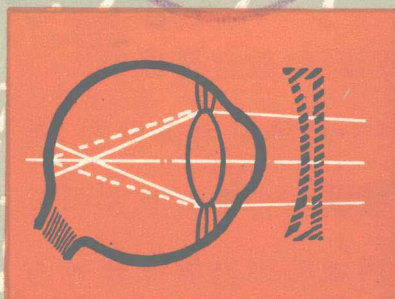
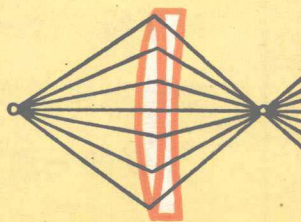
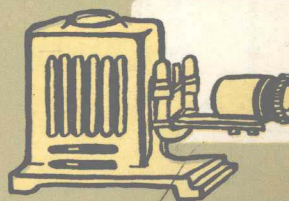


科学小实验

《科学小实验》编写小组编



光学



上海人民出版社



13(2)

23

科学小实验

光 学

《科学小实验》编写小组 编

毛主席语录

你要有知识，你就得参加变革现实的实践。你要知道梨子的滋味，你就得变革梨子，亲口吃一吃。你要知道原子的组织同性质，你就得实行物理学和化学的实验，变革原子的情况。

如果要直接地认识某种或某些事物，便只有亲身参加于变革现实、变革某种或某些事物的实践的斗争中，才能触到那种或那些事物的现象，也只有亲身参加变革现实的实践的斗争中，才能暴露那种或那些事物的本质而理解它们。

毛主席语录

马克思主义的哲学认为十分重要的问题，不在于懂得了客观世界的规律性，因而能够解释世界，而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

重 版 说 明

《科学小实验》是一套以青少年为读者对象，以介绍简易的科学实验为主要内容的读物。它原由上海科学技术出版社于1964年11月出版。

过去，由于叛徒、内奸、工贼刘少奇顽固推行反革命修正主义出版黑线，使科学普及读物走上了宣扬“知识万能”、“技术第一”的邪路，不宣传伟大的毛泽东思想，不坚持无产阶级政治挂帅，脱离三大革命运动。社会主义的科普阵地，尽让封、资、修的黑货充斥，严重地毒害青少年。在无产阶级和资产阶级进行激烈搏斗的阶级斗争大风浪中，《科学小实验》也不例外地存在不少错误，因而在无产阶级文化大革命中受到了应有的批判。

最近，我们根据广大青少年读者的反映和要求，感到有必要在革命大批判的基础上，对这套书进行一次修订，以应青少年读者对科普读物需要之急。为此，我们摒弃了原书中错误的部分，增加了联系生产实际的篇幅，并且介绍了有关我国工人阶级、贫下中农和革命的科学工作者的发明创造以及我国科学技术的最新成就等方面内容，期望使这套书尽可能地为无产阶级政治服务。

我们希望，通过简单的实验、观察、分析、说理和联系生产实际，不仅使读者从亲自参加的实验活动中更亲切地获得知识，从感性认识提高到理性认识，从而能够去认识自然、解释自然，而且更重要的是希望能够启发读者继续在以后的实际

生产中不断实践，去改造自然、征服自然，在与自然界作斗争的过程中能“有所发现，有所发明，有所创造，有所前进”。

尽管我们在修订时作了努力，但由于我们学习毛泽东思想不够，时间也仓促，书中一定存在不少缺点和错误。况且，我们这样的修订，是否符合三大革命运动的要求，尚须在实践中检验。所以，我们竭诚希望广大工农兵和革命的青少年读者，提出批评，以便今后改进，从而使这套书在群众性科学实验活动中，能发挥作用。

编 者 一九七一年三月

目 录

1 光的直线传播和反射

针孔成象	1
平面镜成象	4
反象镜和倒象镜	8
万花筒	10

2 光的折射和全反射

光线怎样折射?	14
凸透镜聚光的特性	17
实象是怎样形成的?	20
透镜的缺憾——球面象差	24
透镜的缺憾——色差	27
“空气膜”总是透光的吗?	29

3 自制光学仪器

透射式幻灯机	35
显微幻灯机	39
袖珍单显微镜	41
反射式幻灯机	46
筒式天文望远镜	47
潜望镜	51
萤光光路器	55

4 眼的构造和视觉

眼睛怎样看清楚东西?	59
近视眼和远视眼	62
立体视觉和立体镜	64



…………光的直线传播和反射

针 孔 成 象

在阴暗的房间里，例如仓库、贮藏室、古老房屋等，如果有一面墙壁对着一个漏光孔隙或门缝，墙上往往会映出一幅不大的画面。这是室外景物的倒象，房间愈暗，就愈加鲜明。实际上，这种现象只是光线沿着直线传播的结果。照相机和放大机就是按这个原理制成的。伟大领袖毛主席教导我们：“任何知识的来源，在于人的肉体感官对客观外界的感觉，否认了这个感觉，否认了直接经验，否认亲自参加变革现实的实践，他就不是唯物论者。”因此，我们先做两个实验，然后说明它们的原理。

第一个是针孔照相机：准备一个比较大的硬纸盒(图 1)。将它的一端开成一个大方口，这一端进去一些的部位嵌一片毛玻璃，粗糙的一面面向外。盒的另一端用缝衣针戳一个圆孔，直径大约 0.5~1 毫米。盒子的其他漏光缝隙全部用纸条贴没。这

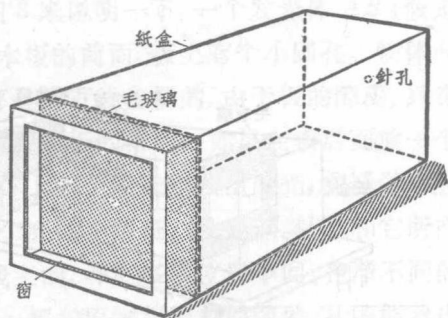


图 1

样，一个针孔照相机就制成了。

观察的时候，将盒子放在室内比较暗的地方，使针孔迎对着明亮的窗口。于是，毛玻璃上就映出窗外景物的倒象。如果要在室外观察，盒子里的毛玻璃还要装进去一些，并且要设法不让光线射到开口的一端上。倒象的尺寸是和针孔离景物的距离成比例的，并且也和盒子的深度成比例。如果拿着盒子向目标走去，倒象就逐渐大起来。倒象的清晰程度和针孔的大小有关，孔愈小，象就愈清楚，但是会变得暗一些。

第二个是针孔幻灯：准备一只比较长的大纸盒(图2)，将它的两端都剪成开口。在盒子中间嵌一块硬纸板，纸板和盒壁连接的地方用纸条全部封没，并且在纸板正中央戳一个针孔。盒子的两端都要装上一片毛玻璃。再在盒子的两个侧壁上各开一条竖槽，宽度在2毫米左右，长度大约是盒子高度的三分之一或四分之一。竖槽的位置靠近毛玻璃，还应当上下居中。另外准备一条狭长的玻璃片，厚度和阔度要与竖槽相称，玻璃上画几幅图画当作幻灯片用。

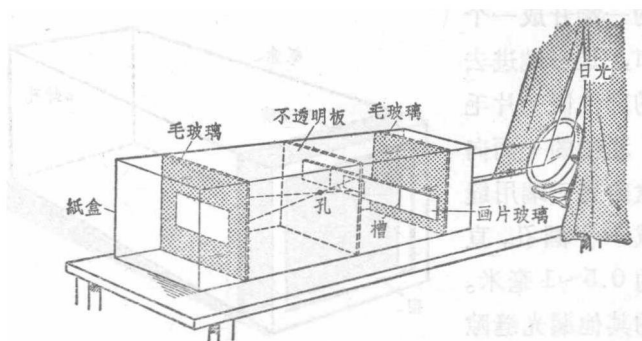


图 2

表演时，将房间遮暗些，盒子在桌上放平，另外用一面镜子将日光反射到近画面一端的毛玻璃上。然后将画片颠倒过来从侧槽插进盒内。这时，我们就看到盒子另一端的毛玻璃上有放大的图象出现。放大的倍数恰好等于针孔到两端距离的比率。照相馆里用的放大机的构造基本上是和这个针孔幻灯一样的。

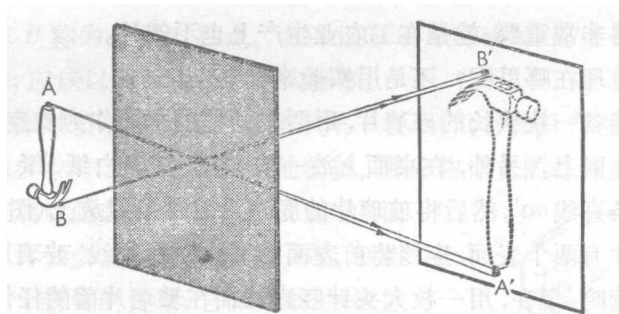


图 3

上面两个实验的原理是相同的，都显示了光依着直线传播的性质。现在再用图 3 来说明一下：一个发光体 AB （假定它是发光体）放在一块木板的前面，板上有个小圆孔。物体向四面八方发出的光线都是依直线传播的，由于板的障碍，只有一部分能够穿过小孔而到达板的背后，如果在板后面放一个白色的屏幕。那末，物体上每个发光点发出的光，在通过小孔以后，就在屏上产生一个亮的小圆斑。发光点、针孔和它所产生的圆斑是在一条直线上的，许许多多位置不同、色泽不同的圆斑拼凑起来，就构成一幅和原物很相象的图象，从图能看出象和原物的尺寸比例，是和它们到孔的距离的比例相等的。

平面镜成像

“中国是世界文明发达最早的国家之一”，早在公元前三、四百年，我国劳动人民已经能铸造青铜镜。现在我们使用的镜子是在玻璃板上镀一层银子，再加一层底漆制成的。镜子能将各种物件按照原样映照出来，所以它不仅在人们的生活中显得非常重要，就是在工农业生产上也不例外。

道理在哪里呢？还是用实验来回答吧！

准备一块狭长的玻璃片，用两个开槽的木块作为支座，将玻璃片嵌上。另外，在桌面上放一块木板，铺上白纸，纸上画好一条直线 aa' ，然后将玻璃片的底边沿着这条线放上(图4)。玻璃片有两个表面，应该将前表面的底边沿着直线，玻璃片背面要遮暗。现在，用一枚大头针竖直地插在玻璃片前的任何位置 A 点上，隔着玻璃看去，立刻会看到后面有一个针的形象 B ，这个形象称它为虚象。接着取另一枚大头针，放到虚象 B 的

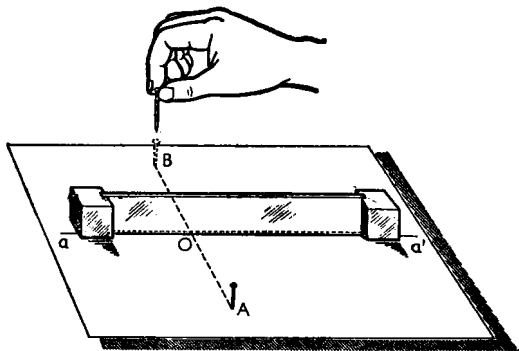


图 4

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,这针和虚象 B 总是重叠在一起,才可以把针插定。这就是虚象 B 的准确位置。最后,把玻璃片和两枚针除去,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' 恰好是物体和虚象的连线的垂直平分线。在几何学上,相对于 aa' 来说, A 和 B 称为一双对称点。如果因玻璃片比较厚,出现了双重虚象,应该以前面的一个象为标准。

如果玻璃片前面的物体不是一枚小针(小针只产生一个点的虚象),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象,而这许许多多点状虚象合在一起,就组成整个物体的虚象,它和原物也是处在对称位置上。我们再做个实验来说明它(图 5)。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。如果

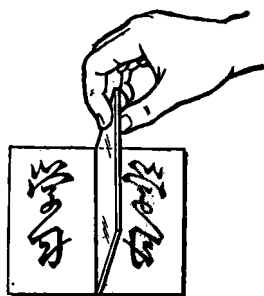


图 5

把玻璃片的边沿着折缝迭齐并与纸面垂直,再从前面看去,立刻发现玻璃片前面半幅图形在玻璃片中形成的虚象,和玻璃片后面的半幅图形处处吻合。由此看来,虚象和原物很相象,主要是因为这两者能够迭合起来的缘故。

镜子成的虚象和原物是对称的,这可用光的反射定律来说明。光的反射定律告诉我们:反射光线位于入射光线和通过入射点的法线(镜面的垂线)所确定的平面内,它和入射光

线分居于法线的两侧，并且反射角（反射光线和法线的夹角）和入射角（入射光线和法线的夹角）相等（图 6）。根据这个定律可以证明（图 7），从 A 点发出的三道光线（实际上向四面八方发光，我们只画了三道） AO 、 AP 、 AP' 经反射后，反射光线 OA 、 PQ 、 $P'Q'$ 的延长线必相交于一点 B ，并且 $\overline{BO} = \overline{AO}$ ， B 点就是 A 点的象。

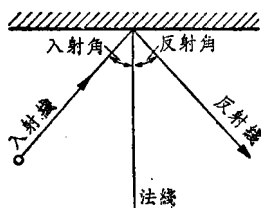


图 6

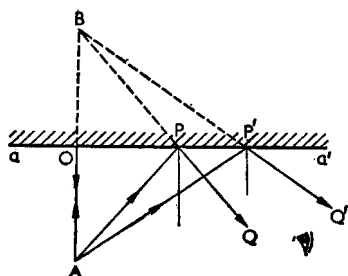


图 7

需要注意，虚象 B 并不是实在光线的会聚点。我们人眼有这样一种习性，不管光线经过怎样的曲折射来，它永远感到射入的光线是发光体沿着直线传过来的。因此尽管物体的光线经过一次反射再传进眼睛，我们却感觉这光线好象是从镜后的物体发出来的，而事实上镜后 B 处并不存在发光的物体。

利用平面镜成像的对称性，我们可以不用圆规和直尺，来解答一些几何作图题。只需要准备一块矩形小镜子，宽度 2~3 厘米，长度 4~6 厘米，先用小刀轻轻地将背面的红色底漆刮去，留下白色的银膜，再用棉花蘸上湿的牙粉（或去污粉）在银膜上均匀地轻拭，使银膜更稀薄些。这样，镜子就起着一半透光、一半反光的作用。洗净晾干之后，就能应用。下面我们举两个例子。

例一，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 8）。这

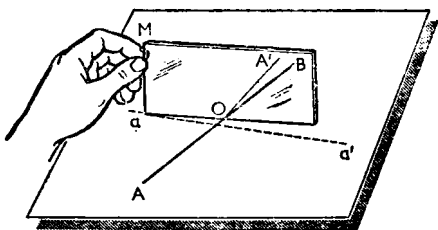


图 8

时，从镜的一面看去，可以同时看到镜前的一段直线 OA 在镜后形成的虚象 OA' （反射）和镜后的一段直线 OB （透射）。现在将镜身横移和转动，一直到不论从哪一方向看去时， OA' 和 OB 能永远重迭为止；这时沿着银膜面的棱边用铅笔画一条线 aa' ，这条线就是所求的垂直平分线了。

例二，求已知角 $\angle AOB$ 的二等分线。

作图法：将镜的一个角隅放在角的顶点 O 上，并使镜身竖立，棱边 OM 落在 $\angle AOB$ 里面（图 9）。从镜一面看去，看到镜前的角边 OA 的虚象 OA' （反射），以及另一角边 OB （透射）。现在将镜身绕 O 点旋转，使得 OA' 和 OB 从任何位置看去都能重迭。这时镜身的位置 Oa' 就是所求的线。

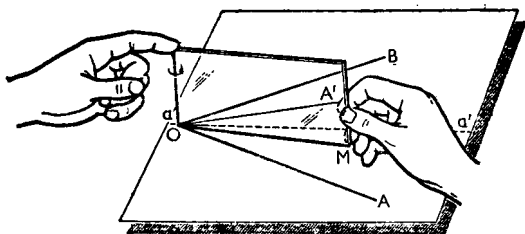


图 9

反象镜和倒象镜

你大概会承认，镜子里的象总是和原物一样的吧！但是，如果仔细观察一下，却又会感到有不一致的地方：不管你将镜子怎样安放，镜子里的象总是和原物左右相反的。拿镜子照脸，不觉得有什么不顺眼，因为脸本来是左右对称的。但是，如果用来照左右不对称的东西，象书本上的字句之类，那就很不顺眼，也不切实用。

有没有补救的办法呢？能不能设计一种镜子，使虚象的坐向和实物完全一样呢？这样的镜子是有的，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

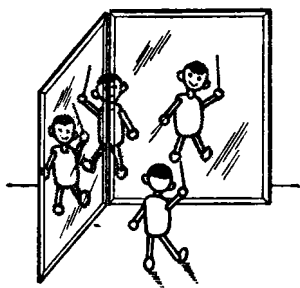


图 10

把两块镜子装成象日记本那样能自由开合（如要简单些，也可用厚牛皮纸糊在两镜背面，不过要在连接处留些空隙）。使用时将两个镜面摆成直角（图 10），把一个不对称物体正对着镜的折角放下，从后面一眼望去，就看到镜中有三个象：旁边的两个都是左右

反置的，而中间对正镜缝的一个象，却和原物完全一样。这样放法的镜子叫反象镜。

我们再用图 11 来说明它的道理。从物体（例如右手）发出的光，如果在第一面镜上反射后直接进入眼中，第一面镜中就有一个与原物左右相反的虚象。同样，如果还有光线在第二镜面上直接反射到人眼里，那就在第二面镜中有另一个左

右相反的虚象。但是，也有一些光线从物体发出后先在第一镜面上反射到第二镜面，然后从第二镜面上反射到人眼中。那样，情形就不同了，因为每反射一次，象就变更一次左右顺序，经过两次反射，顺序也变更两次，形成的“二次虚象”就和原物一样了。当然，光线如果先在第二镜面上反射一次，再从第一镜面上反射到人眼中，也会形成一个“二次虚象”，但是由于两镜交成 90° 角，两个“二次虚象”重叠在一起，就分辨不出了。如果使镜面交角小一些，就能看到两个错开的“二次虚象”。

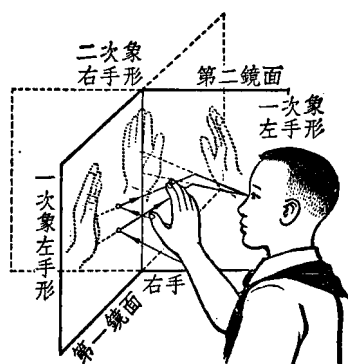


图 11

如果我们希望看到左右顺序相同，而上下颠倒的虚象，

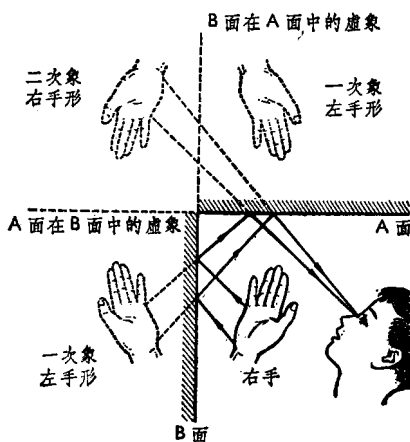


图 12

可以按照图 12 那样，将一面镜平放、另一面竖放就成了。这样放法的镜子叫做倒象镜。

象图 13 那样，把反象镜和倒象镜结合起来，那末镜中的“四次虚象”，就和把物体倒立过来一样。

在有的低倍数望

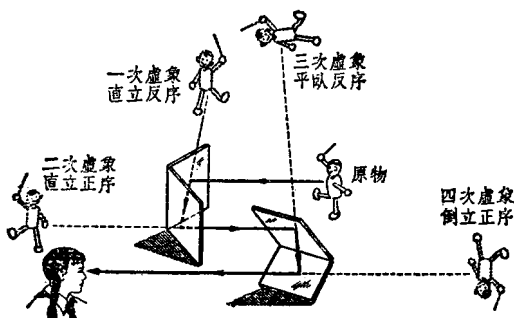


图 13

远镜里,为了从目镜中看到远处物体的正象,镜筒中装有两只直角棱镜(图 14),每一棱镜的直角面能把入射光全部反射,相当于一个镜面,两个棱镜的四个直角面就相当于图 13 的四个镜面,物镜所造成的倒象,经过此两棱镜后又成了形状和物体一样的正象。这个方法还能使镜筒的长度缩短。

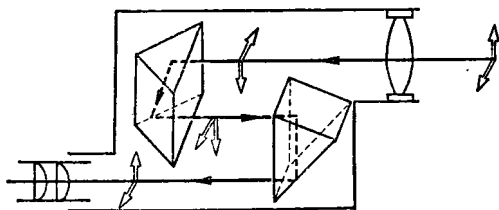


图 14

万 花 筒

万花筒是大家很熟悉的一种光学玩具。它是个小小的圆筒,从一端看去,可以看到筒底有接连不断的三角形网格,格