

经全国中小学教材审定委员会
2005 年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

物理

选修 2-3

人民教育出版社 课程教材研究所
物理课程教材研究开发中心 编著

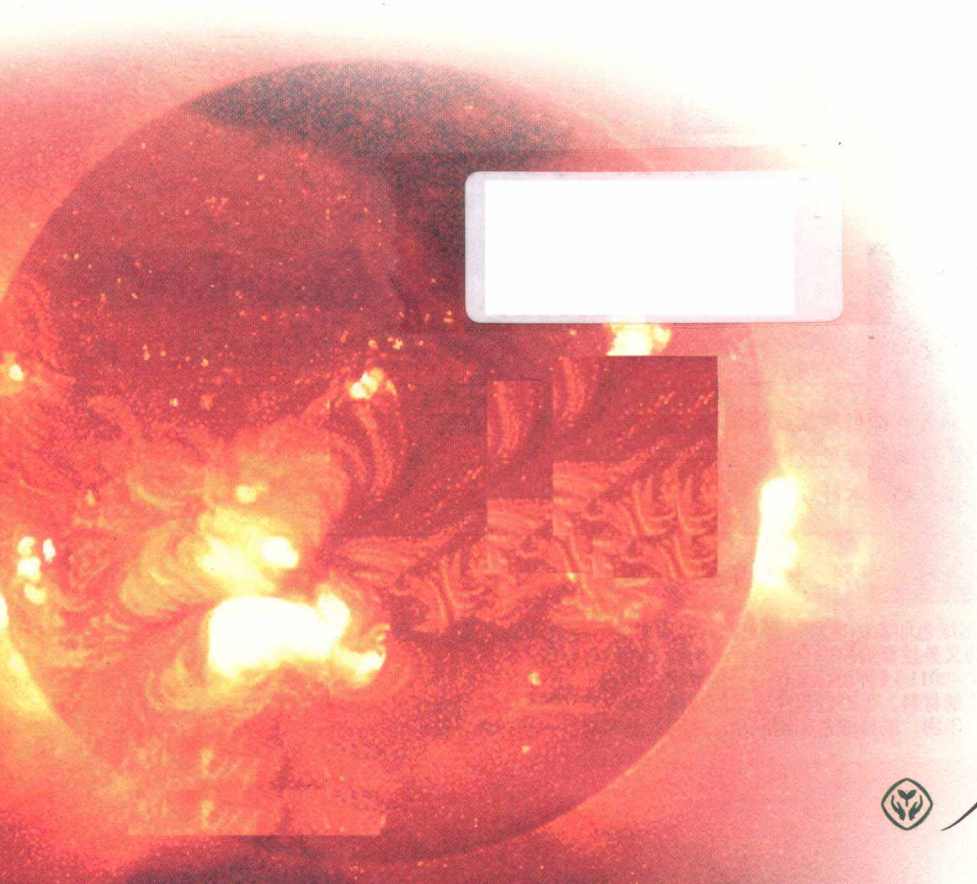


普通高中课程标准实验教科书

物理

选修 2-3

人民教育出版社 课程教材研究所 编著
物理课程教材研究开发中心



人民教育出版社

总 主 编：张大昌
副总主编：彭前程
主 编：宣桂鑫
执笔人员：曹 磊 付荣兴 潘邦桢 奚天敬 宣桂鑫
绘 图：刘 菊
责任编辑：付荣兴
版式设计：刘 昀
审 读：王存志

普通高中课程标准实验教科书 物理 选修 2-3

人民教育出版社 课程教材研究所
物理课程教材研究开发中心 编著

出版发行 人民教育出版社
(北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编：100081)

网 址 <http://www.pep.com.cn>
经 销 全国新华书店
印 刷 北京天宇星印刷厂
版 次 2007 年 4 月第 2 版
印 次 2017 年 8 月第 23 次印刷
开 本 890 毫米×1240 毫米 1/16
印 张 6
字 数 120 千字
书 号 ISBN 978-7-107-18715-5
定 价 7.45 元

价格依据文件号：京发改规〔2016〕13号

版权所有·未经许可不得采用任何方式擅自复制或使用本产品任何部分·违者必究
如发现内容质量问题，请登录中小学教材意见反馈平台：jcyjfk.pep.com.cn
如发现印、装质量问题，影响阅读，请与本社联系。电话：400-810-5788

绿色印刷 保护环境 爱护健康

亲爱的同学们：

你们手中的这本教科书采用绿色印刷标准印制，在它的封底印有“绿色印刷产品”标志。从2013年秋季学期起，北京地区出版并使用的义务教育阶段中小学教科书全部采用绿色印刷。

按照国家环境标准（HJ2503-2011）《环境标志产品技术要求 印刷 第一部分：平版印刷》，绿色印刷选用环保型纸张、油墨、胶水等原辅材料，生产过程注重节能减排，印刷产品符合人体健康要求。

让我们携起手来，支持绿色印刷，选择绿色印刷产品，共同关爱环境，一起健康成长！

北京市绿色印刷工程

致 同 学 们

欢迎大家进入《物理》选修2系列的学习。这一系列的选修模块，侧重从技术应用的角度展示物理学，强调物理学与技术的结合，着重体现物理学的应用性、实践性。

包括物理学在内的自然科学以认识自然、探索未知为目的；而技术则是以对自然界的认识为根据，利用得到的认识来为人类服务。

尽管如此，人们还是习惯于把科学和技术联在一起，统称“科技”。这说明二者之间有着密切的联系。历史已经表明，没有科学发现，就没有技术进步；没有技术进步，科学也不能发展。真可谓“你中有我，我中有你”。

17世纪末叶出现的巴本锅和蒸汽泵，主要是一种技术发明。18世纪技术工人瓦特给蒸汽机增添了冷凝器、活塞阀、飞轮、离心节速器等，使蒸汽机真正成为—种广泛应用于纺织、轮船和火车的动力机，更是一种技术的进步。但那时的热机效率只有5%~8%，如何提高热机效率成为技术进步向科学发展提出的问题。它促使卡诺定理的提出和热力学第一、二定律的建立，推动了物理学的发展，并使热机效率得以大幅度提高。这就是近代史上第一次产业革命所反映出的科学与技术的联系。

19世纪70年代，在电磁理论的基础上，具有实用价值的电动机和发电机先后问世，继而又实现了电力的远距离传输。不久，马可尼和波波夫发明了无线电通信技术。这一切开创了第二次产业革命，使人类进入了电气化时代。

20世纪以来，以原子核能、电子计算机和空间技术的发展为标志，开始了第三次产业革命，即现代技术革命。特别是20世纪70年代以来，微电子技术的发展以及材料、激光、遥感、人工智能、多媒体信息技术等的长足进步，极大地拓展了人类利用、控制和保护自然的能力。

科学技术作为生产力的要素，它的发展和进步是同社会生产力的整体水平密切相关的。这也是不同国家和地区在科学技术发展上不平衡的重要原因。正是由于这种不平衡性，导致了科学技术中心在世界范围内的转移。所谓科学技术中心，是指这样的国家和地区，其开创性的科学技术成果超过全世界总量的四分之一。归纳起来，近五百年来科学技术中心转移的顺序和时间大致是：

- (1)意大利 1540~1640
- (2)英 国 1660~1730

(3)法 国 1770~1830

(4)德 国 1870~1920

(5)美 国 1920~

历史上东方文明尤其是中国古代文明曾遥遥领先于西方,在近代科学技术兴起之前,中国的科学发现与技术发明也曾在世界范围产生巨大影响。有人曾经预言:中国再度觉醒之时,世界将会震颤。还有人说,中国近年的发展变化,正预示这一时刻的到来。不管这些说法的本意何在,无可否认的事实是,我国科学技术的发展不仅表明我们继承了中华优秀传统文化的精华,而且在21世纪的初期,我们已经向着先进国家的行列迈出了坚实的步伐。中国科学技术的昔日风采再度展现在世人面前的日子正向我们走来……

“我是昆仑的云,

我是黄河的浪,

……

我是涅槃的凤凰再飞翔。

我是屈原的梦,

我是李白的唱,

……

我是涅槃的凤凰再飞翔。”

讴歌中华民族伟大复兴的诗句,正在我们耳边回响、回响……

其实,诗在心中。不是吗?

目录

致同学们 / 1

第1章 光的折射 / 1

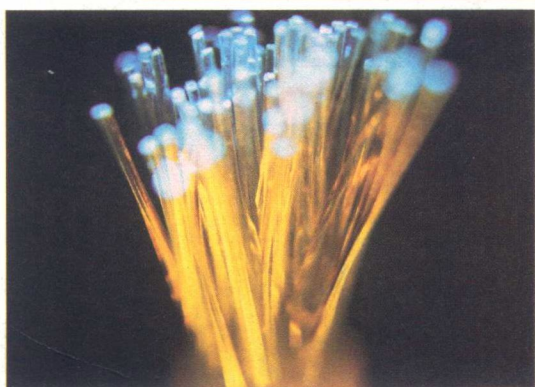
第1节 光的折射 折射率 / 2

第2节 全反射 光导纤维 / 6

第3节 棱镜和透镜 / 10

第4节 透镜成像规律 / 14

第5节 透镜成像公式 / 18



第2章 常用光学仪器 / 22

第1节 眼睛 / 23

第2节 显微镜和望远镜 / 24

第3节 照相机 / 29



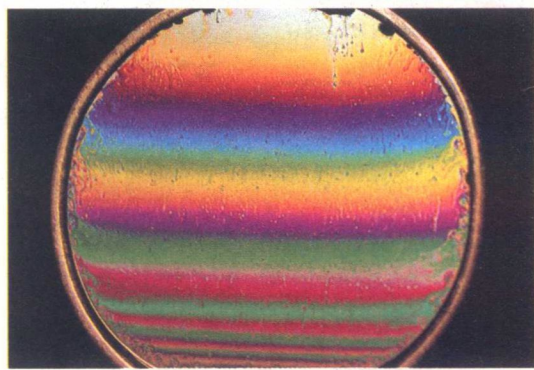
第3章 光的干涉、衍射和偏振 / 33

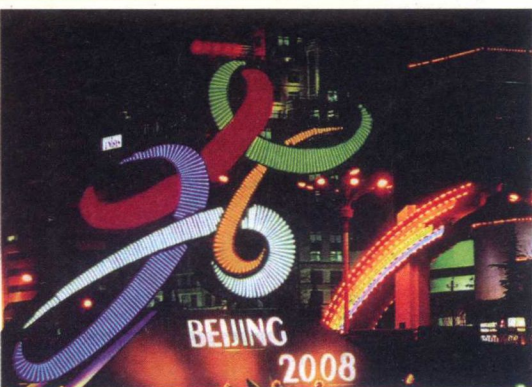
第1节 机械波的衍射和干涉 / 34

第2节 光的干涉 / 37

第3节 光的衍射 / 41

第4节 光的偏振 / 43





第4章 光源与激光 / 48

第1节 光源 / 49

第2节 常用照明光源 / 53

第3节 激光 / 55

第4节 激光的应用 / 58



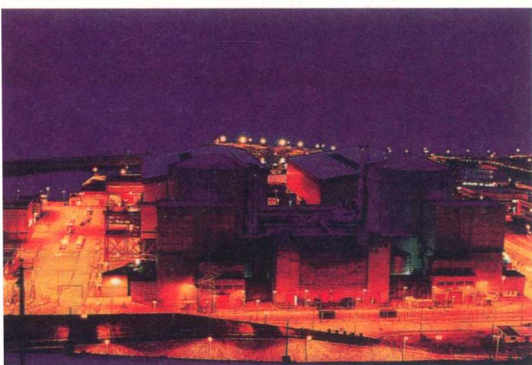
第5章 放射性与原子核 / 60

第1节 天然放射现象 原子结构 / 61

第2节 原子核衰变 / 65

第3节 放射性同位素的应用 / 69

第4节 射线的探测和防护 / 71



第6章 核能与反应堆技术 / 76

第1节 核反应和核能 / 77

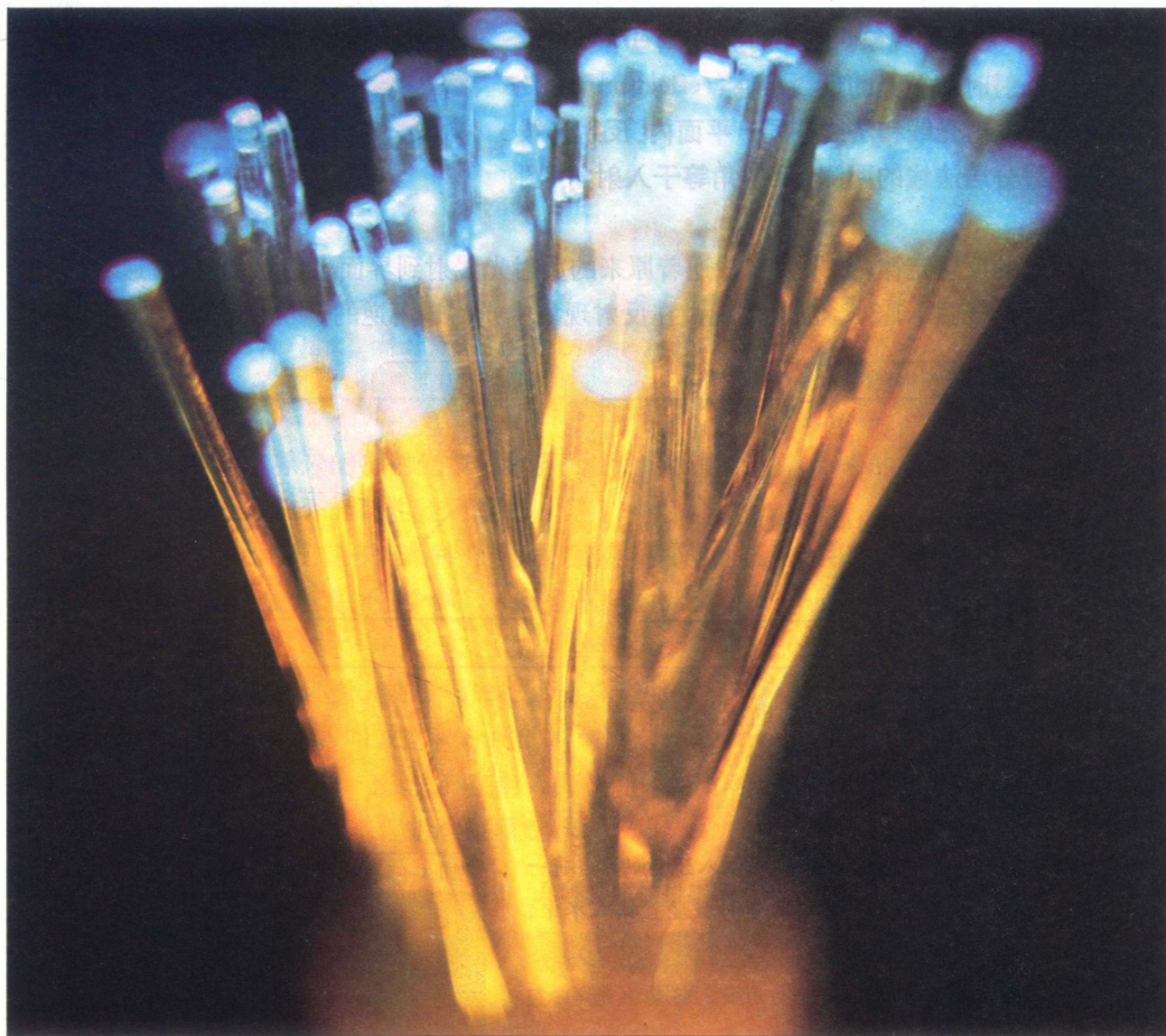
第2节 核裂变和裂变反应堆 / 78

第3节 核聚变和受控热核反应 / 83

课题研究 / 87

第1章

光的折射



光 纤

现代生活及科技领域中光的折射现象的利用越来越多。照相机、投影器、望远镜和显微镜等都是利用透镜的成像规律制成的。

光的折射遵循什么规律？怎样运用透镜的成像规律？这一章我们就来学习光的折射以及透镜的知识。



第1节

光的折射 折射率

在初中我们已经知道,当光从一种介质斜射到另一种介质的分界面时,有一部分光线将返回原来的介质中,而另一部分光线将进入另一种介质,光的传播方向发生了偏折(图1.1-1)。前一种现象叫做光的反射(reflection),后一种现象叫做光的折射(refraction)。

光在反射时遵循光的反射定律(reflection law):反射光线跟入射光线和法线在同一平面内,反射光线和入射光线分居法线的两侧,反射角等于入射角(图1.1-2)。

根据光的反射定律,如果使光线逆着原来的反射光线射到界面上,反射光线就逆着原来的入射光线射出(图1.1-3),也就是说,在反射现象中光路是可逆的。

图 1.1-1 光的反射和折射现象

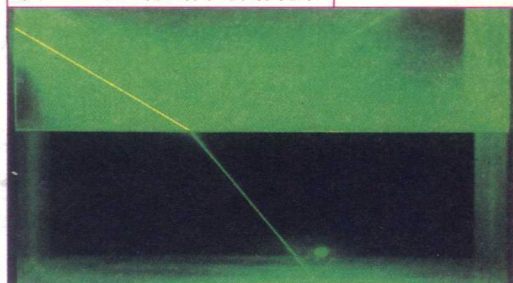


图 1.1-2 反射定律

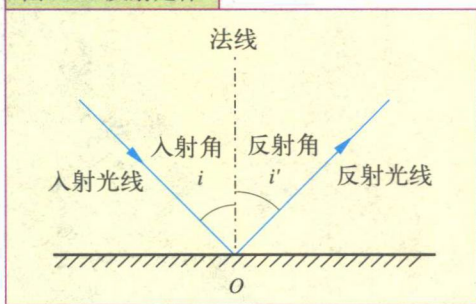
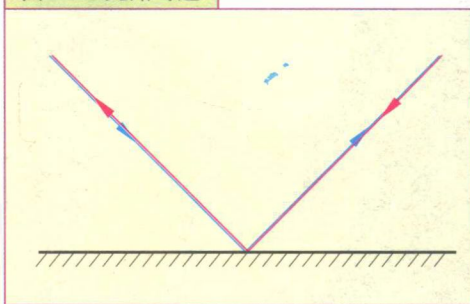


图 1.1-3 光路可逆



光的折射定律 光在折射时又遵循什么规律?

大家做

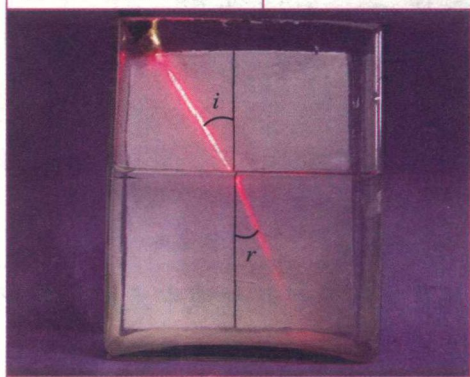
如图1.1-4,在方形玻璃缸中注入适量的水,将一张画有相互垂直的十字线段的塑料板竖直插入水中,使水平线与水面重合。

让激光笔发出的光斜射向水面,移动激光笔,直至入射光线掠过塑料板射在水面上。水中的折射光线是否也掠过了塑料板?

移动塑料板,使塑料板上十字线段的交点与入射光线的入射点重合。观察折射光线跟入射光线和法线的关系。

比较入射角 i (入射光线与法线间的夹角)和折射角 r (折射光线与法线间的夹角)的大小。固定塑料板,增大入射角,观察折射角的变化。

图 1.1-4 观察光的折射



从观察到的现象可以知道, 折射光线跟入射光线和法线在同一平面内, 折射光线和入射光线分别位于法线的两侧。入射角越大, 折射角也越大。

但是入射角跟折射角之间究竟有什么定量的关系呢? 1621年, 荷兰数学家斯涅耳找到了入射角与折射角之间的规律: 入射角*i*的正弦跟折射角*r*的正弦成正比。结合前面观察中得到的结论, 光的**折射定律 (refraction law)**可表述为:

折射光线跟入射光线和法线在同一平面内, 折射光线和入射光线分居法线的两侧, 入射角的正弦跟折射角的正弦成正比。如果用*n*表示这个比例常数, 就有

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

例如, 在上面的实验中, 当光从空气以入射角为53°射入水中时, 可以测得折射角为37°, 其比值为1.33。

大家做

将激光笔发出的光从水中射入空气, 观察入射角与折射角是怎样变化的。入射角比折射角大还是小? 入射角*i*增大, 折射角*r*怎样变化?

如果让光线逆着原来的折射光线射到界面上, 光线就会逆着原来的入射光线发生折射。这就是说, 在折射现象里, 光路也是可逆的。

折射率 当光从真空进入某种介质时, 虽然入射角的正弦跟折射角的正弦之比为一个常数*n*, 但对不同的介质来说, 这个常数*n*却是不同的。例如, 光从真空射入水晶时, 这个常数约为1.55; 光从真空射入水中时, 这个常数约为1.33。可见这个常数*n*跟介质有关, 它是一个反映介质光学性质的物理量。物理学中把光从真空射入某种介质发生折射时, 入射角*i*的正弦跟折射角*r*的正弦之比*n*, 叫做这种介质的**折射率 (refractive index)**。

折射率*n*的大小说明了光线从真空射入介质时, 介质对光线的偏折程度, 其值越大, 偏折程度越大; 其值越接近于1, 偏折程度就越小。

表 1-1 几种介质的折射率

材 料	折 射 率	材 料	折 射 率
金 刚 石	2.42	二 硫 化 碳	1.63
玻 璃	1.5 ~ 1.9	甘 油	1.47
树 脂	1.5 ~ 1.8	酒 精	1.36
水 晶	1.55	水	1.33
冰	1.31	空 气	1.00028

大家做

设法用激光笔比较水和油的折射率。

研究表明,光在不同介质中的速度不同,这与光的折射现象有密切关系。某种介质的折射率,等于光在真空中的传播速度 c 跟光在介质中的传播速度 v 之比。即

$$n = \frac{c}{v}$$

由于光在真空中的传播速度 c 大于光在任何其他介质中的传播速度 v ,所以任何介质的折射率 n 都大于1,光从真空射入任何介质时, $\sin i$ 都大于 $\sin r$,即入射角大于折射角。

光在真空中的速度跟它在空气中的速度相差很小,通常情况下可以认为光从空气射入某种介质时,入射角的正弦与折射角的正弦之比等于那种介质的折射率。

例题 如图1.1-5所示,光线从空气射入某种树脂,当反射光线与入射光线垂直时,反射光线和折射光线正好成 110° ,求这种树脂的折射率。

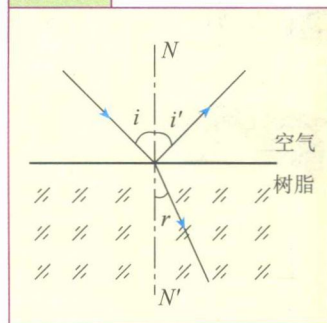
解: 由反射定律可知,题中的入射角 $i = 45^\circ$,折射角

$$r = 180^\circ - 45^\circ - 110^\circ = 25^\circ$$

由折射率的定义可求得这种树脂的折射率为

$$n_{\text{树脂}} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 45^\circ}{\sin 25^\circ} = \frac{0.707}{0.423} = 1.67$$

图 1.1-5



测量玻璃的折射率

当光斜射入两面平行的玻璃砖时,从玻璃砖射出的光线与入射光线平行,只是产生一定的侧移(同学们可以自己证明),如图1.1-6所示。只要确定入射光线和射出光线的方向,就能测出入射角 i 和折射角 r ,从而求出折射率 n 。

在绘图板上固定一张白纸,在白纸上先画一条直线 aa' 作为界面,过 aa' 上的一点 O 画出界面的法线 NN' ,并画一条线段 AO 代表入射光线的径迹。然后将玻璃砖放在白纸上,使它的长边跟 aa' 对齐,画出玻璃砖的另一边 bb' 。

用激光笔发出的窄光束沿 AO 射向玻璃砖,找出窄光束从玻璃砖射出的位置 O' ,并画在白纸上。

移去玻璃砖,过 OO' 画直线,入射角为 $i = \angle AON$,折射角为 $r = \angle O'ON'$ (图1.1-7)。

图 1.1-6

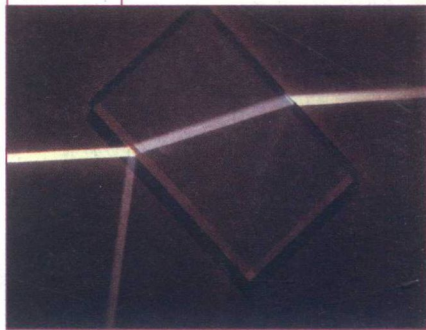
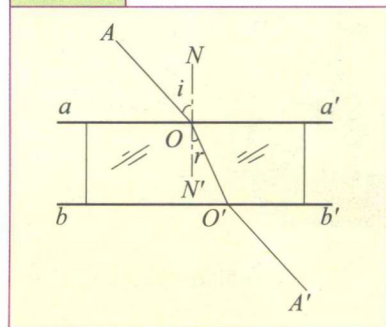


图 1.1-7



用量角器测出入射角 i 和折射角 r ，则玻璃的折射率为

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

改变入射角的大小，看看所测的玻璃的折射率是否大致相同。

问题与练习

1. 在折射现象中，下列说法中正确的是：

A. 折射角一定比入射角小；

B. 光从真空射入不同介质，入射角一定时，折射角大，表示该介质的折射率大；

C. 介质的折射率大，光在其中的传播速度小；

D. 入射角扩大多少倍，折射角也同样扩大多少倍。

2. 图 1.1-8 是光由空气射入半圆形玻璃砖，再由半圆形玻璃砖射入空气中的光路图。 O 点是半圆形玻璃砖的圆心。指出哪些情况是可能发生的，哪些情况是不可能发生的。

3. 光以 60° 的入射角从空气射入折射率为 $n = \sqrt{3}$ 的玻璃中，折射角是多大？画出光路图。

4. 一个三棱镜的横截面是等边三角形，其折射率为 $n = \sqrt{3}$ ，一束光线从空气射入，入射角为 60° (图 1.1-9)。画出这条光线的光路。

5. 光从空气射入水中，当入射角从 0° 到 90° 间变化时，折射角在什么范围内变化？

图 1.1-8

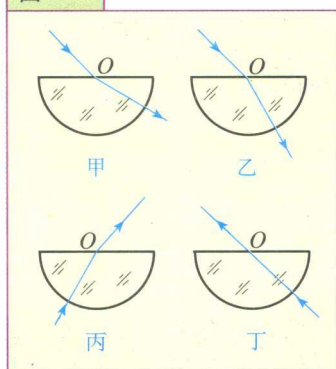
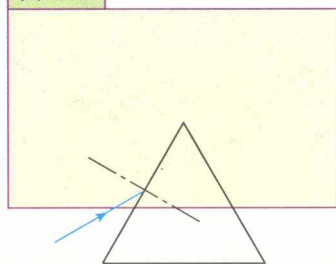


图 1.1-9



第2节 全反射 光导纤维

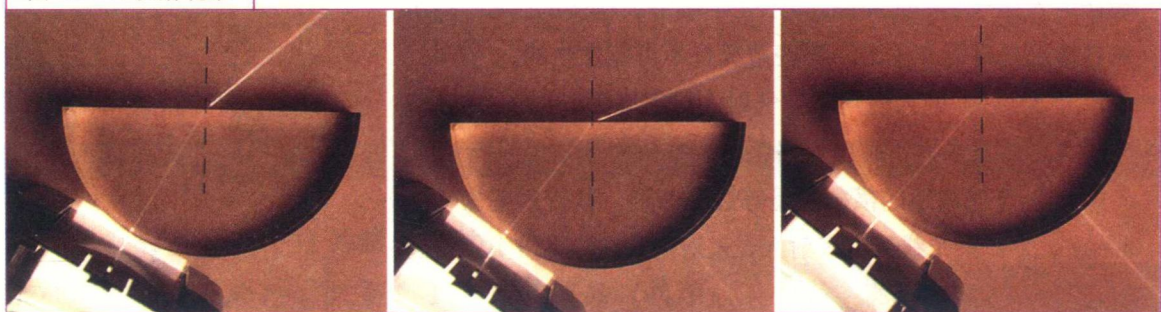
光的全反射现象 不同介质的折射率是不同的,我们把折射率较小的介质叫做光疏介质,折射率较大的介质叫做光密介质。光疏介质和光密介质是相对的,例如水、玻璃和金刚石三种物质相比较,玻璃对水来说是光密介质,对金刚石来说是光疏介质。根据折射定律可知,光由光疏介质射入光密介质时,折射角小于入射角;光由光密介质射入光疏介质时,折射角大于入射角。

既然光由光密介质射入光疏介质时,折射角大于入射角,由此可以预测,当入射角增大到一定程度时,折射角就会增大到 90° ,如果入射角再增大,会出现什么情况呢?

演 示

如图1.2-1所示,用平行光源发出的窄光束沿着半圆形玻璃的半径射到平直的边上,会同时看到反射光线和折射光线。逐渐增大入射角,观察反射光线和折射光线有什么变化。

图 1.2-1 全反射现象



由实验可知,当光沿着半圆形的玻璃砖的半径射到平直边上时,一部分光从玻璃砖平直的边上折射到空气中,另一部分光反射回玻璃内。逐渐增大入射角,将会看到折射光离法线越来越远,而且越来越弱,反射光却越来越强。当入射角增大到某一角度,使折射角达到 90° 时,折射光完全消失,只剩下反射光,这种现象叫做**全反射 (total reflection)**。

我们把折射角等于 90° 时的入射角叫做**临界角 (critical angle)**,用符号 C 表示。

显然,要发生全反射,光线不仅要从光密介质射向光疏介质,而且入射角要等于或大于临界角。

不同的介质,由于折射率不同,在空气中发生全反射的临界角也就不一样。下面我们计算折射率为 n 的某种介质在空气(或真空)中发生全反射时的临界角 C 。

由于临界角 C 是折射角等于 90° 时的入射角,还由于光路是可逆的,因此根据折射定律可得

$$\frac{\sin 90^\circ}{\sin C} = n$$

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

从折射率表中查出介质的折射率，就可以用上式求出光从这种介质射到真空或空气时的临界角。金刚石的临界角为 24.4° ，各种玻璃的临界角为 $32^\circ \sim 42^\circ$ ，水的临界角为 48.8° 。

在自然界中，光的全反射现象经常可以看到。例如，金刚石经过一定的方式切割，进入其中的光线在金刚石内部经过多次全反射后可以从某个表面射出。由于几乎在所有方向都能从金刚石上方看到射出的光线，所以金刚石在光照下显得璀璨夺目（图 1.2-2）。

图 1.2-2 金刚石在光照下显得璀璨夺目

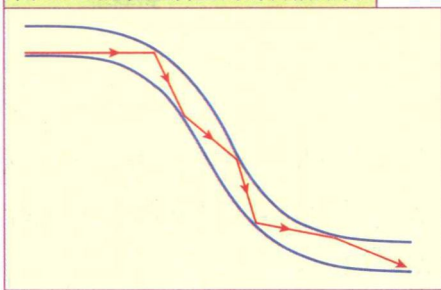


光导纤维 光导纤维简称**光纤 (optical fiber)**。图 1.2-3 是市面上的玩具光纤“满天星”，它由一个简易手电筒和数百根长短不一的塑料丝组成。晚上启动电筒开关后，它会给人留下数不清的“亮星”飘动的感觉。这是因为从塑料丝的一端射进丝内的光线，在丝的内壁多次发生全反射，沿着锯齿形路线由丝的另一端传了出来。塑料丝就像一个能传光的纤维一样（图 1.2-4）。

图 1.2-3

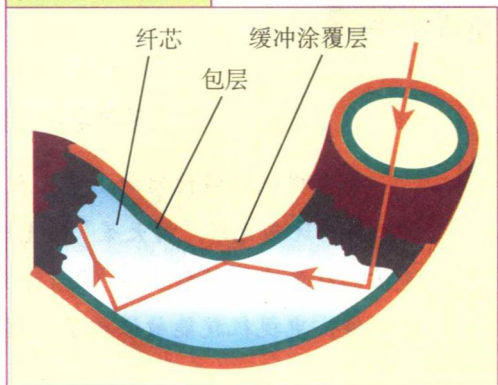


图 1.2-4 光在塑料丝内的传播路径



实用的光导纤维是用纯度极高的玻璃等透明材料拉制成的极细（直径只有几微米到一百微米之间）的纤维。它由纤芯和包层组成（图 1.2-5）。纤芯材料的折射率比包层的大，在纤芯中传播的光会在纤芯和包层的界面上发生全反射，使得光在光纤中沿纤芯传播。实际的光纤在包层外面还有一层缓冲涂覆层，其作用是保护光纤免受环境污染和机械损伤。

图 1.2-5 光纤结构



大家做

用光纤传输图像

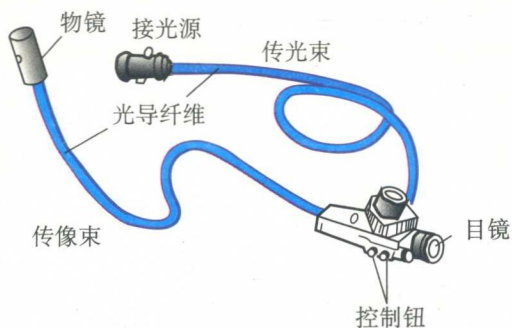
从玩具光纤“满天星”头上拆下相同长度、相同颜色的光纤按如图 1.2-6 捆成平行排列的一束，在这捆光纤的一端粘上一个十分简单的字符（例如字母 B）并让其对准明亮的光源，用肉眼观察这捆光纤的另一端，你发现了什么？

图 1.2-6 光纤传像

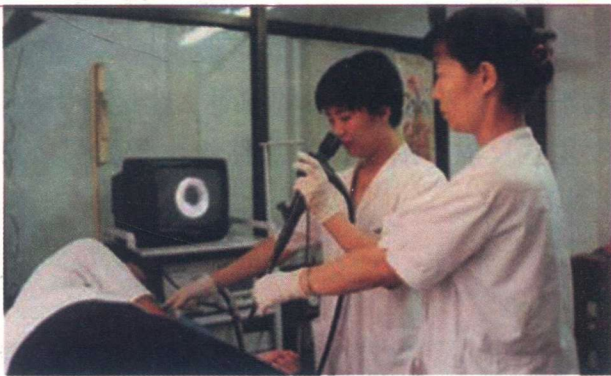


医学上用光导纤维制成内窥镜（图 1.2-7），用来检查人体胃、肠、气管等内脏的内部。实际的内窥镜装有两组光纤，一组用来把光传送到人体内部用于照明，另一组用来观察。

图 1.2-7



甲 内窥镜示意图



乙 医务人员正在用内窥镜为患者检查身体

我们知道，光也是一种电磁波，它可以像无线电波一样，作为一种载体来传递信息。载有声音、图像以及各种数字信号的激光从光纤的一端输入，就可以沿着光纤传输到千里以外的另一端，实现光纤通信。

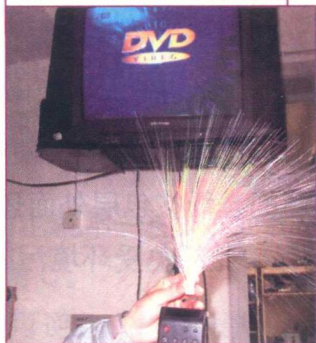
下面，我们再利用“满天星”来做一个通信实验研究。

大家做

多向电视遥控器

将电视机的遥控器向上竖直放置，使其不能对电视进行遥控。再将玩具光纤“满天星”的光纤头拆下，临时放置在电视遥控器红外发射管的上方（图 1.2-8），这时再按动电视遥控器的按键，电视机就能被遥控了。想一想，这是为什么？

图 1.2-8 多向电视遥控器



光纤通信的主要优点是容量大、衰减小、抗干扰能力强。例如一对光纤的传输能力理论值为二十亿路电话，一千万路电视；而当今世界最大的“国际通信卫星6号”也只能传输3.3万路电话，4路电视。即便是现在已实际采用的数十万路电话的光纤通信，也较卫星通信容量大。

要使光纤能实际用于通信，必须制成光缆（图1.2-9），对光纤进行保护：在光缆中心使用钢丝以增强光缆的抗拉强度；在光缆内部装有阻水、抗压的保护层；在光缆的最外部还有保护层。

陆地上的光缆通常埋在地面下1 m左右深处。在靠近海岸的地方，光缆被埋在沟里。有些光缆由于需要还被放在深水底部，置于深水中的光缆有时会被鱼类咬坏或被渔船撞坏。光缆在当今通信中发挥着重要作用，但是由于人为的因素，光缆被挖断、被盗割的现象时有发生，导致局部地区通信中断，造成重大的损失。我们要注意保护光缆。

目前我国电信网络的干线光缆已超过30万千米，已经基本形成以光缆为主体，以微波接力和通信卫星为辅助手段的大容量数字干线传输网络，其覆盖范围包括全国地级以上城市和90%的县级市及大部分乡镇，并与世界主要国际信息网络连通。

在长距离通信中光纤早已唱起了主角。但在短距离如家庭内、交通工具内、办公大楼及办公室内的通信和多媒体传输中光纤的运用目前还很少。

塑料光纤在高速短距离通信传输中具有低成本，易连接，易加工和易弯曲等优势，它在网络全光化的入户接入方面具有广泛的应用前景。近年来，各国对塑料光纤的研制和应用开发已取得了较大的进展。

图 1.2-9 光缆



大家做

到本地通信部门了解本地光缆铺设和维护的情况，了解本地利用光缆开展电信、有线电视和互联网业务的情况。协助本地通信部门搞一次维护光缆安全的宣传活动。

问题与练习

1. 光从空气射入水中，要想使折射角等于 30° ，入射角应多大？
2. 有一种高折射率的玻璃微珠，所用材料的折射率达到2，它的临界角是多大？
3. 光从折射率为 $\sqrt{2}$ 的介质以 40° 的入射角射到介质与空气的界面上时，能够发生全反射吗？
4. 通过书刊及因特网查找内窥镜在医疗以及其他技术领域应用的实例。

第 3 节 棱镜和透镜

棱镜 常用的棱镜是横截面为三角形或梯形的三棱镜，通常简称为**棱镜 (prism)**。棱镜可以改变光的传播方向 (图 1.3-1)，还可以使白光发生色散 (图 1.3-2)。

图 1.3-1

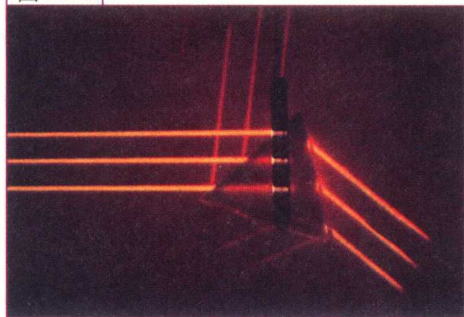
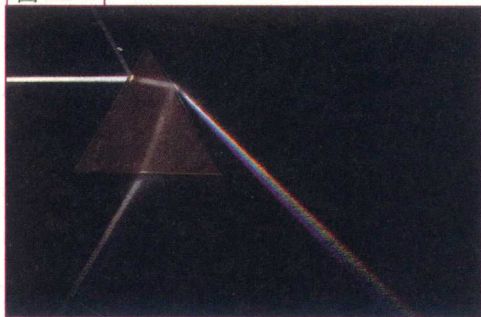


图 1.3-2



如图 1.3-3 所示，从玻璃棱镜的一个侧面射入的光，从另一个侧面射出，射出的方向跟射入的方向相比，明显地向着棱镜的底面偏折。这是因为光在棱镜的两个侧面上发生折射，每次折射都使光线向底面偏折的缘故。偏折的程度用偏向角 θ 表示。

在光学仪器中，常常用横截面是等腰直角三角形的棱镜来改变光路。由于玻璃对空气的临界角小于 45° ，所以在图 1.3-5 所示的各种情况中都会发生全反射。因此这种棱镜也叫**全反射棱镜**。

图 1.3-3

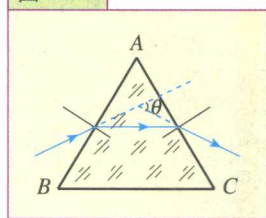
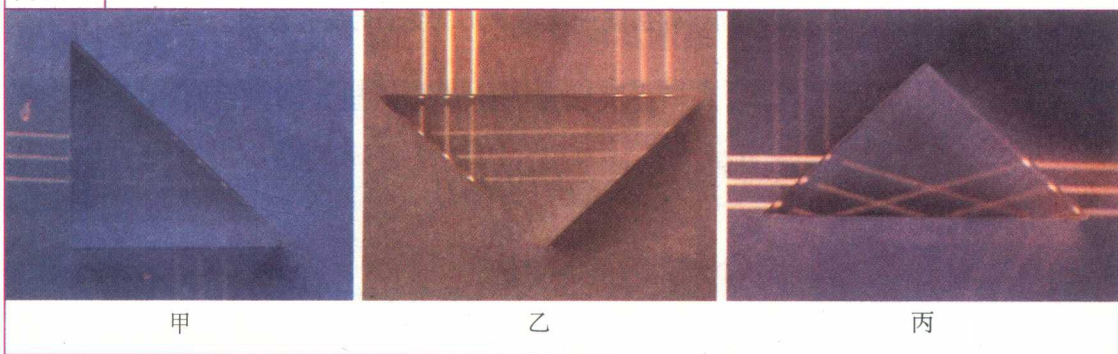


图 1.3-4



在图 1.3-4 甲中，棱镜使光束方向改变了 90° ，这种棱镜常用在潜望镜里 (图 1.3-5 甲)；在图 1.3-4 乙中，棱镜使光束方向改变了 180° ，望远镜为了获得较大的放大倍数，镜筒要很长，使用两块这种棱镜，就能缩短镜筒的长度 (图 1.3-5 乙)；在图 1.3-4 丙中，棱镜改变了光束的上下位置，可以使物像倒置。