

初中

物理竞赛教程



CHUZHONG WULI
JINGSAI JIAOCHENG

贾广善 等编

江苏教育出版社

初中物理竞赛教程

贾广善 刘国钧主编

江苏教育出版社

初中物理竞赛教程

责任编辑 朱宝栋

出版发行：江苏教育出版社
(南京马家街31号，邮政编码：210009)
经 销：江苏省新华书店
印 刷：丹阳教育印刷厂
(丹阳市陵川绿岛北首，邮政编码：212300)

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 6.875 字数 167 800
1998 年 6 月第 1 版 1998 年 6 月第 1 次印刷
印数 1—10 200 册

ISBN 7—5343—3277—X

G·2983 定价：8.80 元
江苏教育版图书若有印刷装订错误，可向承印厂调换

编者的话

随着初中物理竞赛的深入开展,越来越多的师生迫切需要有关辅导书籍,以帮助他们从知识上及技能上做好充分的准备,从而在竞赛乃至升学考试中取得更好的成绩。为满足广大师生这方面的需求,我们编写了这本《初中物理竞赛教程》,把初中物理内容整理提炼后,分成12讲。每讲有知识要点的分析讲解,力求简明扼要;在知识广度上适当拓宽,所谓“拓宽”,是指多增加一些联系生产与生活实际的物理知识,而不是追求知识难度上的层层加码。每讲还包括典型例题的解析,即对有代表性的能帮助学生做到举一反三的例题给出详尽的思路分析,使学生从中学会解决物理问题的正确方法。每讲的后面都安排适量的练习题,这些练习题有不少就是近年的竞赛题精华,真正做到少而精。

由于本书有上述特点,使它不仅是一本既便于教又便于学的竞赛辅导教程,也是初三学生进行毕业复习的参考书。

参加本书编写的有贾广善、刘国钧、贾克钧、徐荣亮、宋世敏、叶平、余湛等七位老师。限于编者水平,本书疏漏之处难免,欢迎广大师生在使用过程中提出宝贵意见。

1996年12月

目 录

第一讲	光现象	1
第二讲	热现象(一)	20
第三讲	热现象(二)	32
第四讲	测量、质量和密度	49
第五讲	运动和力 声现象	63
第六讲	压强	76
第七讲	浮力	86
第八讲	简单机械 功和能	107
第九讲	电路	132
第十讲	欧姆定律	147
第十一讲	电功和电功率	169
第十二讲	电磁现象	191
参考答案		208

第一讲 光 现 象

一 知 识 要 点

(一) 光源、光束

本身能够发光的物体叫光源。太阳、恒星、萤火虫等属自然光源。电灯、蜡烛、电视屏幕等是人造光源。月亮、行星、卫星、电影屏幕不属于光源，它们本身不会发光，仅是反射了其他光源的光。

光束：一般分平行光束、会聚光束和发散光束(图 1-1)。太阳光一般可看作平行光束；点光源发出的光是发散光束；太阳光通过凸透镜后在焦点以前的光束是会聚光束。

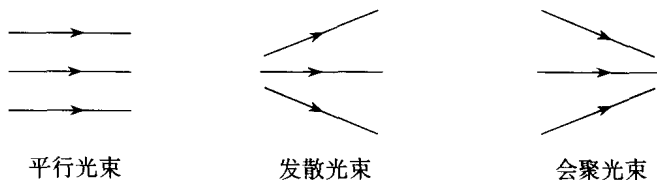


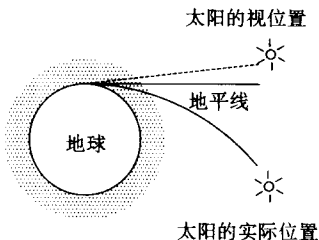
图 1-1

(二) 光的传播规律

1. 光的直线传播和光速

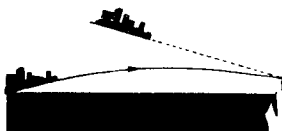
光直线传播的条件是：光必须在同一种均匀介质中传播。如射击时，枪靶、准星和眼睛三点必须在一条直线上，就是利用光在空气中是沿直线传播规律进行瞄准的。如果介质不均匀，光线也会发生弯曲。例如，早晨，当太阳还在地平线以下时，我们就看见它，如图 1-2 所示，这是因为地球周围的大气密度不均匀，离地面越高，空气越稀薄，所以阳光从大气层外射到地面时，阳光在传播过

程中发生了弯曲。海市蜃楼也是由于海面上空气不均匀引起的光传播过程中发生弯曲而产生的幻影现象,如图 1-3 所示。



太阳光在大气中的传播路径是弯曲的

图 1-2



海市蜃楼

图 1-3

小孔成像、影的形成都说明光的直线传播。

光的传播速度:光在不同介质中传播速度是不同的,光在真空中传播速度最大,其速度为 $c = 3.0 \times 10^8$ 千米/秒(简称光速);光在空气中的速度十分接近在真空中的速度,也可以认为是 3.0×10^8 千米/秒;光在水中传播速度 $v_{\text{水}} = \frac{3}{4}c$;光在玻璃中的传播速度 $v_{\text{玻}} = \frac{2}{3}c$ 。

光年是天文学中的长度单位,1 光年表示光在真空中一年里通过的距离。 $1 \text{ 光年} = 3.0 \times 10^8 \text{ 千米/秒} \times (365 \times 24 \times 3600 \text{ 秒}) \approx 9.46 \times 10^{12} \text{ 千米}$ 。19 世纪三四十年代科学家就发现最近的恒星距我们地球也在 4 光年以外。今天我们探测宇宙所能涉及的空间范围已达一二百亿光年。

2. 光射到两种介质界面时的传播

光射到两种介质界面时,通常会同时发生光的反射现象和折射现象。

(1) 光的反射现象

光射到物体的表面或两种介质的分界面时,有一部分光线反射回原介质中的现象,叫做光的反射。

光的反射规律:反射光线跟入射光线和法线在同一平面上,反射光线和入射光线分居在法线的两侧;反射角等于入射角。

注意:①法线是通过入射点垂直于反射面所作的一条虚线。②反射角和入射角是指它们的光线和法线的夹角,而不是与反射面的夹角。③在反射现象中光路是可逆的。

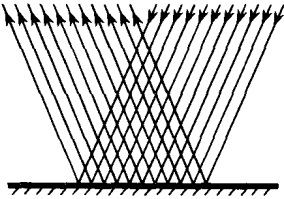


图 1-4 甲

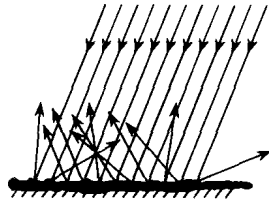


图 1-4 乙

反射的种类:镜面反射(图 1-4 甲)和漫反射(图 1-4 乙)。镜面反射:若入射光为一束平行光,反射后仍然是平行光。产生条件:反射面是平滑的表面,如平静的水面。漫反射:若入射光为一束平行光,反射光线射向不同的方向。产生条件:反射面粗糙不平,如黑板上的粉笔字,白色的幻灯幕布等。

镜面反射和漫反射都遵守光的反射规律。

在生活中我们所以能从不同角度看到不发光的物体,都是由于光照射到物体表面发生漫反射的结果。

(2) 光的折射现象

光斜射到两种介质界面上,一部分光在进入另一种介质时,光的传播方向在界面上发生改变,这种现象叫做光的折射。

光的折射规律:折射光线跟入射光线和法线在同一平面上,

折射光线和入射光线分居在法线的两侧。光从空气斜射入水或别的透明物质里,折射角小于入射角;而光从水或别的透明物质斜射入空气里,折射角大于入射角。

注意:①法线是通过入射点垂直于界面所作的虚线。②折射角、入射角是指它们的光线和法线的夹角,而不是光线和界面的夹角。③折射角和入射角之间的大小关系,是由光线从空气射入水或其他介质,还是从水或其他介质射入空气决定的。④当光线垂直入射到两种介质界面时,光的传播方向不变,入射角等于零度,折射角也是零度。⑤在光的折射现象中光路是可逆的。

(三) 光学器材对光路的控制

1. 平面镜

反射面为平面的光学元件叫平面镜,它只改变光的传播方向,对光没有会聚和发散作用。

2. 凹面镜(简称凹镜)

反射面为球的内表面的光学元件叫凹面镜,它对光线有会聚作用。平行于主轴的一束光线,经凹镜反射会聚于一点,这点叫做凹镜的焦点(实焦点)。应用:太阳灶就是把被加热的物体放在凹镜的焦点上。从焦点发出的光,经凹镜反射后平行于主轴射出。应用:探照灯等。

凹镜反射的三条特殊光线,如图 1-5 所示:①平行于主轴的光线反射后通过焦点;②过焦点的光线反射后平行于主轴;③过球心的光线反射后沿原光路返回。

3. 凸面镜(简称凸镜)

反射面为球的外表面的光学元件叫凸面镜,它对光线有发散作用。平行于主轴的一束光线,经凸镜反射后发散,反射光线的反向延长线交于一点,这点为凸镜的焦点(虚焦点)。

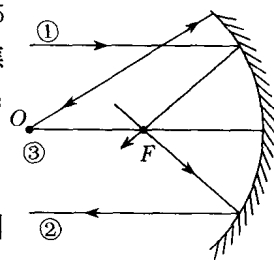


图 1-5

凸镜反射的三条特殊光线,如图 1-6 所示:①平行于主轴的光线反射后,反射光线的反向延长线通过虚焦点;②射向虚焦点的光线反射后平行于主轴;③射向球心的光线反射后沿原光路返回。

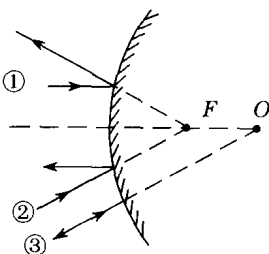


图 1-6

4. 三棱镜

截面是三角形的透明光学元件叫三棱镜,有改变光路的作用。光线通过三棱镜后总是折向底边,如图 1-7 所示。

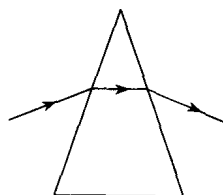


图 1-7

5. 凸透镜

中间厚,边缘薄的透镜叫凸透镜,它对光线起会聚作用。平行于主轴的一束光线经凸透镜折射后,会聚于一点,这点是凸透镜的焦点。从焦点发出的光线经凸透镜折射后平行于主轴。

凸透镜折射的三条特殊光线,如图 1-8 所示:①平行于主轴的光线折射后通过焦点;②过焦点的光线折射后平行于主轴;③通过光心的光线不改变传播方向。

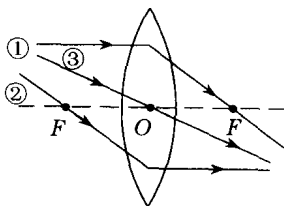


图 1-8

6. 凹透镜

中间薄,边缘厚的透镜叫凹透镜,它对光线起发散作用。平行于主轴的一束光线经凹透镜折射后,光线发散,折射光线的反向延长线交于一点,这点为凹透镜的虚焦点。

凹透镜折射的三条特殊光线,如图 1-9 所示:①平行于主轴的光线,其折射光线的反向延长线通过虚焦点;②指向另一侧虚焦点的光线,折射后平行于主轴;③过光心的光线不改变传播方向。

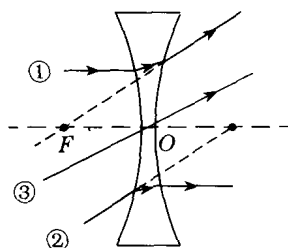


图 1-9

(四) 光学元件的成像

像的概念：物体上每个点发出的光线经光学元件的反射或折射后，出射光线或出射光线的反向延长线相交形成对应的像点，各个像点合起来形成与原物相似的像，叫做物体的像。实际光线会聚成的像叫实像，它可以用光屏接收到，也可观察到。出射光线的反向延长线相交所成的像叫虚像，它只能观察到，用光屏接收不到。

1. 平面镜成像

物体在平面镜中成的像是正立的、等大的虚像，像和物对于镜面是对称的，如图 1-10 所示。

2. 凹面镜成像(略)

3. 凸面镜成像

物体在凸面镜中总是成正立的、缩小的虚像。

如驾驶室旁的观后镜。

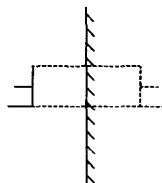


图 1-10

4. 凹透镜成像

物体发出的光线经凹透镜折射后总是成正立的、缩小的虚像。如用近视眼镜观察书上的字。

5. 凸透镜成像

物距 u 为物体到透镜的距离；像距 v 为像到透镜的距离；焦距 f 为焦点到透镜光心的距离。

下表为凸透镜成像规律。

物的位置	像的虚实	像的正倒	像的大小	像与物的位置关系	v
$u > 2f$	实像	倒立	缩小	在透镜异侧	$2f > v > f$
$u = 2f$	实像	倒立	相等	在透镜异侧	$v = 2f$
$2f > u > f$	实像	倒立	放大	在透镜异侧	$v > 2f$
$u = f$	不成像	/	/	/	/
$u < f$	虚像	正立	放大	在透镜同侧	$ v > u$

(五) 光的色散和物体的颜色

1. 光的色散

白光通过三棱镜后,分解成各种颜色光的现象叫色散,如图 1-11 所示。

注意:在色散实验中,红光偏折最小,紫光最大,从上到下红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫七色光的顺序不能颠倒。可见,白光是各种色光混合而成的。

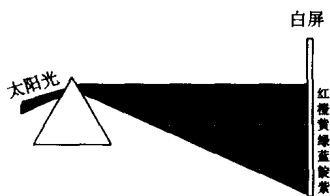


图 1-11

2. 物体的颜色

无色的透明体能透过各种颜色的光,所以它能透过白光。

透明体的颜色是由它透过的色光决定的,如红玻璃仅能透过红色光。透过红玻璃看白布,白布是红色的。

白色的物体,它能反射各种颜色的光,所以它在白光的照射下,仍是白色的。

不透明物体的颜色是由它反射的色光决定的,如红布仅能反射红色的光,在白光的照射下,其他颜色光被吸收,只有红光被反射,所以布呈红色。如果用蓝光照射红布,由于红布仅能反射红光,而不能反射蓝光,因此在蓝光下红布看上去是黑色的。

黑色的物体对各种颜色的光都不能反射,全部吸收。因此无论

什么颜色的光照到黑色物体上,物体都是黑色。

色光的混合:红、绿、蓝叫做色光的三原色,用这三种色光可以混合出不同的色彩来。

颜色的混合:红、黄、蓝叫做颜料的三原色,用这三种颜料可调出各种不同的颜料来。

二 典型例题分析

例 1 房间的窗户朝南开,白天在室内照镜子,为了能清晰地看到自己的面容,镜子的反射面应 ()

- A. 向东 B. 向南
C. 向西 D. 向北

分析与解 我们能从不同角度看到原来不发光的物体,是因为有光照在该物体表面产生漫反射的原因。因此人脸必须对着朝南的窗户,使光照着面部。通过镜子观察,镜面对着人脸,镜的反射面是向北。答案选 D。

例 2 如图 1-12 甲所示一架简易潜望镜,试用作图法求出观察者所看到发光点 S 的虚像。

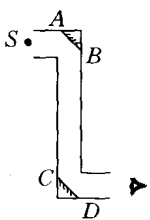


图 1-12 甲

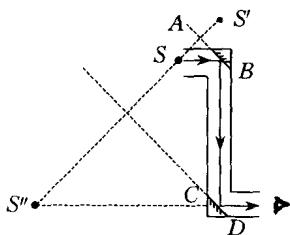


图 1-12 乙

分析与解 本题涉及物体通过两个平面镜二次成像的问题,通常是先根据成像规律先求出第一次像的位置,再把它作为第二次的“物”,进行第二次成像。

根据平面镜成像的规律,光点 S 发出的光线经平面镜 AB 反射后所成的虚像在 S' 处, S' 和 S 相对于 AB 平面镜是对称的。平面镜 AB 的反射光线射入 CD 时,可以认为这些光好像是由 S' 发出的。根据对称法求出 S' 经平面镜 CD 反射后的虚像位置 S'' ,如图 1-12 乙所示,所以观察者看到发光点 S 的虚像位置在 S'' 处。

例 3 如图 1-13 甲所示,人眼在 E 处能看见物体 AB 在平面镜中的像,至少把 MN 的哪一部分遮住,眼就不能看见 AB 的像了。试在图中画出来。

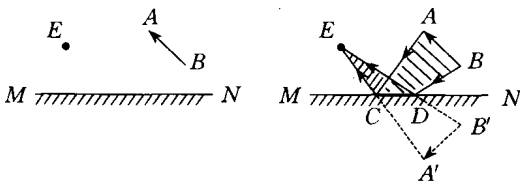


图 1-13 甲

图 1-13 乙

分析与解 本题思路分两步:① AB 在平面镜中成像的位置;② AB 发出的光中哪一部分经平面镜反射后能通过 E 点。

用对称法作出物体 AB 在平面镜中的像 $A'B'$ 。根据虚像的概念,物体 AB 发出的光线经平面镜反射后,好像是从虚像 $A'B'$ 发出的。连结虚像和观察点的直线 $A'E$ 、 $B'E$ 交平面镜 MN 于 C 、 D 两点,如图 1-13 乙,则在 E 点只有通过平面镜 CD 部分的反射后才能看到物体 AB , CD 部分就是我们应遮住的地方。

小结: 在确定观察范围或遮挡部分这类问题中,常采用到虚像的概念,作出光路分析求解。

例 4 一个边长为 L 的正方形房间,一面墙的中央挂一块宽度为 $\frac{L}{4}$ 的平面镜,要想通过镜子能看到镜对面整个墙壁的宽度,人应站在哪个区域内? 作图并用斜线把该区域表示出来。人距镜面的最大距离是多少?

分析与解 本题思路分两步：①确定后墙 AB 在平面镜中的像 $A'B'$ ；②确定观察范围。

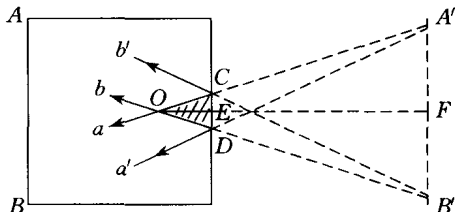


图 1-14

如图 1-14,用对称法作出墙 AB 的虚像 $A'B'$ 。根据虚像 A' 确定通过平面镜 CD 反射能看到 A 点的观察范围 $aA'a'$ (为了清楚,图中省略了入射光线),同理确定通过平面镜 CD 反射看到 B 点的观察范围 $bB'b'$,两个范围重叠之处 $\triangle OCD$ 为能看到整个后墙 AB 的观察区域。

$$\begin{aligned} \because CD \parallel A'B' \quad \triangle OCD \sim \triangle OA'B' \\ \therefore \frac{OE}{OF} = \frac{CD}{A'B'} \quad \frac{OE}{OE+L} = \frac{L/4}{L} \end{aligned}$$

$$\text{解得 } OE = \frac{L}{3}$$

通过平面镜要看到后面整个墙,人距镜面的最大距离为 $\frac{L}{3}$ 。

例 5 一个点光源 S 通过平面镜成像 S' (未画出),如图 1-15 甲所示。设光源 S 不动,平面镜沿 OS 轴向 S 点平移 1 米,已知镜面与 OS 之间的夹角为 45° ,则光源的像 S' 将 ()

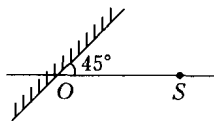


图 1-15 甲

- A. 沿 OS 轴向右移 2 米
- B. 与 OS 平行向右移 1 米
- C. 沿 $S'S$ 连线向 S 移 $\sqrt{2}$ 米

D. 沿 $S'S$ 连线向 S 移 $\frac{\sqrt{2}}{2}$ 米

分析与解 本题思路分两步：① S 点在平面镜中像的位置 S' ；② 平面镜移动，像点如何移动。解时应充分考虑到平面镜成像的轴对称性。

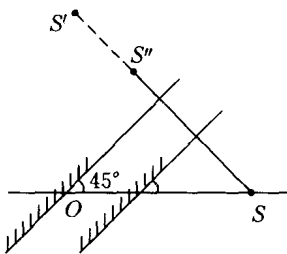


图 1-15 乙

根据平面镜成像规律作出光源 S 在镜中的像 S' ，如图 1-15 乙所示。当平面镜沿 OS 轴向光源 S 平移 1 米时， S 到平

面镜的距离减小 $\frac{\sqrt{2}}{2}$ 米，像点 S' 到平面镜的距离也要减小 $\frac{\sqrt{2}}{2}$ 米。由于光源 S 不动，平面镜向光源 S 平移，所以最终像点 S' 移动的距离为二者之和，即在 SS' 的连线上向 S 移 $\sqrt{2}$ 米。答案是 C。

小结： 本题看上去有一定的难度，平面镜通常是竖直的，利用人们的视角习惯，把平面镜转过 45° ，干扰读者思维。若排除此干扰，把书转过 45° ，使平面镜竖直，并作出平面镜的延长线，读者就不难利用平面镜成像的对称法看出像点 S' 沿 SS' 的连线向 S 移 $\sqrt{2}$ 米。

例 6 一面镜子竖直挂在墙上，某人站在镜前 1 米处，从镜子里只看到自己的上半身，他要想看到自己的全身，则 ()

- A. 应后退到距镜 2 米远处
- B. 应前进到距镜 0.5 米远处
- C. 应后退到距镜 4 米远处
- D. 无论前进或后退都不能实现

分析与解 本题极易发生以下两个错误：① 根据生活经验，以为向后退观察范围更大，错误认为选项 A、C 正确，而且选 C 的可能性更大些；② 若根据反射规律，越靠近镜子，反射光线和入射光线之间的夹角越大，那么就更容易看到脚，因而错选 B。正确的

思维方法是：由于前进、后退，观察点和像的位置同时发生变化，人从镜中观察到身体部位的多少，与人到镜子的距离有无关系？观察部位的多少是由什么决定的？从图 1-16 甲中分析可知，作 $OD \perp AB$ ，因为 $\angle i' = \angle i$ ， OD 为公共边，所以 $Rt\triangle ADO \cong Rt\triangle BDO$ ，则 $AD = BD$ 。说明人观察到下半身的部位是由镜子下缘到眼睛的竖直高度 OO' 所决定的。 $AB = 2OO'$ 。

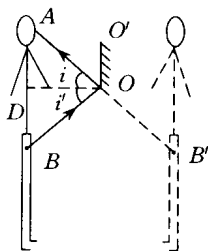


图 1-16 甲

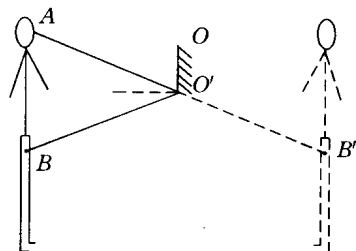


图 1-16 乙

他观察自己身体范围与他到镜子的距离有无关系？从证明中已得出， AB 长度与 OD 的远近无关。为了帮助理解，可再作图 1-16 乙。就会发现站远、站近，人所通过镜子观察到自己身体的部位是不变的。答案选 D。

小结：在光学题目中，常可采用严格认真作光路图的方法，用数学方法来解答问题。

例 7 一束光线通过一个实心玻璃球，如图 1-17 甲画出的几条折射光线，能正确表示折射光线路径的是 ()

- A. $HG \rightarrow GA \rightarrow AA'$ B. $HG \rightarrow GB \rightarrow BB'$
C. $HG \rightarrow GC \rightarrow CC'$ D. $HG \rightarrow GD \rightarrow DD'$

分析与解 本题涉及到光线的两次折射，判断在两次折射中，光路是否都符合折射规律。难点在球面各点与空气的分界面，应是过该点的切线，各点分界面的法线是连结该点和球心的直线，在图 1-17 乙中分别作出各点的分界面和法线，从图中可见光线 HG 斜