镜前

的角边  $OA$  的虚像  $OA'$  (反射), 以及另一角边  $OB$  (透射)。将镜身绕  $O$  点旋转, 使得  $OA'$  和  $OB$  从任何位置看去都重叠。这时镜身的位置  $Oa'$  就是所求的线。

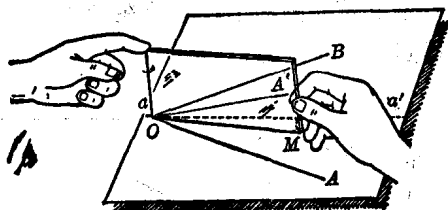


图 1-7

〔问题四〕 求已知三角形  $ABC$  的外接圆心和内接圆心。

作图法: 按照问题一的方法, 依次求得三边  $AB$ ,  $BC$ ,  $CA$  的垂直平分线, 它们的公共交点  $O$  就是外接圆心 (图 1-8a)。又按问题三的方法作三角形三个内角的平分线, 它们的公共交点  $I$  就是内接圆心 (图 1-8b)。

〔问题五〕 过已知点  $P$ , 作已知圆  $O$  的切线。

作图法: 先将点  $P$  和圆心  $O$  连成直线, 按照问题一的方

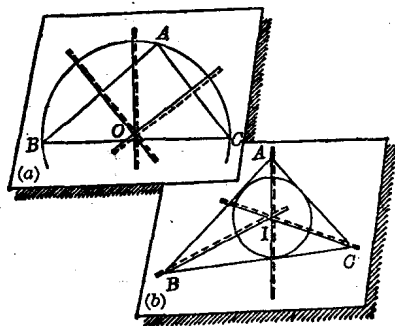


图 1-8

法求出它的中点  $S$  (图 1-9)。再将镜角放在  $S$  点上,使镜身绕着  $S$  点旋转,从  $P$  点一方看去时,就看到  $P$  点的虚像  $P'$  在一段无形的圆弧上移动。当镜身旋转到某一位置  $SM'$  时,  $P$  的虚像  $P''$  恰好落在圆周上,用笔在镜背后记下这点,联结  $PP''$ ,就得到所求的切线。

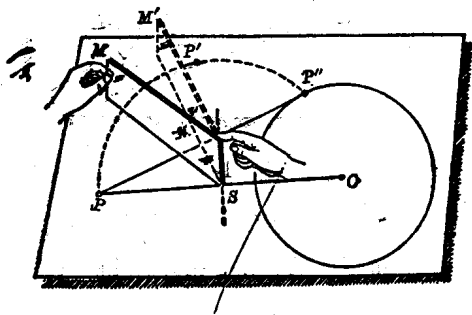


图 1-9

〔问题六〕 求位于一直线上的线段  $AB, BC$  的比例中项。

作图法:先按照问题二的步骤过  $B$  点画一条与  $AC$  垂直的线  $l$ ,再按照问题一的步骤找到  $AC$  的中点  $S$ ;将镜角放在  $S$  点,眼睛从  $A$  点一侧望去看到  $A$  的虚像  $A'$ ,将镜片垂直地旋转使  $A$  的虚像  $A'$  落在  $l$  上面,并交于  $A''$ ,记下  $A''$  点,  $A''B$  就是  $AB, BC$  的比例中项(图 1-10)。

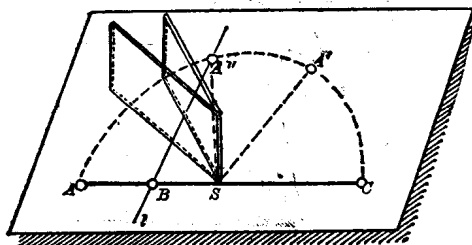


图 1-10

〔问题七〕 已知线段  $AB$ ,  $CD$  和角  $E$  的大小和位置, 求作一个以这两线段为邻边并且以这角为夹角的三角形。

作图法: 将镜片放在位置  $M$  上(图 1-11), 使线段  $AB$  的一端  $A$  的虚像和角  $E$  重合, 同时记下  $B$  的虚像  $B'$ 。同样将镜片放在另一位置  $M'$  上, 使  $C$  与  $E$  重合, 同时记下  $D$  的虚像  $D'$ ; 最后用前面的旋转法将  $B'$  移到角边的  $D''$  点,  $B'$  移到另一角边上的  $D''$  点,  $\triangle EB''D''$  是所求的三角形。

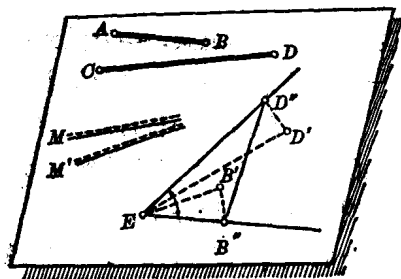


图 1-11

〔问题八〕 找出一个已知圆周的圆心。

作图法: 将镜片垂直放在大约是直径的位置上, 眼睛可看到镜前半圆的虚像  $S'$  和镜后的半圆  $S$  (图 1-12), 调节镜身

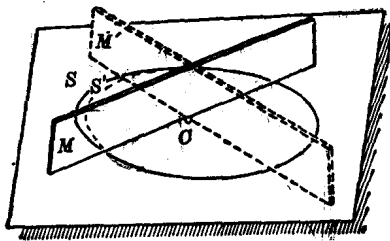


图 1-12



使两者重合并画出镜身位置，将镜片依垂直轴转过一直角后再确定另一镜身位置，所得交点就是所求的圆心。

要使上述各实验有较好的精确度，每次都要使镜片垂直，并将镜背后适当遮黑增加反射光。

## 反像镜和倒像镜

我们现在已经弄懂了虚像和实像形状相同的原因。不过，如果你站在穿衣镜面前仔细观察，会发觉到镜子里的像和原物还是有些不一样。原来，像是左右反置着的。比如拿本书在镜子前展开，在镜中就看到一行行的反字。又比如，你在镜子里看到自己的形像，和旁人直接看到的形像也有所不同，好在人脸是左右对称的，人们并不在乎。

能不能设计一种镜子，使虚像的方向和实物完全一样呢？这种镜子是有的，而且做起来非常简单，划两块同样大小的矩形镜子，四周镶上木框，用铰链把两块镜子装成像日记本那样

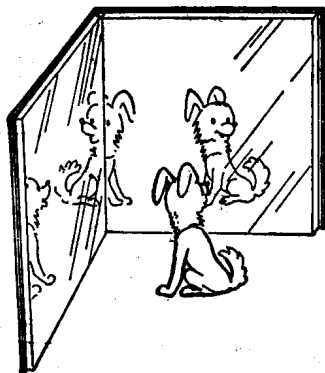


图 1-13