

物 和 像

WUHEXIANG

WUHEXIANG





中学生文库

物和像

汤诞元 宣桂鑫

版社

引 言

在遥远的宇宙飞船里，宇航员把电视摄像机对准人类的老家——地球。这时候，地球上的人们从荧光屏上看到一幅壮丽的图景：在漆黑的宇宙中布满繁星，地球象个蓝色的大铜锣悬在中间，蜿蜒的山脉和浩瀚的海洋隐约可见。这是地球的“像”，它使我们看到了地球的庐山真面目。

生物学工作者借助高倍率的显微镜研究细胞的构造。天文学工作者从巨大的天文望远镜里观察天体的运动。电视机修理员借助于平面镜的反射，即使在机件的背后，也能正确地判断电视图像质量的优劣。汽车驾驶员通过凸镜的反射，可以了解周围的情况，避免行车事故。钟表工人依靠放大镜，能够装配肉眼无法看清楚机件的。教师在学校里使用幻灯机或投影仪等电化教具上课。我们在课余时间常常观看电影或电视……这一切都有“像”的功绩。

在自然科学的领域里，人们可以借助各种光学仪器，深入地探索大自然的奥秘，像——这个人们所熟悉的“朋友”，不但能够帮助你加深对自然界的认识，而且还能从各方面丰富人类的生活内容。

那么，像究竟是什么？它是怎样形成的？它怎样为观察者所见？物与像之间的关系如何？它如何为人类服务？下面将分别予以讨论。



目录

ZHONG XUE SHENG WENKU

引 言

第一章 物点与光束 1

1. 光线代表什么? 1
2. 光线与光束 2
3. 光能量的传播 3
4. 光束看得见吗? 4
5. 宇航员观察到的奇景 6
6. 几何光学的基本定律 6
7. 光的折射定律是谁确立的? 7
- 习题一 7

第二章 平面镜所成的像 9

1. 是九点钟还是三点钟? 9
2. 像点是反射光束的顶点 9
3. 一个简单的关系 11
4. 平面镜的成像规律 12
5. 互成直角的双平面镜成像的情况 14
6. 平面镜的镜像和弹性碰撞 15
7. 平面镜在技术上的应用 17
- 习题二 19

第三章 球面镜所成的像21

1. 太阳灶里太阳的像21
2. 从平面镜到凹镜21
3. 探照灯的原理23
4. 打不碎的电灯23
5. 物点和像点的区别是什么?.....25
6. 实像和虚像的区别是什么?.....25
7. 人眼为什么可以看到虚像?.....26
8. 凹镜成像作图法27
9. 凹镜公式及其成像规律30
10. 凸镜成像33
11. 实物和虚物33
12. 反射式天文望远镜中的像37
- 习题三.....40

第四章 平面界面上的折射43

1. 杯子里的硬币43
2. 折射率的物理意义43
3. 用圆规和量角器求折射角46
4. 玻璃和棱镜所成的虚像47
5. 是真太阳还是假太阳?.....49
6. 虹霓是怎样形成的?.....51
7. 全反射和临界角53
8. 潜水员观察到的景象54
9. 全反射棱镜55
10. 光导纤维57

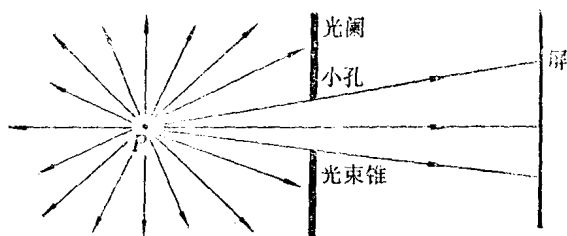
11. 海市蜃楼与全反射	59
习题四	60
第五章 透镜所成的像	63
1. 凸透镜为什么能会聚光束?	63
2. 薄透镜	64
3. 凸透镜的主焦点与焦平面	64
4. 凸透镜成像作图法	67
5. 三条光线相交吗?	74
6. 凸透镜公式和成像规律	74
7. 凹透镜所成的像	75
8. 调焦	79
9. 凸透镜一定是会聚透镜、凹透镜 一定是发散透镜吗?	80
10. 形形色色的透镜	81
11. 透镜的变异	82
12. 倒装的望远镜	86
13. 球面像差	87
14. 色差	88
15. 薄透镜组	89
习题五	95
习题答案与提示	98

第一章 物点与光束

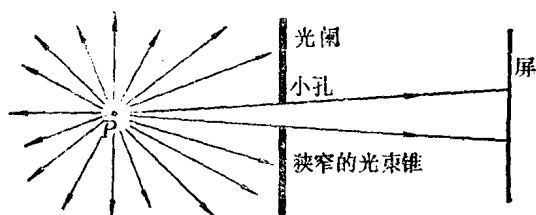
1. 光线代表什么？ 在讨论物像关系时，人们常喜欢用光线的概念描述光的传播。特别是画光路图时，利用光线作图比较直观而且方便。但光线究竟是什么呢？有的人就比较模糊，甚至有人认为真有这种“线”存在。下面我们来做一个实验，看看光线是否真能存在。如图 1-1 (a) 所示，借助于一个光阑*从实际光束中分出一个狭小部分，当光阑小孔足够小时，在光阑与屏之间有一束光锥，锥体左端细而右端粗。越将小孔尺寸缩小，则光束锥越趋狭窄。按想象，当小孔的尺寸缩至很小时，光束锥的左右两端可近似地看作一样大，如图 1-1 (b) 所示，好象能够得到跟几何中直线一样的光线了。但事实并不如此。实验表明，如果使光阑小孔的尺寸缩小到足以跟光波的波长相比拟时，将会发生衍射现象，在屏上出现衍射图案，如图 1-1 (c) 所示，这时光就不按直线方向传播了。所以，只有在衍射不显著的情况下，才能用光线的概念描述光的传播。上述实验说明不可能得到象几何中直线一样的光线，因此光线只是一种数学抽象而已。

我们也可以根据光的波动说来理解光线：光线是波面的法线，它是假想的线，永远跟波面垂直。根据电磁说，光线则

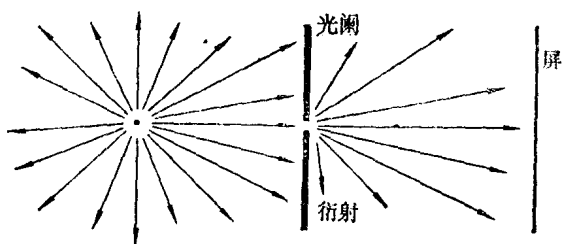
* 面镜、透镜的边框或带孔的屏。这里指带孔的屏。



a) 利用光阑获得光束



(b) 当光阑缩小时光束变窄



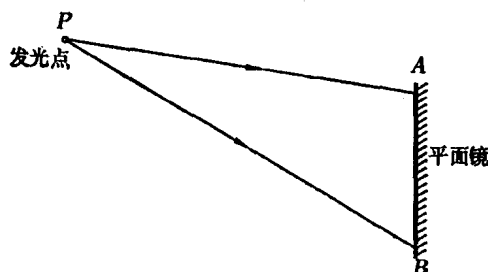
(c) 当小孔足够小时出现衍射

图 1-1 要获得几何直线那样的光线是不可能的

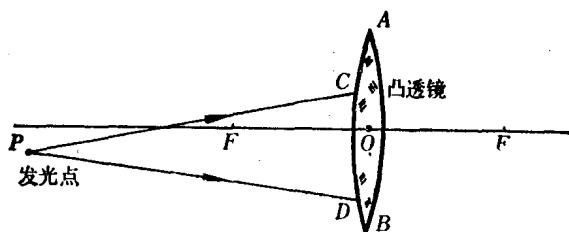
是电磁波传播的方向。不管怎么说，光线只是表示光的传播方向。

2. 光线与光束 在实际问题中，发光点发射的光是向所有方向传播的，但射到某一具体的镜面时，只取入射面的这一部分进行研究，由图 1-2 (a) 可知，它是一种锥形光束

PAB , 光束的顶点 P 就是发光点。这种光束是发散的, 所以也叫**发散光束**。光束的边界线 PA 与 PB 都是直线, 如果把这两条直线看作光线的话, 那末这两条光线就是这个光束的边界。有时, 为了方便, 可以如图 1-2(b) 所示, 只取射向镜面的一部分光束 PCD 进行研究。实际上, 光的传播过程是光能量的传播过程, 而光能量只能存在于光束之中, 不可能存在于光线之中。引起光跟其他物质之间的作用的正是光能量, 所以从能量的意义上看来光束的概念比光线更重要。当然在作光路图时, 用光线来表示光束的传播方向则比较方便。



(a) 发光点 P 射向平面镜 AB 的发散光束



(b) 发光点 P 射向凸透镜 AB 的发散光束

图 1-2 光 束

3. 光能量的传播 前面已经讲过, 光束的传播过程, 实际上是光能量的传播过程。图 1-3 为光束在媒质中传播的

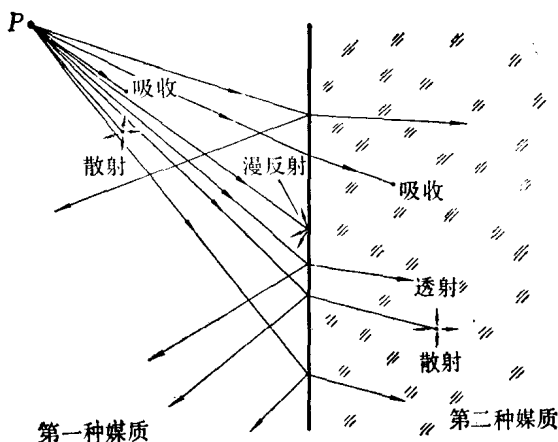


图 1-3 光能量传播示意图

示意图。由图看出,光束在媒质中传播时,其中一部分能量为媒质所吸收或被媒质分子向各个方向散射,其余的能量继续向前传播。当光束传播到两种媒质的界面上时,一般说来,其中一部分能量被界面反射、散射或吸收,余下的部分将越过界面进入到第二种媒质中去。光在第二种媒质中传播时,能量也要被吸收或散射。至于各部分光能量的分配则取决于两种媒质的性质,界面的光滑程度以及光射到界面上的角度。

4. 光束看得见吗? 看电影时,可以看到一束变化着的亮光,由放映室墙壁的小孔穿出,透过混浊的空气射向银幕(图 1-4)。在薄雾天,也可看到阳光穿过云霞或密林,这时人们常常误认为是看见了光束。

光束果真看得见吗? 让我们来看图 1-5 所示的实验。在没有尘埃的暗室里,用手电筒以适当的角度照射平面镜,则在反射方向的屏上可以清楚地看到反射光束的光斑。可是,在

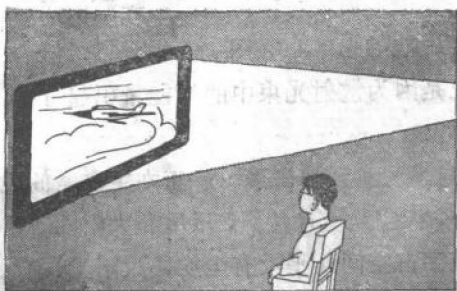


图 1-4 电影院里从放映室射向银幕的“光束”

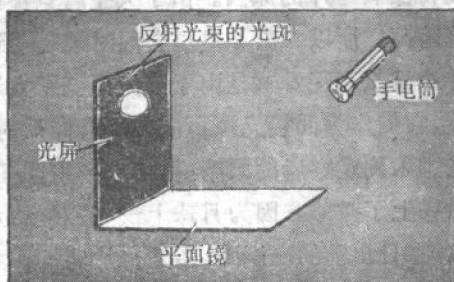


图 1-5 在没有尘埃的暗室内只观察到屏上的光斑,而看不见空间的光束

手电筒与平面镜之间或平面镜与屏之间却观察不到任何光束。图 1-4 与图 1-5 所显示的现象为什么不同呢？原来，人之所以能看到光，是由于发光点发出光束进入人眼，成像于视网膜上。如果发光点发出的光束并不进入观察者的眼睛，当然是一无所见了。在图 1-5 的实验中，观察者看不见光束，正是因为光束没有进入观察者的眼睛。

但当光束通过混浊物质（如含有尘埃或水汽的空气）时，由于尘埃或微粒的散射作用，光束行进的空间会显现出来。观察者所见到的并不是光束本身，而是无数被照亮了的尘埃微

粒。其中每一个尘埃微粒都作为间接光源向四周发射光束，这种光束叫做**散射光束**。在图 1-4 中观察者能看见一束照亮的尘埃，正是因为散射光束中的光能量引起了观察者的视觉。

5. 宇航员观察到的奇景 正在宇宙空间飞行的宇航员远眺窗外，天空是一片漆黑，星星和太阳同时出现在天空。这是由于在宇宙空间几乎没有尘埃，太阳光没有照射到任何物体上，所以就没有反射光和散射光进入宇航员的眼睛，这就是天空显得漆黑一片的原因。由于天空背景漆黑，星星不会被阳光遮盖掉，所以太阳和星星会同时被观察到。在地球上白天为什么这么亮呢？这是由于阳光照亮了大地、空气以及其它物体，它们作为间接光源再向各个方向反射或散射光，所有这些光进入到观察者的眼睛里，使人产生明亮的感觉。

宇航员登上了月球。因为月球上没有空气和水汽对阳光的散射，所以在日出前的一刹那，还是一片漆黑。当太阳刚一露面，阳光立即普照月面。太阳刚下山，月面又立即变成漆黑一片，完全没有昼夜交替的渐变过程。在丘陵和山岗的背阴处，即使在白天也是漆黑一团，人一走进黑影子里就不见了。跟宇宙空间一样，不论白天还是夜晚，天空永远是漆黑的，白天也能同时看到太阳和星星，这一切都说明，当光束在真空中传播时，即使光束就在眼前，只要它不进入眼睛，即光能量不跟视网膜发生作用，就不可能引起视觉。

6. 几何光学的基本定律 要解决几何光学中的成像问题，除了必须了解光线与光束的概念之外，还要了解几何光学中的三个基本定律。它们是：

(1) 光在均匀媒质中的直线传播定律。

(2) 光在通过两种媒质界面时的反射定律。

(3) 光在通过两种媒质界面时的折射定律。

这些定律只有在光束的波长比其截面的大小小得多的条件下才能成立。

这三个定律都是由实验直接得出的，但也可以从光学的某些基本原理导出。极值光程原理就是光学的一条基本原理。这条原理告诉我们，光总是沿着所需时间为极值(或光程为极值)的路径传播的。光在均匀媒质中或真空中传播时，可以用极值光程原理导出光的直线传播定律。光的反射定律或折射定律也能从这个原理导出。有兴趣的同学可以阅读有关的书籍。

7. 光的折射定律是谁确立的? 公元前 350 年，亚里士多德观察到光的折射现象。公元 120 年，著名的天文学家托勒玫，测定了当光由空气进入水时入射角 i 和折射角 r 的相应数值。开普勒在 1611 年发表了著作《折光学》，指出当光以小角度入射到界面时，折射角和入射角近似地成正比关系。至于折射定律的精确公式，则是斯涅耳和笛卡儿提出的。1621 年斯涅耳在他的一篇未发表的文章中指出，入射角的余割和折射角的余割之比是常数。我们现在所熟悉的用正弦函数表述的折射定律，则是笛卡儿在 1637 年左右提出的，他在推导这条定律时采用了光的微粒说，但微粒说后来被波动说取代了。

习 题 一

1. 光线与光束有什么关系?

2. 一个点光源向空间发射一束发散光束，此光束有多少

条边界线？为什么一般常说只有两条边界线？

3. 若发光体在无穷远，则射到某一镜面的光束将是怎样的？

4. 白天虽然阳光并没有直接射进房间里来，但仍然看见房间里各种不发光的物体，为什么？

5. 在大气层外观察宇宙，为什么见到的是一片漆黑？

6. 夜间汽车前灯或手电筒的光束有时看得很清楚，有时却看不清楚，这是什么道理？在怎样的条件下，能看得比较清楚些？这时人们观察到的“光束”真的是光束本身吗？为什么？

第二章 平面镜所成的像

1. 是九点钟还是三点钟？ 我们每天都使用平面镜，对于平面镜的成像问题，似乎不需要任何解释。但事情并不那么简单，一旦疏忽，有时也会闹出笑话。如果你粗心大意地通过平面镜观察挂在对面墙上的时钟，很可能把三点钟看成了九点钟。如果你从平面镜里观看物理课本的封面，也会感到不习惯。原来平面镜成的像和物，上下虽不倒转，左右却是互换的（图 2-1）。物在面镜中所成的像称为镜像。平时我们观看人像时，由于人本身是左右对称的，并不觉得别扭，而时钟或课本的封面，左右并不对称，看起来就有些不习惯了。

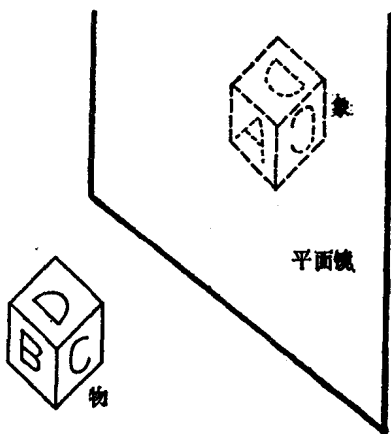
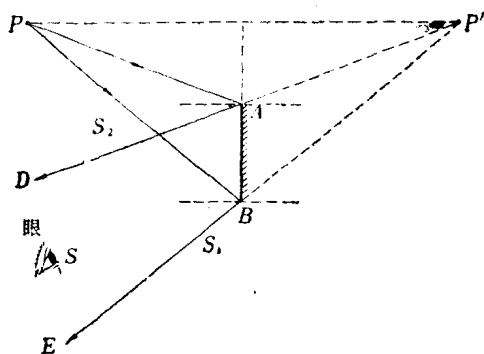
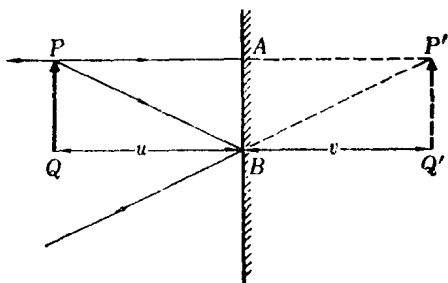


图 2-1 平面镜成的像和物是左右互换的

2. 像点是反射光束的顶点 为了进一步弄清物和像关系，首先要明确究竟什么叫像。如图 2-2 (a) 所示，在平面镜 AB 的左上方有一物点 P ，向平面镜投射一束入射光束



(a) P' 是 P 在平面镜 AB 中的像点



(b) $P'Q'$ 是 PQ 在平面镜中的像

图 2-2 像点和像

PAB , 当此光束传播到平面镜的镜面上时, 由于发生反射, 光束的方向将发生改变。将反射光束的两条边界线反向延长, 就能找到一个交点 P' , P' 是这个反射光束的顶点, 称为物点在平面镜中的像点。如果观察者的眼睛对着反射光束射来的方向, 由于人眼在习惯上总以为光是沿着直线传播的, 因此觉得物点好象就在平面镜的背后 P' 处。其实, P' 点是 P 的像点。图 2-2 (a) 中的反射光束 $P'DE$ 跟入射光束 PAB 一样也是发散光束。光束并不真正会聚于 P' 点, 也就是说光

能量的传播并不真正达到这一点,所以这个像点称为虚像点。由此可知,虚像点是反射的发散光束的顶点。所有的虚像点组合起来,就构成完整的虚像,如图 2-2(b)所示。

例题 如图 2-3 所示,在平面镜 CD 的前方有一线状物体 AB ,观察者的眼睛应在怎样的空间范围内,才能观察到整个物体的像?

解 由 A 点作一入射光束 ACD ,按反射定律作图,可得其经平面镜反射后的反射光束

$A'E'F'$,它只能在镜前的边界线 CE 与 DF 之间传播。同理,由 B 点出发作入射光束 BCD ,得其经平面镜反射后的反射光束 $B'G'H'$,它只能在镜前的边界线 CG 与 DH 之间传播。这样,只有在 CE 与 DH 两条边界线之间的空间范围内,才有从物体 AB 所有各点发出的经镜面反射后的光束传播,因此,眼睛只有在这个空间内,才能观察到整个物体的虚像 $A'B'$ 。

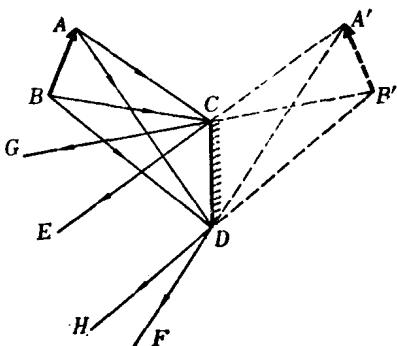


图 2-3 整个物体的像只能在一定空间范围内才能观察到

3. 一个简单的关系

入射光束和反射光束有一个简单的关系,下面通过三个例子来说明。

图 2-4(a) 所示为一发散的入射光束 PCD ,经平面镜反射后成像于 P' ,其反射光束 $P'E'F'$ 仍为一发散光束。在图 2-4(b) 中,入射的平行光束 $ABCD$,经平面镜反射后成像于无穷远处,其反射光束 $CDEF$ 仍为一平行光束。在图 2-4(c)