根据最新试验修订本高中教材编写

高三物理

创新设计

高中优化高效学习

姜英武 主编

考点聚焦　思维启迪

同类变式　能力拓展

辽宁师范大学出版社

前 言

高中阶段的学习对于学生们来说是非常重要的，这个阶段的学习好坏，将直接关系到能否升入大学或升入什么样的大学，甚至于影响一个人的一生。所以，对于这一阶段的学习，必须予以充分的重视，清醒地认识到高中阶段学习的重要性。

为了帮助学生学好高中课程，为下一阶段的学习打下坚实的基础，并在有限的时间内熟练掌握教材知识，我们组织工作在教育一线、且有丰富教学经验的教师及教研人员编写了本套丛书。在帮助学生熟悉教材内容的基础上，教给学生们学习的方法，提高学生认识问题与解决问题的能力，以适应素质教育发展的需要，全面提高学生的综合能力，培养新世纪的一代新人。

本丛书包括语文、数学、英语、物理、化学五个科目，其中有试用修订本和十省一市使用的试验修订本共计 14 本。本书的体例如下：

□□□⇨考点聚焦

归纳每单元的知识点、重点、难点及最近三年的考试点。

□□□⇨思维启迪

根据教育部新大纲的要求，在题型设计上，突出了阅读能力、写作能力、听说能力、动手能力和综合解决问题能力的训练。例题既突出同步特点，又建立题型框架；涵盖了近几年的全国高考统考试题和部分省市 3＋X 试题。

□□□⇨思维迁移

对各种题型进行原型训练和变式强化，巩固题型框架。

□□□⇨**能力拓展**

在基本题型框架的基础上，用同类或相近题型进行统觉训练。用题型的伸延和一题多解进行综合解题能力的培养。

□□□⇨**名题选析**

对易错、易混的典型例题加以分析，尤其注重对高考热点题、压轴题的剖析，从而培养学生思维向广度和深度拓展，提高学生的应变能力。

最后附有参考答案，便于学生自检自测。

本套丛书由于学科不同，故在体例上也略有差异，但基本没有违背宗旨。

由于编著水平有限，书中难免存在不足，欢迎广大读者评批指正，我们将根据您的建议予以修订，使之更具有实用性。

文　峰

目 录

第二十章 光的反射和折射

考点聚焦

【知识点】

光源，光的直线传播，光线，光速；

光的反射，反射定律，平面镜；

光的折射，折射定律，折射率；

全反射，临界角，光导纤维；

棱镜，全反射棱镜，光的色散.

【重点、难点】

正确地画出光路图，从光路图中确定某些几何关系，运用数学知识解题，是解决几何光学问题的重要方法和手段，光的反射定律和折射定律是本章的重点.

【考试点】

光的直线传播，本影和半影，光的反射定律，平面镜成像作图法，光的折射定律，折射率，全反射和临界角，棱镜和色散.

思维启迪

【例 1】 关于本影和半影，以下说法中正确的是(　　)

A. 点光源照射物体，只能产生本影

B. 任何光源照射物体，都能产生本影和半影

C. 任何光源照射物体，可以无半影，一定有本影

D. 面积很大的光源照射物体，可以无本影，一定有半影

解 正确答案是 A、D. 点光源发出的光，照射到不透明的物体上时，在其后方形成一个完全黑暗区，即本影. 面光源发出的光，照射到不透明的物体上时，在其后方有本影区和半影区，发光源面积越大，本影区越小，在多个大面积的光源照射下，可以无本影，只有半影.

评析 影的形成是由于光的直线传播而造成的. 不透明物后面光完全照射不到的区域称为本影，只有部分光照射到的区域称为半影. 因此在分析有关影的问题时，必须画出发光体边界发出的到障碍物边界的光线进行分析.

【同类变式】

关于日食和月食，下列说法中正确的是(　　)

A. 在月球的本影区里能看到日全食

B. 在月球的半影区里能看到日偏食

C. 在月球进入地球的半影区时,可看到月偏食

D. 在月球全部进入地球的本影区时,可看到月全食

解 正确选项是A、B、D.

评析 本题应理解光直线传播形成影的原理.通过作出光线传播示意图20-1甲可看到,在月球的本影区①里,太阳的任何光线均不能射入,故在①里可看到日全食.在月球的半影区②里,有部分太阳光线能射入,故在②里可看到日偏食.

∴A和B选项是正确的.

在月球的半影区③里只有太阳边缘的光线能射入,故在③里可看到日环食.

由图20-1乙可看到,当月亮进入地球的半影区a、c时,由于仍有部分光射到整个月球,整个月球仍是亮的,只不过是比在半影区外稍暗一点,故在地球上不会看到月食.

只有当月球的一部分进入地球的本影区b时,才能看到月偏食,故C错;

当月球全部进入地球的本影区时,可看到月全食,故D选项正确.

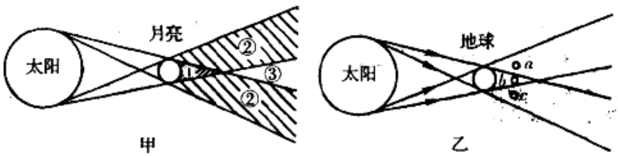

图20-1

【例2】 一人自街上路灯的正下方经过,看到自己头部的影子正好在自己脚下,如果人以不变速度沿直线朝前走,则他自己头部的影子相对于地的运动情况是( )

A. 匀速直线运动　　B. 匀加速直线运动

C. 变加速直线运动　　D. 曲线运动

解 正确答案是A.

设灯高$SO=H$,人高$AO=h$.当人从S正下方向右做匀速直线运动时,在t秒末,$2t$秒末,…,nt秒末,A点分别位于A_1、A_2、A_3……A_n;A点影子的位置分别移至C_1、C_2、C_3……C_n,如图20-2所示,$AA_1=A_1A_2=A_2A_3=vt$,设OC_1,C_1C_2,C_2C_3……$C_{n-1}C_n$的距离分别为s_1、s_2、s_3……s_n.因为$\triangle SOC_1 \backsim \triangle SAA_1$,所以$\frac{s_1}{vt}=\frac{H}{H-h}$.

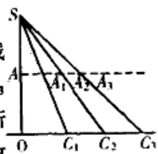

图20-2

同理可证得：$\frac{s_1+s_2}{2ut}=\frac{H}{H-h}$……$\frac{s_1+s_2+\cdots\cdots+s_n}{nut}=\frac{H}{H-h}$.

由以上诸式可得到 $s_1=s_2=s_3=\cdots=s_n$，即影子 C 点也在做匀速直线运动，其速度为 $v_1=\frac{s_1}{t}=\frac{H}{H-h}v$.

评析 本题考查的是影和运动的关系，其解题方法是画出三角形，用相似三角形的性质以及运动学规律解题.

【同类变式】

房内高处有白炽灯 S(点光源)，如果在 S 所在位置沿着水平方向扔出一个小球 A，如图 20-3 所示，问：A 在右侧竖直墙壁上的影做什么运动？已知 A 的初速度 v_0，重力加速度为 g，S 点与墙壁距离为 L，试求影的位移随时间 t 的变化规律.

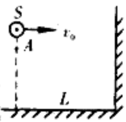

图 20-3

解 小球做平抛运动，其轨迹如图 20-4 所示，当小球运动到任一点 P 时，运动时间为 t，小球的水平位移为 x，竖直位移为 y，在墙上形成的影的位移为 y'，由平抛运动的规律有：

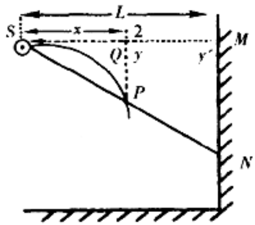

图 20-4

$$x=v_0t$$

$$y=\frac{1}{2}gt^2$$

由图所示 $\triangle SPQ\backsim\triangle SMN$

所以有 $\frac{y'}{y}=\frac{L}{x}$

$$y'=\frac{L\cdot y}{x}=\frac{L\cdot\frac{1}{2}gt^2}{v_0t}=\frac{Lg}{2v_0}t$$

$\frac{Lg}{2v_0}$ 为一常数，令 $v'=\frac{Lg}{2v_0}$

$y'=v't$

小球的影在竖直墙上做匀速直线运动，其速率为 $v'=\frac{Lg}{2v_0}$.

【例 3】 画出图 20-5 中，从光源 S 点发出的光线经镜面 MN 反射后过 P 点的反射光线.

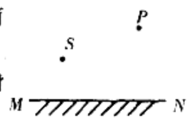

图 20-5

解 因从 S 点发出的光线经镜面 MN 反射后过 P 点的反射光线，它的反向延长线必然是通过像 S' 点.

所以要先作光源 S 的像点.利用对称性得像 S' 的位置.如图 20-6 所示，连结 $S'P$，交平面镜 MN 于 A 点，则 AP 就是所求的反射光线.

评析 此题关键是找到光的入射点，在做要求画出入射光线、反射光线的题目时，一般不直接用反射定律，因为画入射角和反射角不容画准确，更好的方法是，先利用对称性得到像点 S'，连接 $S'P$，找到入射点 A，画出反射光线 AP，再补画出入射光线 SA.

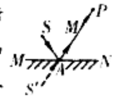

图 20-6

【同类变式】

一个半径为 5m 的圆形蓄水池装满水，水面与地面相平，在池的中心上空离水面 3m 处吊着一盏灯，求眼睛离地高为 1.80m 的人可以离开水池边缘多远的距离还能看到灯在水中的像?

解 水池面相当于平面镜，作反射光的光路如图 20-7 所示，若人在某位置时恰能通过水池边缘看到灯在水中的像，这时光源发出的光线恰好通过水池的边缘反射入人的眼睛.

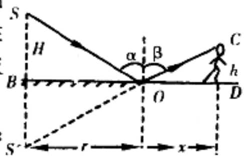

图 20-7

由光的反射定律可知 $\angle\alpha=\angle\beta$，由几何知识得：$\triangle SOB \backsim \triangle DCO$，有 $\dfrac{SB}{CD}=\dfrac{BO}{DO}$

故：$\dfrac{H}{h}=\dfrac{r}{x}$ $\quad \therefore x=\dfrac{h}{H}r=\dfrac{1.80}{3}\times 5=3\text{m}$

【例 4】 一个光源 S，放在平面镜 MN 前，若 MN 不动，光源 S 以速度 2m/s 沿与镜面成 60°角的方向向右匀速直线运动，如图 20-8 所示，则光源在镜中的像将(　　)

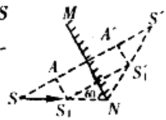

图 20-8

A. 以速率 4m/s 沿 OS 直线方向向右平移

B. 以速率 2m/s 垂直于 OS 向下平移

C. 从镜的另一侧向 O 点以 2m/s 的速度做直线运动

D. 在 S 上看到像以 $2\sqrt{3}$m/s 的速度向 S 靠近

解 正确选项是 C、D.

作 S 的像 S'(可用对称法)，并作经时间 t 后的位置 S_1 及像 S'_1，由几何对称关系可知 $SS_1=S'S'_1$，故得像 S' 将沿 $S'O$ 线以 $v=2$m/s 速率直线运动. ∴C 正确.

由对称关系可知，在 t 时间内 S 和 S' 沿垂直于镜面的方向的变化距离 SA 和 $S'A'$ 的大小相等. 故它们互相靠近的距离变化为 $\Delta x=SA+S'A'=2SA$，像相对物靠近的速度为：

$v_{SS'}=\Delta x/t=2SA/t=2\cdot v_0\cos30^\circ=\sqrt{3}v_0=2\sqrt{3}\text{m/s}$. ∴D 正确.

评析 此题考查的是平面镜面成像与物像相对运动的速度的关系，解平面镜成像的题，要抓住平面镜成像的特点，即物与像关于平面镜对称来求解.

【同类变式】

一人站在水平地面上，在他的前面有一竖直放置的平面镜，当镜子以速度 v 向人运动时，关于平面镜中人像的速度大小和像的长度，下面说法中正确的是(　　)

A. 像速大小是 v

B. 像速大小是 $2v$

C. 像长变大

D. 像长不变

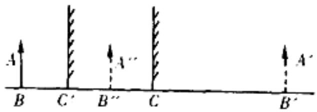

图 20-9

解　根据平面镜成像规律可知 $BC = B'C$，$BC' = B''C'$，当镜以速度 v 向人移动 CC' 的同时，根据人像关于平面镜对称，人的像向人移动的距离 $B'B'' = B'C + CC' - BC + BC' = 2CC'$ 所以像对人的速度 $v' = \frac{2CC'}{t} = 2v$，故答案为 B、D.

【例 5】　一个人身高 1.80m，头顶与眼睛的竖直距离是 10cm. 此人站在竖直放置的平面镜前，要看到自己直立的全身像，平面镜至少要多长？在悬挂时镜子距离地面的高度是多少？

解　如图 20-10 所示，人位于镜前 AB 处，O 为眼睛的位置，人和他的像 $A'B'$ 关于平面镜对称，由几何关系可知：要想看到人自己的全身像，镜子长度至少要等于身高的一半才行.

眼睛距头顶为 10cm，则距地面高度为 $OB = 1.70$m，由三角形相似可知 $\frac{CD}{OB} = \frac{B'C}{B'B}$　$\therefore CD = \frac{1}{2}OB = 0.85$m.

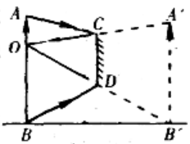

图 20-10

评析　作一线状物体 AB 在平面镜中的像，可以根据物像关于镜面对称的特点，先找出物体上两极端的像 $A'B'$，连线后即为该物体的像. 为使人能看见此像，则像点由 $A'B'$"射出"的光进入眼中，人就看见了完整的像.

【同类变式】

一平面镜镜面 MN 与竖直墙成 30°角悬挂，如图 20-11(甲)所示，一人 AB 竖直站立地面，(1)试在图上画出人在镜中的像. (2)欲使此人无论闭上左眼或是右眼，都能用另一只眼睛从镜子中看到他的整个身体，此镜的长度应大于、等于还是小于此人身高的 $\frac{1}{2}$？

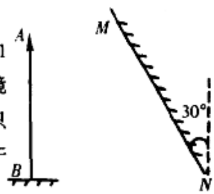

图 20-11(甲)

解　如图 20-11(乙)所示，先在此人上找出三个点，即头顶 A、眼睛 C、脚底 B，然后由对称性，在镜后分别找出 $A'B'$，再连接 CA' 交镜于 P，连

接 CB' 交镜于 Q,再分别连接 AP 和 BQ.可以看出,人要想看见自己全身的像,镜面长度为 PQ 即可.根据几何知识,可以证明 $PQ<\frac{1}{2}AB$.

由此题可以看出,只有镜面与身体平行,镜长才应等于身高的一半.

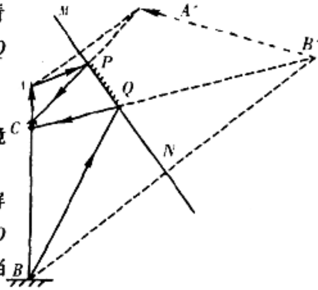

图 20-11(乙)

【例 6】 如图 20-12 所示,一束垂直于光屏的光线通过屏上的小孔 S 投射到平面镜上的 O 点,并沿原路返回,已知 OS 的距离 $L=2.00\text{m}$,当平面镜绕 O 点转过一个微小角度 $\alpha=1°$时,试求光屏上反射的光点称动的距离是多少?

解 由光线照射到平面镜后原路返回,可知平面镜垂直于光线 SO 放置,当它转过微小角度 α 时,反射光线转过 2α 角,则光点移动的距离为 x,满足:

$x=L\cdot\tan2\alpha=2.00\times\tan2°=0.070\text{m}$

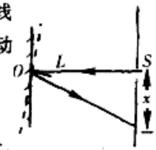

图 20-12

评析 在这里,给出了一种测微小角度或位移的原理和方法.若已知 L,测得 x 的距离,可计算出平面镜所转过的角度,当平面镜与待测物体连在一起或同步转动时,即测得物体转动的微小角度,及其上某点转过的距离.

【同类变式】

如图 20-13 所示,从光源发出的光线垂直射到平面镜上,经反射,在正对着平面镜$\sqrt{3}$的处的墙上 A 处有一光斑,若要使光斑向上移动 1m 到 B 处,平面镜应以 O 点的为轴转过的角度是(　　)

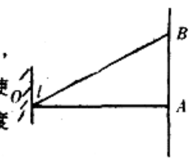

图 20-13

A.5°　　B.10°　　C.15°　　D.20°

解 C.

光线转过的角度为

$\tan\alpha=\frac{AB}{OA}=\frac{1}{\sqrt{3}}=\frac{\sqrt{3}}{3}\qquad\therefore\alpha=30°$

平面镜转过的角度 $\theta=\frac{\alpha}{2}=15°$.

【例 7】 如图 20-14 所示,一平面镜 M 以角速度 $\omega=\frac{\pi}{3}$ rad/s 绕垂直于纸面且通过 O 点的轴转动,AB 为一圆弧形屏幕,圆心也在 O 上,圆心角$\angle AOB=120°$,现有来

自闪频光源的一细束光 CO 射向平面镜，光源每秒钟闪现 12 次，求平面镜每转一周，屏幕 AB 上能出现多少个光点？

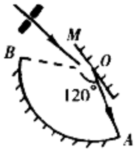

图 20-14

解 反射光线在 120°的圆心角内时，屏幕上有光点出现，这期间，平面镜转过的角度为 60°，所对应为时间

$$t=\frac{\theta}{\omega}=\frac{\pi/3}{\pi/3}=1\text{s}$$

在这 1s 内光源闪频 12 次，即平面镜转一周 $T=\frac{2\pi}{\omega}=6\text{s}$ 的时间内，照至屏幕上的光点会出现 12 个.

评析 *本题考查光的反射定律、匀速圆周运动角速度的计算公式，常见的错误是，认为反射光线转过 120°，平面镜也转过 120°，屏幕上出现 24 个光点，其实，入射光线不变，反射光线转 120°，平面镜只转了 60°.*

【同类变式】

如图 20-15 所示，有一平面镜绕竖直轴转动，角速度 $\omega=2\pi$ rad/s，现将一束光线射向平面镜，其反射光线可射至距平面镜 20m 远的圆弧形竖直墙壁上，其圆心在平面镜的转轴上，所对的圆心角 $\varphi=\frac{\pi}{3}$，试求反射光点在墙壁上移动的速率是多大？在 1min 里，墙壁上有光线照射的时间是多长？

图 20-15

解 如图所示，当平面镜转过微小角度 α 时，其法线亦转过 α 角，而反射光线将转过 2α 角，则其角速度 $\omega'=2\omega$. 可得光点移动的线速度为

$$v=\omega'R=2\times2\pi\times20=251\text{m/s}$$

在一个周期内，反射光线照到墙壁上所对应的圆心角为$\frac{\pi}{3}$，反射光线越过 $\varphi=\frac{\pi}{3}$时，平面镜转过的角度为 $\theta=\frac{\varphi}{2}=\frac{\pi}{6}$，所对应的时间为 $t_1=\frac{\theta}{\omega}=\frac{\pi/6}{2\pi}=\frac{1}{12}\text{s}$，而平面镜的转动周期为 $T=\frac{2\pi}{\omega}=1\text{s}$，即在 1s 内壁上有光线照射的时间为$\frac{1}{12}$s，那么 1min 里，有光线照射到墙壁上的时间为

$$t=60t_1=60\times\frac{1}{12}=5\text{s}$$

【例 8】 如图 20-16 所示，一点光源 S 经平面镜 M 成像于 S'，人眼于 P 点可以观察到 S'，如图 20-16 所示，今在 S、M 之间放一不太大的遮光板 N，则(　　)

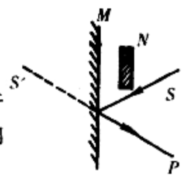

图 20-16

A. S 不能在 M 中成像

B. S 仍能在 M 中成像

C. 人眼观察到的 S'的亮度变小

D. 人眼观察到的 S'的亮度不变

解 S 在 M 中的像 S'应是由 S 射向 M 的所有光线经 M 反射后反射光线反向延长线的交点，只要遮光板 N 不能将 S 射向 M 的所有光线都遮住，S 仍能在 M 中成像.

人眼既然仍能观察到 S'，说明原来由 S 发出的、经平面镜 M 反射后进入人眼的那部分光线并未被遮住，因而人眼看 S'的亮度不变.

故选项 B、D 正确.

评析 常见的错误是认为既然 S 射向 M 的光线被 N 遮住了一部分，所以成像的亮度必定要减小一些.其实，对实像来说，它因为是实际光线的会聚点，当部分光线被遮住后，实际会聚的光线少了，亮度必然要降低一些；而 S'是 S 的虚像，不是实际光线会聚而成的.人眼能看到 S 的像，是因为 S 发出的光经平面镜 M 反射后到达人眼所致.加遮光板 N 后，人眼仍能观察到 S'，说明原来由 S 发出的、经平面镜 M 反射后进入人眼的那部分光线并未被遮住，即进入人眼的光线并未因加遮光板而减小，因而人眼看到 S'的亮度不变.

【同类变式】

如图 20-17 所示，MN 为一平面镜，在镜前有一点光源 S，在 S 与平面镜之间有一块挡板 CD，试通过作图，用阴影表示出在镜前可以看到 S 的像点 S'的区域.

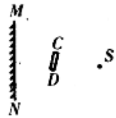

图 20-17

解 方法 1：分别作入射光线 SM、SC 及 SD 与 SN.并分别做出这四条入射光线的反射光线，即可得到图中的阴影区域，如图 20-18 所示.

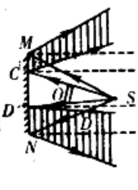

图 20-18

方法 2：如图 20-19 利用像关于平面镜的对称性，先确定像点 S'的位置，考虑到平面镜的"窗口"作用画出反射光线 $S'M$ 和 $S'N$.同时考虑到由于挡板 CD 的作用，在平面镜上 $C'D'$间没有光线射入，故无反射光线（C'、D'是光线 SC 和 SD 与平面镜的交点），于是再画出另外两条反射光线 $S'C'$ 和 $S'D'$，同样可得图中的阴影部分.

方法 3：如图 20-20 根据物像关于平面镜对称，可同时在平面镜后画 S 和 CD 的像 S'和 $C''D''$，然后视"新的点光源"S'发光，被 $C''D''$遮挡，所余部分通过"窗口"MN，可十分简捷地得到阴影部分.（注意：补画出入射光线）

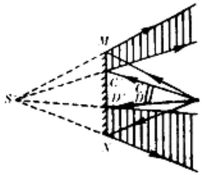

图 20-19

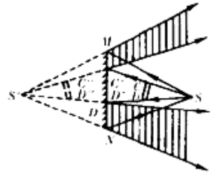

图 20-20

【例 9】 光线由某种介质射向该介质与空气的交界面，当入射角为 30°时，折射光线与反射光线正好垂直，则该介质的折射率为(　　)

A.2　　B.$\sqrt{3}/3$　　C.$\sqrt{2}$　　D.$\sqrt{3}$

解 根据光的反射定律，光线由介质射向空气，入射角为 30°，故反射角亦为 30°，因折射光线与反射光线垂直，则折射角为 60°，由于光线由介质射向空气，故根据光的折射定律有：

$$\frac{1}{n}=\frac{\sin i}{\sin r}$$

$$n=\frac{\sin r}{\sin i}=\frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ}=\sqrt{3}$$

选项 D 正确.

评析 常见的错误是求出折射角为 60°后，根据折射定律，写出：

$$n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\sin 30^\circ}{\sin 60^\circ}=\frac{\sqrt{3}}{3}$$

首先，介质的折射率必大于 1，不可能小于 1，可见答案肯定错误.

其次，若以 n 表示介质的折射率，要使 $n=\frac{\sin i}{\sin r}$ 成立，必须是光线从空气射向介质，而本题光线是从介质射向空气，故根据折射定律应有：

$$\frac{1}{n}=\frac{\sin i}{\sin r}$$

【同类变式】

如图 20-21 所示，一圆柱形容器底面直径和高度相等，当在 S 处沿容器边缘的 A 点方向观察空筒时，刚好看到筒底圆周上的 B 点. 保持观察点位置不变，将筒中注满某种液体，可看到筒底的中心点，试求这种未知液体的折射率是多大?

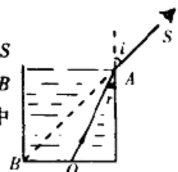

图 20-21

解 筒内未装液体时，位于 S 点的眼睛能看到 B 点以上部分，注满液体后，由 O 点发出的光线经液面折射后刚好进入眼

睛，根据折射定律知：

$$n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\sin 45^\circ}{\dfrac{\frac{1}{2}}{\sqrt{1^2+(\frac{1}{2})^2}}}=\frac{\frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{\sqrt{5}}{5}}=\frac{\sqrt{10}}{2}\approx 1.58$$

即这种未知液体的折射率 $n\approx 1.58$.

【例 10】 某水池，实际水深 h，垂直水面往下看，其视深多少？（设水的折射率为 n）

解 如图 20-22 所示，作两根从水底 S 发出的光线，一根垂直射出水面，一根折射角小于 5°(眼睛对光点的张角很小)，这两根折射光线的延长线交点就是看到的 S 的像，由图可见，像的深度变浅了.

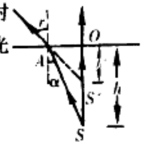

图 20-22

在△$AS'O$ 中，$\tan r=\frac{AO}{h'}$

在△ASO 中，$\tan\alpha=\frac{AO}{h}$

故有 $\frac{\tan r}{\tan\alpha}=\frac{h}{h'}$

因 α，r 小于 5°，故有 $\tan\alpha\approx\sin\alpha$，$\tan r\approx\sin r$，故：

$$h'=\frac{\sin\alpha}{\sin r}h=\frac{1}{n}h$$

所以，视深为$\frac{1}{n}h$.

评析 常见的错误是认为垂直水面往下看，光线不发生折射，视深仍为 h. 其实，射入人眼的一小束光线，并不与水成垂直，绝大多数与水面成一小角度入射，故射入空气中时会发生折射，视深与实际水深不同.

【同类变式】

如图 20-23 所示，玻璃砖的厚度为 h，折射率为 n，将其放于桌面的书上，透过玻璃砖从正上方观看桌上书中的字，它的像提高了多少？

解 字 S 发出的光线，经玻璃砖上表面折射，出射光线的反向延长线的交点即为字 S 的虚像点 S'，我们选一条光线竖直向上射出，不改变传播方向，另一条取近轴光线经上表面折射，反向延长交于 S' 点，S'到上表面距离为 h'，像提高的距离为

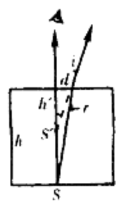

图 20-23

$\Delta x=h-h'$

又∵ $n=\frac{\sin i}{\sin r}=\frac{\frac{d}{\sqrt{h'^2+d^2}}}{\frac{d}{\sqrt{h^2+d^2}}}=\sqrt{\frac{h^2+d^2}{h'^2+d^2}}$

因为从正上方观看,光线偏移距离 $d \ll h$(和 h')

$\therefore n \approx \frac{h}{h'}$,则 $\Delta x=h-\frac{h}{n}=h(1-\frac{1}{n})$

另问 若已知 $n=1.5$,书上字的像经玻璃砖升高了 10mm 的距离,那么这块玻璃砖的厚度是多少呢?

由上面的结论可知 $h=\frac{\Delta x}{1-\frac{1}{n}}=\frac{10}{1-\frac{1}{1.5}}=30\text{mm}$

【例 11】 如图 20-24 所示,光源 S 发出的光经狭缝进入折射率为$\sqrt{2}$的半圆形玻璃砖 M,当 M 绕圆心 O 在纸面内缓慢地沿逆时针方向旋转时,有( )

A. 光线 OA 与法线间夹角逐渐增大

B. 光线 OB 的强度逐渐减弱

C. 光线 OA 的强度逐渐减弱

D. 若 $i \geqslant 45°$时,光线 OA 消失

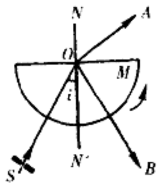

图 20-24

解 A、C、D.

$n=\sqrt{2}$,临界角 $C=\arcsin\frac{1}{n}=\arcsin\frac{1}{\sqrt{2}}=45°$

因光源 S 发出的光经狭缝沿半径方向射入玻璃的圆面,故不改变传播方向,射至圆心 O 时,若入射角 i 小于临界角 C 时,有折射光线 OA 和反射光线 OB 同时存在,随着圆柱面的不断旋转,入射角 i 不断增大,这时反射光不断增强,而折射光不断减弱,当 $i=45°$时,折射光线完全消失,全部光线在玻璃砖的圆心 O 处反射回来.

评析 此题考查的是光的反射光线、折射光线的强弱与入射角的关系,以及全反射现象.容易出现的错误是,有些学生常常只考虑折射,忘记了反射.正确的是,在两种介质的界面上,光总是有反射的,而折射光线则可能没有,也就是说入射角大于临界角时,发生了全反射.

【同类变式】

潜水员在水深为 h 的地方向水面观望时,发现整个天空及远处地面的景物均呈现在水面处的圆形区域内,已知水的临界角为 θ,则所观望到圆形半径为( )

A. $h\tan\theta$　　B. $h\sin\theta$

C. $h/\tan\theta$　　D. $h/\sin\theta$

解 A.如图 20-25 所示，水面上景物发出的光线经水面折射后均在顶角为 2θ 的圆锥里，人的眼睛处在圆锥的顶点处，而最远的景物进入眼睛的光线几乎是紧贴水面，其入射角接近 90°，折射角为 θ，因此，人看到水面上的景物呈现在水面上以 r 为半径，以人眼上方水面上的 O 点为圆心的圆形区域内.

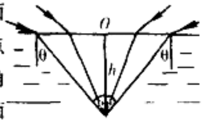

图 20-25

由图可知：$r = h\tan\theta$.

另问　若已知水的折射率等于 n，则此圆形区域半径的表达式又如何呢？

$\because \sin\theta = \dfrac{1}{n}$，$\therefore \cos\theta = \sqrt{1-\dfrac{1}{n^2}} = \dfrac{\sqrt{n^2-1}}{n}$

则 $\tan\theta = \dfrac{\sin\theta}{\cos\theta} = \dfrac{1}{\sqrt{n^2-1}}$，即 $r = \dfrac{h}{\sqrt{n^2-1}}$

已知 $n_{水} = \dfrac{4}{3}$，若 $h = 5\text{m}$，得 $r \approx 5.7\text{m}$.即在水 5m 深处的潜水员所看到的水面上的全部景物均呈现在其头顶上方半径为 5.7m 的水面内.

【例 12】 如图 20-26 所示，水面上漂浮着一个直径为 d 的圆形木板，在圆心 O 处垂直直板面插上一个大头针，当调节大头针在水下的长度为 h 时，从水面上刚好看不到大头针，试求水的折射率是多大？

解 当大头针针头处发出的光线射向圆板边缘处时刚好发生全反射，则在水面上不会看到整个大头针.

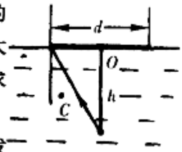

图 20-26

$$临界角\ \sin C = h\frac{\frac{d}{2}}{\sqrt{(\frac{d}{2})^2 + h^2}} = \frac{1}{n}$$

$$\therefore n = \frac{\sqrt{d^2+4h^2}}{d}$$

评析　*此题是一全反射问题，解题的关键是依据题给条件正确画出光路图，画出入射角，分析反射的临界条件，用全反射临界角公式列式讨论，结合平面几何知识分析线、角关系.*

【同类变式】

在厚度为 h，折射率为 n 的大玻璃板的下表面，紧贴着一个半径为 r 的圆形发光面，为了从玻璃的上方看不见圆形发光面，可在玻璃板的上表面贴一块纸片，试求所贴纸片的最小面积是多大.

解 如图 20-27 所示，设圆形发光面的边缘处发出的一条光线斜射至上表面刚

好发生全反射，临界角 $\sin C=\frac{1}{n}$

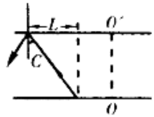

图 20-27

$$L=h\cdot\tan C=h\frac{\sin C}{\cos C}=h\frac{\frac{1}{n}}{\sqrt{1-\frac{1}{n^2}}}=\frac{h}{\sqrt{n^2-1}}$$

$$R=L+r=\frac{h}{\sqrt{n^2-1}}+r$$

圆形发光面上发出的光线只能从玻璃板上方以 O' 为圆心 R 为半径的圆形区域内射出，射至其余部分的光线都将发生全反射，因此，只要把以 O' 为圆心，R 为半径的圆形区域用纸片贴住即可，这是所贴纸片的最小面积.

即 $S=\pi(\frac{h}{\sqrt{n^2-1}}+r)^2$

【例 13】 如图 20-28 所示在水底水平放置一平面镜，一束白光由空气垂直射向水中，现让平面镜绕入射点 O 在竖直平面内转动，若紫色光从水中射向空气的临界角为 α，黄色光从水中射向空气的临界角为 β，红光从水中射向空气的临界角为 γ，欲使该光束经平面镜反射后全部不能从水面射出，则平面镜转过的角度不能小于(　　)

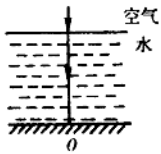

图 20-28

A. α　　B. $\frac{\alpha}{2}$　　C. $\frac{\gamma}{2}$　　D. β

解 C.

水对紫色光的折射率最大，对红色光的折射率最小，根据临界角 C 与折射率的关系有

$$\sin C=\frac{1}{n}$$

可知，$\gamma>\beta>\alpha$.

平面镜转过 θ 角，则反射光线转过 2θ 角，此时经平面镜反射后的光线射向水面，入射角为 2θ，要使经平面镜反射后的光线全部不能从水中射出，必须满足 $2\theta\geqslant\gamma$，即 $\theta\geqslant\frac{\gamma}{2}$.

评析 由于同一介质对各种频率的色光的折射率不同，因此白光从空气中以不为零的入射角射入某介质时会发生色散，反之白光以不为零的入射角从某介质射入空气中时，也要考虑不同色光发生全反射的临界角不同，以红光临界角最大，这是这类问题必须考虑到的重要知识点.

创新设计 13 第二十章