

教案·学案一体化



教与学

整体设计

JIAO YU XUE ZHENG TI SHE JI

北京全品教育研究所 组编

高中物理

(第三册)

高三年级用



教案学案一体化

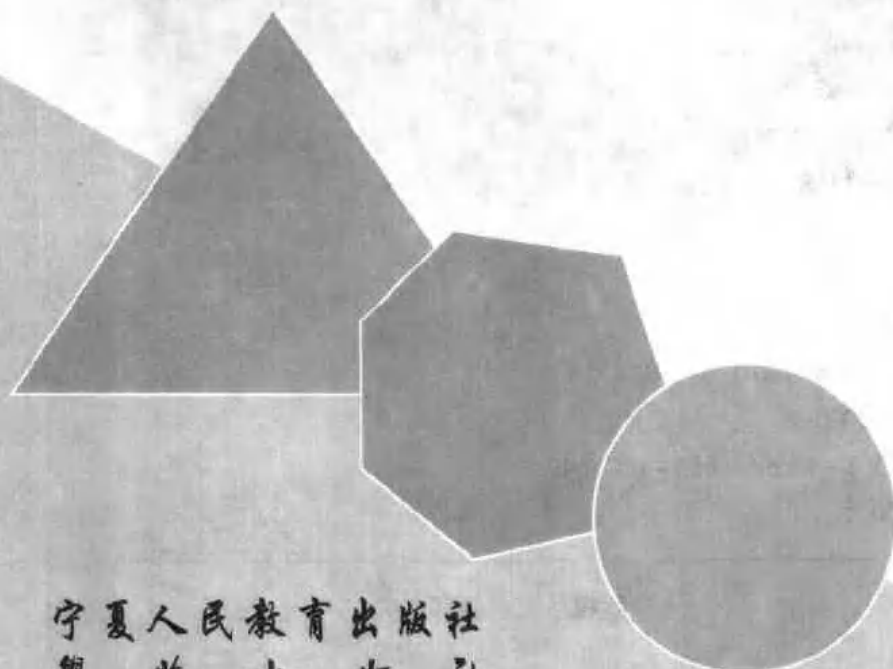
教与学
整体设计

JIAO YU XUE ZHENG TI SHE JI

高中物理

第三册

主编：黄 祥



宁夏人民教育出版社
学苑出版社

图书在版编目(CIP)数据

教与学整体设计·高中物理·第3册/黄祥主编.
—银川:宁夏人民教育出版社,2004.5
ISBN 7-80596-685-0
I.教... II.黄... III.物理课—高中—教学参考资料 IV.G634
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 023958号

高中物理(第三册)

责任编辑 李庆恒
封面设计 前卫艺术
版式设计 王立科
责任校对 孙剑虹
责任印制 来学军
出版发行 宁夏人民教育出版社 学苑出版社
地 址 银川市解放西街47号
网 址 www.nx-cb.com
电子信箱 nrs@public.yc.nx.cn
经 销 新华书店
印 刷 三河新艺印刷厂
开 本 850×1168 大 1/16
印 张 7.5
字 数 172千字
版 次 2004年6月第1版
印 次 2004年6月第1次印刷
印 数 1—10000册
书 号 ISBN 7-80596-685-0/G·640
定 价 9.00元

版权所有 翻印必究

编委会名单

丛 书 主 编：王 生

丛书执行主编：张国声

总 策 划：肖忠远 李记震

丛 书 编 委：王 生 张国声 陆 斌 陆宫羽

汤宏辞 王兴周 吴伟丰 顾云松

陶 浩 陈允飞

学 科 主 编：王兴周

本 册 主 编：黄 祥

编 者：黄 祥 韩险峰 薛 辉

教与学整体设计

——一种课堂教学操作载体的有效实践

王生

第三次全国工作会议后,中共中央国务院颁发了《关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》,2001年国务院又召开了全国基础教育工作会议并颁布了《关于基础教育改革与发展的决定》,教育部也颁布了《基础教育课程指导纲要》,这一系列文件的颁布,对我国基础教育的发展起到了极大的推动作用。同时也对我们的教育理念、教育方式、学习策略带来了深刻的变革。

课堂教学是实施素质教育的主渠道,课堂教学如何“以教师为主导,以学生为主体”是教育理念的一次重大变革。教学模式如何从“灌输——接受”转向研究性学习,学习方式如何从“独立学习”向“自主合作探究”方式转变。教师应如何“导”?学生如何“学”?学生的“主体性”如何实现?这是转型时期困惑我国广大中小学教师的一个重大难题,教是为了学生更好的学,教与学如何协调进行,需要我们在新的教育理念指导下重新审视,整体设计。我校从20世纪90年代开始,在校内进行了“教案学案一体化”的教改实验,取得了非常好的教学效果。为了将这一成果及时总结提高,推向全国,我们特组织编写了这套《教与学整体设计——教案学案一体化》丛书。

该套丛书最大的特点是兼顾了“教案”和“学案”的特点,既可作为教师备课教学时参考,亦可作为学生自主学习时参考。它是一套真正地走进课堂供师生互动使用的辅助材料。它区别于其他教辅资料的最大不同在于是按“课时”来编写的,具有详细的教学过程设计,重点解决每教时教材内容如何讲授、如何拓展,最终达到培养学生创新精神和实践能力的目的,使学生的综合素质得到提高。用通俗的话说:“学生拥有了这本书,就相当于把启东中学的老师请到身边来,相当于坐到了启东中学的课堂中听老师讲课。”

我校创办于1928年,位于长江北岸、黄海之滨,占地350亩,建筑面积8.5万平方米,教育设施现代化,现有88个教学班。1990年成为江苏省首批合格重点中学,1998年通过国家级示范性普通高中的评估验收。学校坚持全面贯彻党的教育方针,把“坚持全面发展,培养特色人才,为学生的终生发展奠基”作为自己的办学理念。十多年来,高考成绩一直居全省前列,重点本科率稳定在95%以上。2000年高考中,一个班10人考取清华大学,2001届一个班又有12名学生考取清华大学,2003届一个班有20人考取清华、北大,还有20人考取复旦、交大,创造了前所未有的记录。1999、2000、2001、2002、2003年,连续五年囊括全省中学生数理化生各学科竞赛团体总分第一;1995年以来,在国际中学生奥林匹克竞赛中获得六金两银的优异成绩,其中2001年一举获得2枚金牌;陈建鑫同学在美国华盛顿举行的第42届国际中学生奥林匹克竞赛中获得金牌,施陈博同学在土耳其安塔利亚举行的第32届国际中学生物理奥林匹克竞赛中夺得金牌。在教育部公布的获得2001年高校保送生资格的名单中,启东中学有38名同学榜上有名,在全国所有重点中学中名列前茅。2001年下半年,又有39人获学科竞赛一等奖。樊向军、张峰、陆泳浩、徐宇杰入

选国家数学、物理、化学冬令营。其中樊向军、张峰代表国家于2002年5月4日参加在印度尼西亚举行的第三届亚洲中学生物理奥林匹克竞赛,这次竞赛共设立11块金牌,来自15个国家和地区的100多名中学生选手进行角逐,中国代表队最终获得7枚金牌,启东中学独占两枚。其中樊向军同学还于2002年7月初获得第33届国际中学生物理奥林匹克竞赛金牌。2003年7月16日,我校倪犇博同学在第35届国际中学生化学奥赛上荣获金牌。同时,初一学生钱轶嵩、邢豫盛双获华罗庚金杯赛银牌。在体育、文艺、小发明、小制作等方面均涌现了不少特长学生。

这些成绩的取得,除了有一支高水平教师队伍和师生们的勤奋之外,最主要的一点就是我们狠抓课堂教学。近10年来,一直坚持集体备课,对教与学进行整体设计,采用教案学案一体化这种先进的载体具体操作落实。我们认为,这是针对中小学教学的弊端面实施的一种教与学的革命,它是集教育理念、教学行为和学习方法为一体的一种全新的教育范式。这种教育范式在总体上符合素质教育的基本精神,因为这种教学载体是在尊重学生主体地位的前提下,运用探究方法和理论联系实际的方法让学生感悟、体验、内化知识,培养学生的创新精神和实践能力。它力图改变传统的“灌输”“识记”的“填鸭”式教学,鼓励学生投入生活,亲身实践,自主选择,主动探究。它充分尊重青少年的探究本能和个性,把思维空间留给学生;把自学方法教给学生;把学习的主动权交给学生;把自主时间还给学生。它强调教师在“做中教”,学生在“做中学”,让学生综合运用各学科的知识,发现和提出问题,自主分析和解决问题,表达研究成果。最终变厌学为爱学,由爱学到乐学、会学、善学、巧学。

这套丛书全部由我校一线骨干教师编写,并得到了江苏省其他地区重点中学的审改,我代表学校对兄弟学校的无私帮助表示衷心的感谢。同时,我们也得到了宁夏人民教育出版社、学苑出版社、北京全品教育研究所的大力支持和帮助,在此,一并表示诚挚的谢意。

由于时间及作者本身认识和教学实践水平所限,本丛书定有不足和疏漏之处,恳请广大读者提出批评和修改意见。

(作者系江苏省启东中学校长兼党委书记、特级教师、博士)

2004年3月

目 录

第十九章	光的传播	(1)
	一 光的直线传播	(1)
	二 光的折射	(4)
	三 全反射	(8)
	四 光的色散	(13)
	第十九章复习与验收	(16)
第二十章	光的波动性	(23)
	一 光的干涉	(24)
	二 光的衍射	(28)
	三 光的电磁说	(31)
	四 光的偏振	(34)
	五 激光	(37)
	第二十章复习与验收	(38)
第二十一章	量子论初步	(44)
	一 光电效应 光子	(44)
	二 光的波粒二象性	(48)
	三 能级	(52)
	四 物质波	(56)
	第二十一章复习与验收	(59)
第二十二章	原子核	(65)
	一 原子的核式结构 原子核	(66)
	二 天然放射现象 衰变	(69)
	* 三 探测射线的方法	(73)
	四 放射性的应用与防护	(73)
	五 核反应 核能	(77)
	六 裂 变	(80)
	七 轻核的聚变	(84)
	第二十二章复习与验收	(87)
参考答案		(94)

第十九章 光的传播

一、本章教学目标概览

内容和要求	演示
光的折射定律(B)	光的折射定律
折射角(B)全反射(B)	全反射
光导纤维(A)	光导纤维的应用
光的色散(A)	光通过棱镜时的偏折和色散

二、本章重点难点

重点:光的直线传播;
光的折射定律;
全反射及其应用。

难点:介质的折射率;
光的全反射现象及有关的现象解释。

三、本章课时安排

内容	课时	备注
§ 19—1 光的直线传播	1	§ 19—1 为第一单元

§ 19—2 光的折射	1	§ 19—2 ~ § 19—4 为二单元
§ 19—3 全反射	1	
§ 19—4 光的色散	1	
第十九章复习验收	1	

四、导入新课

光的直线传播是我们在初中已经学习过的,可在复习初中内容的基础上对这部分知识进一步拓宽、提高。光的折射定律是在初中学习光的折射规律的基础上进行定量研究,并引入折射率的概念。全反射现象及其临界角则是全新的知识,光的色散在初中是选学知识,本章则在此基础上增加了光的频率与折射率之间的定性关系。

从原则上讲,知道了光在同一种均匀介质中和在两种介质分界面处的传播规律,就可以知道光在介质中的传播规律。在学习过程中一定要注意搞清楚有关的基本概念的含义,理解有关的基本规律和特点,并利用这些概念和规律解决实际问题。

一 光的直线传播

一、教学目标概览

1. 知道光源、光线、光束、光速等概念,理解平行光束、会聚光束、发散光束的区别。
2. 正确理解光在同一种均匀介质中是沿直线传播的,并能利用这一规律分析解释小孔成像、日食、月食、影子等现象。
3. 知道人的眼睛是如何看到物体的,如何确定物体位置的。
4. 知道真空中光速 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, 介质中的光速小于真空中的光速,知道真空中的光速是光速的极限。

二、聚焦重点难点

重点:光在同一种均匀介质中是沿直线传播的。

并利用这一规律解释日常生活中的一些现象。

难点:日食、月食的成因;人们确定物体位置的方法及原理。

三、教与学师生互动

教学过程

在回顾初中所学知识的基础上,通过阅读教科书、同学之间分组讨论、全班讨论、总结等形式加深理解。

(一)光源:自行发光的物体

1. 点光源:是一个理想化的模型。如果光源很小,而且它到观察者的距离很远,可以将其视为点光源。
2. 光源是把其他形式的能量转化为光能的装置。

(二)光的直线传播 光线

1. 光介质(媒质):光能够在其中传播的物质.
2. 在同一种均匀介质中,光是沿直线传播的.
3. 表示光的传播方向的线叫做光线.光线是为了研究光的传播规律而引入的,是一种科学的抽象,实际并不存在.

4. 有一定关系的一些光线的集合称为光束.光束可分为平行光束、会聚光束和发散光束.

5. 现象解释:小孔成像、日食、月食、影.

(三)人眼对物体位置的判断

1. 光射入人的眼睛里,可使人眼产生视觉反应.
2. 人眼在观察物体时,是根据射入眼睛的那部分光线的方向和光沿直线传播的经验来判断物体位置的.

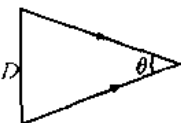
(四)光速:光的传播速度

1. 光是以有限的速度向外传播的,光在空间的传播需要一定的时间.
2. 光在真空中的传播速度最大, $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$.
3. 真空中的光速是目前人类已知的最大速度.
4. 光在不同介质中的传播速度不同.
5. 光速的测定:伽利略最早做了测定光速的尝试,但失败了(为什么?).

罗默用天文观测的方法测定了光速.

迈克尔逊用旋转棱镜法测定了光速.

【例1】 月球直径对观察者眼睛所张的角度为 0.5° , 地球与月球间的距离为 $3.8 \times 10^5 \text{ km}$, 那么月球的直径约为多少千米?



【解析】 设月球直径为 D , 如图 19-1-1 所示, 已知地球与月球间距离 $r = 3.8 \times 10^5 \text{ km}$, 月球直径所张角度 $\theta = 0.5^\circ$.

由于所张角度很小, 可认为月球直径 D 等于 θ 角所对圆弧的长度, 因此可以近似求得 D .

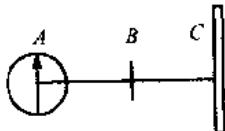
$$D/\theta = \pi r/180^\circ,$$

$$D = \pi r \theta / 180^\circ = 3.14 \times 3.8 \times 10^5 \times 0.5^\circ / 180^\circ = 3.3 \times 10^3 \text{ km}.$$

【答案】 月球的直径约为 3.3×10^3 千米.

【点评】 利用光的直线传播这一规律, 可以估测月球的直径.

【例2】 如图 19-1-2 所示, A 是直径为 10cm 的发光圆面板, B 是直径为 5cm 的圆形遮光板, C 为光屏, 三者中心共轴平行放置, AB 之间间隔 200cm , 当 C 离 B 多远时正好



例 19-1-2

在屏上的本影消失只有半影? 这时半影环的半径是多少? 本影可取得的最大直径是多少?

【解析】 若使本影区正好在屏上消失, 示意图应如图 19-1-3 所示, 由相似形可知: $(x' + 200)/x' = D/d$.

所以 $x' = 200\text{cm}$, 即 C 离 B 为 200cm 处时屏上的本影正好消失.

同理: $D/d = (200 - x)/x$, 所以 $x = 200/3\text{cm}$.

再由相似形知: $2R/d = (200 + x)/x$, 解得 $R = 10\text{cm}$, 即半影环的半径为 10cm .

而本影可取的最大直径就是遮光板 B 的直径 5cm .

【答案】 当 C 离 B 200cm 正好在屏上的本影消失只有半影; 这时半影环的半径 $R = 10\text{cm}$;

本影可取的最大直径为 5cm .

【点评】 光的直线传播所不能到达的区域称为影子. 光线完全不能到达的区域为本影区, 有部分光线能够到达的区域为半影区.

【例3】 下列关于日食和月食的说法中, 正确的是 ()

- A. 在月球的本影区内能看到日全食
- B. 在月球的半影区内能看到日全食
- C. 在月球进入地球的半影区时, 可看到月偏食
- D. 在月球全部进到地球的本影区时, 可看到月全食

【解析】 根据光直线传播形成日食、月食的原理, 分别画出月球位于太阳和地球之间、地球位于太阳和月球之间的光路示意图, 如图 19-1-4 所示.

从图甲可见: 在月球的本影区(1)里, 太阳发出的任何光线都被月球挡住了, 所以在区域(1)里可以看到日全食, 看不到太阳任何部分发出的光, 选项 A 正确.

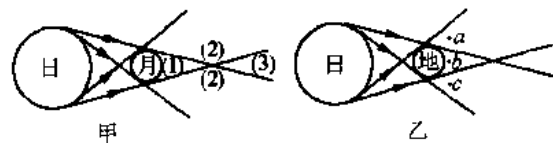


图 19-1-4

在月球的半影区域(2)里, 只有太阳的某一侧的一部分光线射入, 那么在此区域可以看到太阳的一部分, 即看到日偏食, 选项 B 不正确.

在月球的本影区(3)里, 只有靠近太阳四周边缘

部分的光线射入,所以在区域(3)可看到日环食。

从图乙可见: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,只不过比它在影区外稍暗一些,这时在地球上不会看到月食;当月亮的一部分进入地球的本影区 b 时会看到月偏食,当月球全部进入地球的本影区 b 时就会看到月全食了,选项 C 错 D 对。

【答案】 AD

【点评】 不少学生觉得分析日食、月食问题不好下手,其实应抓住以下三点:

(1)日食和月食是由于光的直线传播而形成的。

(2)搞清太阳、月球、地球三者之间的位置关系。发生月食时,地球位于太阳、月球之间;发生日食时,月球位于太阳、地球之间。

(3)无论日食还是月食,都是在地球表面上的人们所看到的。

【例4】 路灯悬于一定的高度,有一个人自路灯的正下方经过,这时他看到自己头部的影子正好在脚下 O 处,此人以不变的速度向前走去,到达另一位

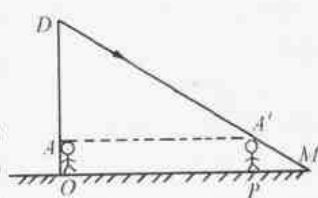


图 19-1-5

置 P 时,他看到自己头部的影子已达到另一点 M 如图 19-1-5 所示,在此过程中他的头部影子的运动情况是 ()

- A. 匀速直线运动 B. 变速直线
C. 匀加速直线运动 D. 匀减速直线运动

【解析】 设路灯离地高度为 h ,此人身高为 L ,速度大小为 v ,他从 O 到 P 所用的时间为 t 。

根据光的直线传播,可得 $\triangle DOM \sim \triangle DAA'$,

所以 $OM/AA' = h/(h-L)$,即 $OM = h/(h-L) \cdot AA'$ 。

在等式的两边同除以时间 t 可得,此人头部影子的平均速度 $v' = OM/t = hv/(h-L)$ 。

因为 h, L, v 都是常数,所以他的头部影子的运动是匀速直线运动。

【答案】 A

【点评】 本题的解答运用到光的直线传播、平面几何知识、力学知识,具有一定的综合性。

小结:光在同一种均匀介质中是沿直线传播的,利用这一规律可以解释日食、月食、影子的形成,还可以在测量中有实际应用。

四、课堂跟踪反馈

【达标练习】

1. 下列关于光线的说法中,正确的是 ()

- A. 光线就是光束
B. 光线是从光源直接发生的实际线
C. 光线是为了研究问题方便而引入的,实际并不存在
D. 光线的引入类似电场线、磁感线,实际并不存在

2. 下列说法正确的是 ()

- A. 光总是沿直线传播的
B. 光在同种介质中总是沿直线传播的
C. 影的产生可用光的直线传播解释
D. 小孔成像是光的直线传播形成的

3. 下列说法正确的是 ()

- A. 眼睛处于本影区和半影区都不能看到光源
B. 眼睛处于本影区和半影区都只能看到光源的一部分
C. 眼睛处于本影区不能看到光源,处于半影区只能看到光源的一半
D. 眼睛处于本影区不能看到光源,处于半影区只能看到光源的一部分

4. 发生日偏食的一个晴朗夏天的中午时分,在浓密的树阴下,可以看见地面上有一个亮斑,这些亮斑是太阳光透过浓密的树叶之间的缝隙照到地面上形成的,这些亮斑的形状应该是 ()

- A. 不规则圆形 B. 规则的圆形
C. 规则的月牙形 D. 以上都有可能

5. 阅读下面的短文,回答问题:

如图 19-1-6 所示,几只鸟在树上“歌唱”,一个听觉良好的女孩在一间门窗紧闭的甲房间内,靠近单层玻璃她既能看到鸟,又能听到室外鸟的“歌声”;她到另一门窗紧闭的乙房间内,靠近双层玻璃(双层玻璃的夹层内抽成真空),她仍能看到鸟,却听不到室外鸟的“歌声”。



图 19-1-6

(1)运用所学的物理知识,解释为什么女孩在乙房间内几乎听不到室外鸟儿的“歌声”?

(2)女孩在两个房间都能看见室外的树上的鸟,而只能在甲房间听到室外鸟的“歌声”,这说明光的传播和声音的传播有什么不同?

【巩固练习】

6. 下列物体不是光源的是 ()

- A. 点燃的火柴 B. 飞在空中的信号弹
C. 中秋节的明月 D. 燃放的礼花

7. 下列关于小孔成像的说法中,正确的是()

- A. 小孔成的像和物体的大小相等
B. 小孔成的像是倒立的实像
C. 小孔成的像是倒立的虚像
D. 小孔成的像是物体的一个影子

8. 某人隔着一本书看日光灯,

如图 19-1-7 所示,则在 a 、 b 、 c 、 d 区域

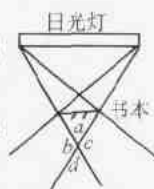


图 19-1-7

- A. 眼睛在 a 区域看不到日光灯的任何部分
B. 眼睛在 d 区域看不到日光灯的任何部分
C. 眼睛在 b 区域能看到日光灯的左端
D. 眼睛在 d 区域能看到日光灯的两端

9. 当太阳、月球、地球运行到一条直线上时,会发生日食、月食,则()

- A. 太阳在地球、月球之间时,在地球上看不到月亮,发生月食
B. 月球在太阳、地球之间时,月球遮住太阳产生日食
C. 月球在太阳、地球之间时,在地球上看到的月球的背光面,这是月食
D. 地球在太阳、月球之间时,在地球朝向月球的一面可以看到月食

10. 光在真空中的传播速度是____,若天狼星距离地球 8.7 光年,那么它到地球的距离是____km.

11. 如图 19-1-8 所示, A 为测某建筑物高度,在太阳光照射下测出该建筑物 AB 的影子 BC 长 21m,竖直着的米尺 ab 的影子 bc 长 0.7m,求建筑物的高度.

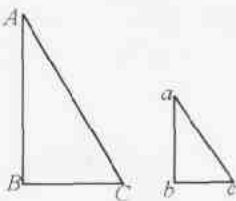


图 19-1-8

12. 除了太阳以外,距离地球最近的恒星发出的光要经过 4.3 年时间达到地球,这颗恒星离地球有多少千米? 我们现在观察到的这颗恒星是它在何时的恒星状态?

13. 在一张硬纸板中央画一半径为 1cm 的圆,并将圆周分成 5 等分,在 5 个等分点处均用缝衣针戳一小孔.晚上,把白炽灯挂在桌子正上方,在桌面上铺一张白纸作为光屏,将戳有小孔的纸板置于白炽灯与白纸之间,如图 19-1-9 所示,适当调节纸板的上下距离,你会发现:由 5 个白色耀眼的 M 状图样组合成的

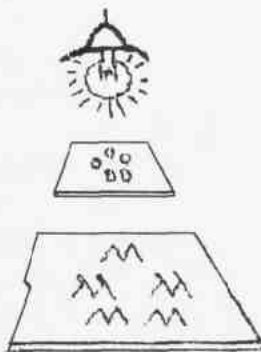


图 19-1-9

一朵梅花呈现在白纸上,你能解释形成以上“奇景”的原因吗?

14. 古希腊某地理学家通过长期观测,发现 6 月 21 日正午时刻,在北半球 A 城阳光与铅直方向成 7.5° 角下射,而在 A 城正南方,与 A 城地面距离为 L 的 B 城,阳光恰好沿铅直方向下射,射到地球的太阳光可视为平行光.如图 19-1-10 所示,据此他估算出了地球的半径.试写出估算地球半径的表达式 $R =$ _____.

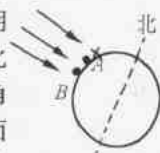


图 19-1-10

15. 一辆实验小车可沿水平地面(图中纸面)上的长直轨道匀速向右运动.有一台发出细光束的激光器装在小转台 M 上,左____右____到轨道的距离 MN 为 $d = 10\text{m}$,如图 19-1-11 所示.转台匀速转动,使激光束在水平面内扫描,扫描一周的时间为 $T = 60\text{s}$.光束转动方向如图中箭头所示.当光束与 MN 的夹角为 45° 时,光束正好射到小车上.如果再经过 $\Delta t = 2.5\text{s}$,光束又射到小车上,则小车的速度为多少?



图 19-1-11

二 光的折射

一、教学目标概览

1. 在初中所学知识的基础上,学习并理解定量描述光的折射现象的定律——折射定律,能将其用来解释有关的光现象和计算有关的问题.

2. 理解介质的折射率的定义,知道介质的折射率

(即介质的绝对折射率)都大于 1,知道介质的折射率与介质中的光速的关系,并能用来进行有关的计算.

3. 知道折射现象中光路是可逆的,并能用来求解有关的问题.

二、聚焦重点难点

重点:1. 光的折射定律及其确切含义。

2. 介质的折射率的意义,介质的折射率与介质中的光速间的关系。

难点:1. 正确理解折射现象中的入射角与折射角之间的定量关系:入射角的正弦与折射角的正弦成正比。

2. 正确理解介质的折射率的定义。

3. 理解并能应用折射现象中光路的可逆性。

三、教与学师生互动

教学过程

光从一种介质射向另一种介质时,在两种介质的界面上有一部分光返回原来的介质中,这是光的反射现象,而另一部分进入另一种介质的光,在另一种介质中又是如何传播的呢?(请同学们回顾初中所学的折射规律,并结合日常所见的实例进行分析、讨论)

(一)光的折射定律

【演示】 利用激光演示仪(或其他实验装置),将一窄光束照射玻璃砖,请学生观察入射光束和折射光束的位置关系;改变窄光束的入射方向,继续观察入射光束和折射光束的位置关系。

1. 讨论和提问:入射光线、入射点、折射光线、法线、入射角、折射角;折射光线与入射光线、法线的位置关系。

定性讨论:当光线从空气射向玻璃(或水)中,折射角与入射角的大小关系;

当光线从玻璃(或水)射向空气中,折射角与入射角的大小关系。

2. 入射角跟折射角之间的关系:入射角增大或减小时,折射角亦随之增大或减小;

入射角的正弦跟折射角的正弦成正比。

3. 结论:(1)光从一种介质射向另一种介质时,传播方向发生改变的现象叫光的折射,如图 19-2-1 所示。

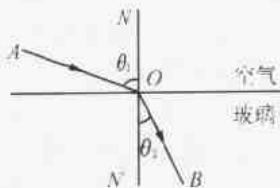


图 19-2-1 光的折射

(2)光的折射定律: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;入射角的正弦跟折射角的正弦成正比,亦即

$$\sin \theta_1 / \sin \theta_2 = n.$$

(二)折射率

1. 光从真空射入某种介质发生折射时,入射角 θ_1 的正弦与折射角 θ_2 的正弦之比 n ,叫做这种介质的绝对折射率,简称这种介质的折射率。

2. 折射率是反映光线在介质界面发生偏折程度的物理量,与入射角的大小无关.在入射角相同的情况下,介质的折射率越大,折射光线偏离原方向的程度越厉害。

3. 某种介质的折射率,等于光在真空中的传播速度与光在这种介质中的传播速度之比,即: $n = c/v$. 由于 $c > v$, 所以任何介质的折射率 n 都大于 1。

4. 在使用公式 $n = \sin \theta_1 / \sin \theta_2$ 计算时,无论光从真空(或空气)进入介质,还是从介质进入真空(或空气),都应把 θ_1 理解为光线在真空(或空气)中与法线的夹角,把 θ_2 理解为光线在介质中与法线的夹角。

5. 光由介质 1 射入介质 2,这时的折射率叫做介质 2 对介质 1 的相对折射率,通常用 n_{21} 来表示. $n_{21} = \sin \theta_1 / \sin \theta_2$. 显然: $n_{21} = n_{12}$; $n_{21} = n_2 / n_1 = v_1 / v_2$; $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$.

(三)折射现象中,光路是可逆的

1. 让光线逆着原来的折射光线射到界面上,光就会逆着原来的入射光线发生折射。

2. 当你看到水中潜水员的眼睛时,水中的潜水员一定看到了你的眼睛。

【例 1】 假设地球表面不存在大气层,那么人们观察到的日出时刻与实际存在大气层的情况相比

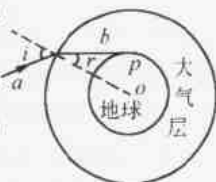


图 19-2-2

A. 将提前

B. 将延后

C. 在某些地区将提前,在另一些地区将延后

D. 不变

【解析】 如图 19-2-2 所示, a 是由太阳射出的一束光线,由真空射向地球周围的大气层时发生折射,沿 b 方向传播到 p 点,在 p 处的人便看到太阳升起,如果没有大气层,光束便沿 a 直线传播,同样的时刻在 p 点便看不到太阳,须等太阳再上升,待到 a 光束沿 b 线方向直线传播时, p 处才能看到太阳升起,故没有大气层时看到日出的时刻要比有大气层时延迟,所以正确选项为 B。

【答案】 B

【点评】 地球表面照射到的太阳光,是阳光从真空进入大气层后的折射光线.假设没有大气层的存

在,不仅地面上的人看到的日出时刻要比有大气层时延迟,而且即使太阳高悬,只要太阳光斜向地面,地面上的人看到的太阳的位置要比有大气层时更高一点(即仰角更大一些)

【例2】如图19-2-3(a)所示,一储油圆桶,底面直径与桶高均为 d ,当桶内无油时,从某点 A 恰能看到桶底边缘上的某点 B .当桶内油的深度等于桶高一半时,在 A 点沿 AB 方向看去,看到桶底上的 C 点, C 、 B 相距 $d/4$.由此得油的折射率 n _____;光在油中的传播速度 v =_____m/s.(结果可用根号表示)

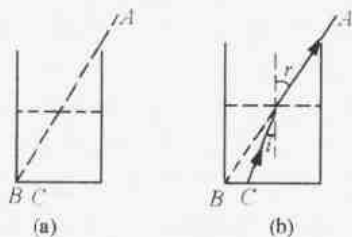


图 19-2-3

【解析】凡是某点发出的光或反射的光能进入观察者的眼睛时,眼睛便观察到该点,桶内没有装液体时, B 点发出的光是沿直线到达 A 点的.而 C 点发出的光也是沿直线传播的,显然无法通过 A 点,在 A 点的眼睛就看不到它.装上半桶油后, C 点发出的光将会折射到 A 点,如图19-2-3(b)所示,由光路图可知:

$$\sin i = (d/4) / \sqrt{(d/4)^2 + (d/2)^2} = 1/\sqrt{5}, \sin r = (d/2) / \sqrt{(d/2)^2 + (d/2)^2} = 1/\sqrt{2}$$

根据折射定律可得油的折射率:

$$n = \sin r / \sin i = (1/\sqrt{2}) / (1/\sqrt{5}) = \sqrt{10}/2$$

光在油中的传播速度:

$$v = c/n = (3 \times 10^8) / (\sqrt{10}/2) \text{ m/s} = 6\sqrt{10} \times 10^7 \text{ m/s}$$

【答案】 $n = \sqrt{10}/2$, $v = 6\sqrt{10} \times 10^7 \text{ m/s}$

【点评】这是测透明液体的折射率的一个简易方法,由于操作简单,器材随手可得,值得一做.

实际测定时观察点 A 不能随意移动.

【例3】光线以入射角 i 从空气射向折射率 $n = \sqrt{2}$ 的透明媒质表面,如图19-2-4所示.

(1)当入射角 $i = 45^\circ$ 时,求反射光线与折射光线的夹角 θ .

(2)当入射角 i 为何值时,反射光线与折射光线的夹角 $\theta = 90^\circ$

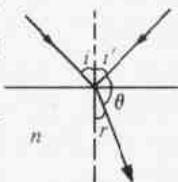


图 19-2-4

【解析】(1)如图所示,设折射角为 r ,由折射定

律: $\sin i / \sin r = n$ 可得 $\sin r = \sin i / n = \sin 45^\circ / \sqrt{2} = 1/2$.得折射角 $r = 30^\circ$.而由反射定律可知 $i' = i = 45^\circ$,所以反射光线与折射光线间夹角 $\theta = 180^\circ - 45^\circ - 30^\circ = 105^\circ$.

(2)此时 $i' + r = 180^\circ - \theta = 90^\circ$,折射角 $r = 90^\circ - i' = 90^\circ - i$, $\sin r = \cos i$

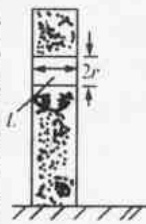
代入折射定律得 $\tan i = \sqrt{2}$.所以此时的入射角 $i = \arctan \sqrt{2}$

【答案】 (1) $\theta = 105^\circ$ (2) $i = \arctan \sqrt{2}$

【点评】(1)入射角(或反射角,折射角)是入射光束(或反射光束,折射光束)与法线的夹角,而不是光束与界面的夹角,不能混淆.

(2)反射光线与折射光线的夹角 $= 180^\circ - \text{反射角} - \text{折射角}$.

【例4】为了观察门外情况,有人在门上开一小圆孔,将一小块圆柱形玻璃嵌入其中,圆柱体轴线与门面垂直,从圆柱底面中心看出去,可以看到的门外入射光线与轴线间的最大夹角称为视场角.已知该玻璃的折射率为 n ,圆柱体长为 L ,底面半径为 r (如图19-2-5所示),则视场角是 ()图19-2-5(a)



A. $\arcsin \frac{nL}{\sqrt{r^2 + L^2}}$

B. $\arcsin \frac{nr}{\sqrt{r^2 + L^2}}$

C. $\arcsin \frac{r}{n\sqrt{r^2 + L^2}}$

D. $\arcsin \frac{L}{n\sqrt{r^2 + L^2}}$

【解析】由装在门上的圆柱形玻璃观察门外情况,经过光的折射,增大了视场角.视场角这一概念在现行教材中未做介绍,求解本题,首先要读懂题中所述的视场角概念,并作出从圆柱边缘入射的光路图,然后应用折射定律和几何关系得出正确的结论.该题主要测试学生对新概念的理解和接受能力,正确作出光路图分析有关光学现象的能力及利用几何图形处理实际问题的能力.

作出从圆柱形玻璃入射、经玻璃折射后射向圆柱底面中心的光线,如图19-2-5(b)所示.

由折射定律可知 $\sin i / \sin \alpha = n$,根据图中的几何关系有 $\sin \alpha = \frac{r}{\sqrt{r^2 + L^2}}$,所以 $\sin i = \frac{nr}{\sqrt{r^2 + L^2}}$.

从而,视场角 $\theta = i = \arcsin \frac{nr}{\sqrt{r^2 + L^2}}$,正确选项为

B.

【答案】 B

【点评】 利用所学知识解决实际问题,体现了学习的根本目的。

【例5】 在玻璃烧杯中放入大半杯水,将一根竖直杆插入杯中,则可以从侧面观察到不同的折射现象,如图19-2-6(a)所示.杆在中心线偏左时,发现杆“折断了”,水中部分比水上部分更偏左;杆偏右时,又“折断了”,水中部分比水上部分更偏右.试用作图法分析上述现象产生的原因。

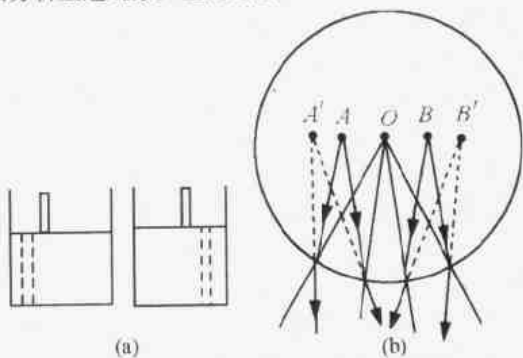


图 19-2-6

【解析】 沿竖直方向从上往下看,可得到如图19-2-6(b)所示的光路图.其中图示的A和B点表示杆子浸入水下部分的截面.设从水下部分杆子上的任一点发出的光线,经玻璃和空气间的界面发生折射,折射的光路图如图(b)所示(对于水与玻璃间界面的折射,因玻璃壁较薄,因此不做详细分析,即使玻璃较厚,其结果从整体上讲是一致的).很明显,光线从水经玻璃再到空气,而玻璃的折射率大于空气的折射率,所以折射角一定大于入射角,所以当杆子放于圆心左侧A处时,外面看上去就更加偏左到A'的位置,而当杆子放于圆心右侧时,看上去就更加偏右到B'的位置。

【点评】 对这种联系实际的光学问题,首先是要把实际情况转化为一个“物理模型”——光学模型,抓住主要矛盾——光的折射,忽略次要因素——瓶的厚度,运用物理规律——折射定律,分析求解。

小结:光在两种介质的界面上发生折射时,遵循折射定律;介质的折射率反映了光线在介质界面发生偏折的程度,介质的折射率只与介质的材料有关;介质的折射率 $n = \sin\theta_1 / \sin\theta_2 = c/v > 1$;有关的现象解释。

四、课堂跟踪反馈

【达标练习】

1. 光在空气和水的交界面MN上发生了反射和折射.AO、BO和CO分别表示三条光线,a和b分别表示两种介质,如图19-2-7所示,以下说法正确的是

- A. a 是空气, AO 为入射光线
B. a 是空气, BO 为入射光线
C. a 是水, AO 为入射光线
D. a 是水, BO 为入射光线

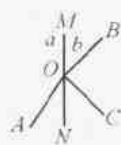


图 19-2-7

2. 下列说法正确的是 ()
- A. 岸上的人看到水中的鱼比鱼的实际位置浅
- B. 水中的鱼看到岸上的人比人的实际位置高
- C. 地面上的人晚上看到天上的星星比星星的实际位置低
- D. 地面上的人早上看到刚从地平线上升起的太阳比太阳的实际位置高
3. 一束光线从空气射入水中,入射角是 40° ,在界面上光的一部分被反射,另一部分被折射,则反射光线与折射光线的夹角是 ()
- A. 小于 40°
- B. 在 40° 与 50° 之间
- C. 大于 140°
- D. 在 100° 与 140° 之间

4. 某同学为了测定光在火石玻璃中的速度,进行了如图19-2-8所示的实验,当入射光线沿OA方向入射到火石玻璃砖的一个平面后,折射光线沿OB方向,截取 $AO = BO$,再由A点和B点向法线引垂线,交法线于C和D两点,测得 $AC = 2.4\text{cm}$, $BD = 1.5\text{cm}$,则由此可知光在火石玻璃中的传播速度是 m/s 。

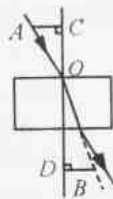


图 19-2-8

5. 一个大游泳池,池底是水平面,池中水深1.2m.有一直杆竖直立于池底,浸入水中部分的BC恰好为杆长的一半.太阳光以与水平方向成 37° 角斜射在水面上,如图19-2-9所示,测得杆在池底的影长是2.5m,求水的折射率。

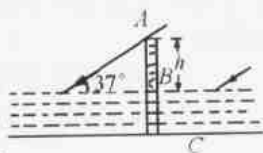


图 19-2-9

【巩固练习】

6. 下列现象属于光的折射的是 ()
- A. 人用平面镜观察自己的像
- B. 在路灯下出现电线杆的影子
- C. 用放大镜观看地图
- D. 斜插入水中的筷子在水中的部分看起来向上弯折
7. 下列说法正确的是 ()
- A. 光从一种介质进入另一种介质,一定要发生偏折
- B. 光从空气斜射入介质,折射角大于入射角

C. 光从空气斜入介质, 光速要减小
D. 光从介质斜射入空气, 折射角小于入射角
8. 让光线斜通过一块两面平行的玻璃砖, 下列判断中错误的是 ()

- A. 出射光线的方向与平行玻璃砖的厚度有关
B. 出射光线的方向与玻璃的折射率有关, n 越大偏向角越大
C. 光线通过玻璃砖后发生侧向移动而方向不变
D. 光线通过玻璃砖时没有发生折射, 出射光方向不变

9. 人在河边看到岸上的树在水中的倒影及河中的鱼, 则 ()

- A. 看到水中的树是折射成的像
B. 看到水中的鱼是折射成的像
C. 看到水中的鱼是虚像, 树是实像
D. 看到水中的鱼是实像, 树是虚像

10. 如图 19-2-10 所示, 一条光线从某一介质射入空气时, 入射光线与界面的夹角为 60° , 折射光线与界面的夹角为 30° , 则该介质的折射率为 ()

- A. 1.73 B. 0.87
C. 0.58 D. 2

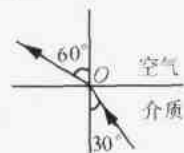


图 19-2-10

11. 如图 19-2-11 所示, 两块同样的玻璃直角三棱镜 ABC, 两者的 AC 面是平行放置的, 在它们之间是均匀的未知透明介质, 一单色细光束 O 垂直于 AB 面入射, 在图中的出射光线中 ()

- A. 1、2、3(彼此平行)中的任一条都有可能
B. 4、5、6(彼此平行)中的任一条都有可能

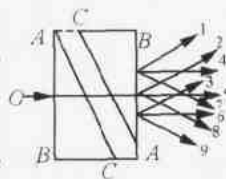


图 19-2-11

C. 7、8、9(彼此平行)中的任一条都有可能

D. 只能是其中的某一条

12. 等腰直角三棱镜

ABO 腰长 16cm, 为了测定它的折射率, 将其放在直角坐标系中, 使其两腰分别与 Ox 、 Oy 重合, 如图 19-2-12 所示, 现从 OB 边的 C 点注视 A 棱, 发现 A 棱的视位置在 OA 边的 D 点, 在 C、D 两点插上

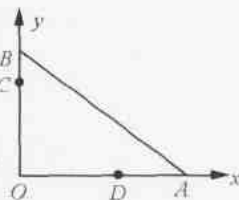


图 19-2-12

大头针, 读出 C、D 两点的坐标分别为 (0, 12)、(9, 0), 据此可计算出该棱镜材料的折射率等于_____。

13. 一个圆形水桶, 高 16cm, 底面直径 12cm, 不装水时, 眼睛从桶外向桶内观察能够看到桶壁的 9cm 深处; 保持眼睛的位置不变, 当使桶装满水时, 刚好看到桶壁的边缘, 求水的折射率。

14. 距水面 20m 深处放置一平面镜 M, 漂浮在水面上的物体 P 经平面镜成像, 如果从接近物体 P 正上方看这个物体 P 在平面镜中的像, 则像应在水面下多少厘米处? (已知水的折射率为 $4/3$)

15. 如图 19-2-13 所示, 在折射率为 n 、厚度为 d 的平行玻璃板上方的空气中有一个点光源 S, 从 S 发出的光线 SA 以角度 θ 入射到玻璃板的上表面, 经过玻璃后从下表面射出, 如图所示, 若沿此线传播

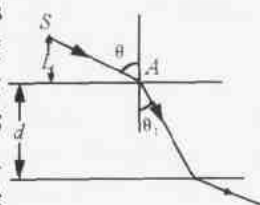


图 19-2-13

的光从光源到玻璃上表面的传播时间与在玻璃中的传播时间相等, 点光源 S 到玻璃上表面的垂直距离 L 应是多少?

三 全反射

一、教学目标概览

1. 知道什么是光疏介质, 什么是光密介质, 理解它们的相对性。
2. 理解光的全反射现象。
3. 理解临界角的概念, 能判断是否发生全反射, 并能求解有关问题, 解释有关的物理现象。
4. 知道光导纤维, 理解光导纤维的工作原理。

二、聚焦重点难点

重点: 1. 理解光密介质与光疏介质的相对性。

2. 理解发生全反射的条件, 并能在实际问题中判断是否发生全反射。

难点: 1. 当光射向两种介质界面时, 随着入射角的变化, 反射光线与折射光线的能量强弱分配的变化规律。

2. 既要知道在什么条件下发生全反射, 又要知道为什么在一定条件下会发生全反射。

三、教与学师生互动

教学过程

一般来说, 光从一种介质射到两种透明介质的界

面上时,一部分光线改变传播方向而返回原介质,另一部分光线方向发生偏折而进入另一种介质中。

(一)光密介质和光疏介质

任何介质的折射率都大于1,折射率越大,光在其中传播的速度就越小,两种介质相比较,折射率较大的介质叫光密介质,折射率较小的介质叫光疏介质。

(1)光密介质和光疏介质是相对的。如酒精相对于水来说是光密介质,酒精相对于水晶来说是光疏介质。

(2)光从光疏介质进入光密介质时,折射角小于入射角;光从光密介质进入光疏介质时,折射角大于入射角。

(二)全反射

光从光密介质进入光疏介质时,折射角大于入射角,当入射角增大到一定值时,折射角会首先增大到 90° ,若再增大入射角,会出现什么情况呢?

[演示]利用激光演示仪(或其他实验装置),将一窄光束从半圆形玻璃砖的半圆侧面沿半径射向直边上的圆心,如图19-3-1所示,逐渐增大入射角,观察反射角、折射角的变化,并同时观察反射光束及折射光束的强弱变化。

1. 讨论与提问:

光线从玻璃砖射向空气,在界面 MN 上发生折射,如图所示。入射角增大时折射角如何变化?

在上述过程中,折射角与和它相对的入射角相比,哪个角比较大?

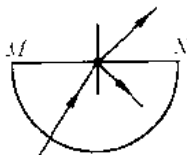


图19-3-1

入射光束射向界面 MN 后,一部分光反射,另一部分光折射。在入射角增大的过程中,反射光的强度如何变化?折射光的强度如何变化?

入射角增大到某一角度时,折射角达到 90° ,从此时起继续增大入射角的整个过程中,折射光是否继续存在?

2. 在入射角逐渐增大的过程中:

折射角随入射角的增大而相应增大;

光从玻璃砖射向空气时,折射角始终大于入射角;

折射光逐渐减弱而反射光逐渐增强。

3. 全反射和临界角

(1)当入射角增大到某一定值时折射角达到 90° ,从此时起继续增大入射角,折射光线完全消失,只剩下反射光线,这种现象称为全反射,实际上当折射角为 90° 时,折射光的能量已减弱为零。

(2)临界角 C :折射角等于 90° 时的入射角。当光线

从介质射向真空或空气时, $\sin C = 1/n$,式中 n 为介质的折射率。

(3)发生全反射的充要条件:光从光密介质射入光疏介质;入射角大于或等于临界角。

(三)光导纤维

光导纤维简称“光纤”,它是非常细的特制玻璃丝(直径只有几微米到一百微米之间),由内芯和外套两层组成,内芯的折射率比外套大,光在内芯中传播时在内芯与外套的界面上发生全反射。“光纤通信”就是利用了全反射的原理。

【例1】如图19-3-2甲所示, EF 和 MN 是长方形玻璃砖的两平行侧面,将其置于空气中,一束光线射到玻璃砖的 EF 面上。若入射角逐渐增大到靠近界面,下列关于能否发生全反射的判断的说法中,正确的是 ()

- A. 在 EF 面上不可能,在 MN 面上有可能
- B. 在 EF 面上有可能,在 MN 面上不可能
- C. 在 EF 和 MN 面上都有可能
- D. 在 EF 和 MN 面上都不可能

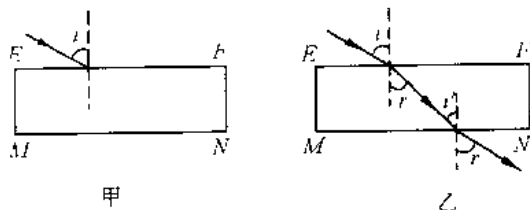


图19-3-2

【解析】根据发生全反射须满足的两个条件,光在 EF 面上是从空气射入玻璃,即是从光疏介质射入光密介质,不可能发生全反射。在 MN 面上,光是从玻璃射向空气,满足第一个条件:光从光密介质射向光疏介质;但其入射光线即是光线通过 EF 界面后的折射光线,故其入射角 i' 的大小是受限制的,如图19-3-2乙所示,由于 i 小于 90° ,据折射定律 $\sin i / \sin r = n$,有 $\sin r < 1/n$ 即 $r < C$,又据平面几何知识 $i' = r$,即也有 $i' < C$,不满足发生全反射的第二个条件,所以在 MN 界面上也不能发生全反射,正确选项为D。

【答案】 D

【点评】发生全反射的两个条件缺一不可,其中任何一个条件均只是发生全反射的必要条件,不是充分条件,只有同时满足这两个条件才能发生全反射。

【例2】(1)用简明的语言表述临界角的定义。(2)玻璃和空气相接触,试画出入射角等于临界角的光路图,并标明临界角。(3)当透明介质处在真空中时,根据临界角的定义导出透明介质的折射率 n 与临界角 C 的关系式。

【解析】 (1) 当光线从光密介质射向光疏介质, 折射角为 90° 时的入射角叫做临界角。

(2) 可先分析如下: 光线从光密介质向光疏介质传播时, 入射角小于折射角, 当入射角增大时, 折射角亦随之增大, 当折角增大

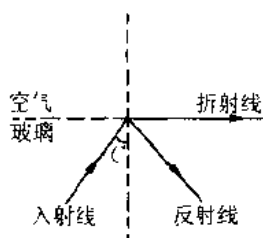


图 19-3-3

到 90° 时, 不再有折射光线, 光仍返回原介质并在原介质中传播, 这就是全反射现象。要发生全反射现象必须满足下述两个条件: 一是光必须从光密介质向光疏介质传播, 二是入射角必须大于或等于临界角 C 。光线以等于临界角的入射角从玻璃射向玻璃与空气的界面时, 必然又遵循反射定律返回玻璃。由以上分析可知, 本题所求作的光路图中, 入射角等于临界角, 折射光线已完全消失, 由此可画出所求的光路图如图 19-3-3 所示。

(3) 当折射率为 n 的透明介质置于真空中时, 由临界角的定义可知, 当入射角等于临界角 C 时, 折射角 $r = 90^\circ$, 根据折射定律: $\sin C / \sin 90^\circ = 1/n$, 所以透明介质的折射率 n 与临界角 C 的关系式为: $\sin C = 1/n$ 。

【点评】 当光线从介质射向真空(或空气)时, 入射角增大, 折射角随之增大而折射光线的亮度越来越弱, 反射光线的亮度越来越强, 当入射角增至临界角时折射角达到 90° , 而折射光线完全消失。

【例 3】 一根光导纤维内芯置于空气中, 折射率为 n , 要使光线在光纤内经多次全反射从一端到达另一端, 光线在光纤端面的入射角应该满足什么条件?

【解析】 进入光纤的光线射至介质与空气的界面时, 其入射角应大于或等于临界角, 这样光在其内部才能经过多次全反射, 从一端到达另一端而不会有折射光线从光导纤维的侧壁射出。

如图 19-3-4 所示, 设入射角为 i 的光经端面折射后的折射角为 r , 进入光纤后射至介质与空气的侧面时, 其入射角恰为临界角 C , 根据折射定律, 有 $\sin i / \sin r = n$ 。由图可知 $r + C = 90^\circ$, C 为临界角, 即 $\sin C = 1/n$, 所以

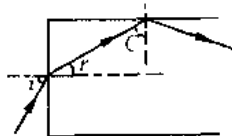


图 19-3-4

$$\begin{aligned}\sin i &= n \sin r = n \cdot \cos C = n \cdot \sqrt{1 - \sin^2 C} \\ &= n \cdot \sqrt{1 - (1/n)^2} = \sqrt{n^2 - 1}.\end{aligned}$$

则恰能在介质侧面射向空气时发生全反射, 光线在光纤端面入射时的入射角 i 为: $i = \arcsin \sqrt{n^2 - 1}$ 。

若入射角大于 i , 则折射角 r 将增大, 到界面的入射角就会小于临界角 C , 所以要使光线能在光纤内发生全反射, 入射角应小于 $\arcsin \sqrt{n^2 - 1}$ 。

【答案】 入射角小于 $\arcsin \sqrt{n^2 - 1}$ 。

【点评】 (1) $r + C = 90^\circ$ 是解该题的一个关键, 是联系射入端面时的折射与射向侧壁时的全反射的纽带。

(2) 请思考一下, 题述的是多次全反射, 解答时只分析了一次全反射, 上述解答是否符合原题的要求?

【例 4】 某同学在平静的游泳池中游泳, 游到某一位置时, 低头向水中看, 恰好看见池底有一个和他的眼睛在同一竖直线上, 深度为 h 的物体 S , 当他沿直线向前又游了 12m 时, 从水面上寻看此物却突然消失了。已知水的折射率为 $4/3$, 求该同学游到与物体在同一竖直线上时看到物体 S 的深度 H 。

【解析】 据题意画出如图 19-3-5 所示的光路图, 人在 A 处看见物 S 在其正下方池底, AS 即为池的实际深度 h , 当他游到 B 处时突然看不见物体, 原因是物

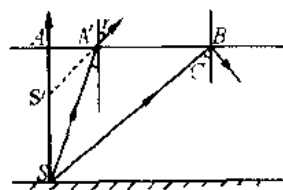


图 19-3-5

体 S 发出的光线射到 B 处界面时刚好发生全反射而没有折射进入空气到达人眼, 故此时物体 S 发出的光线 SB 在水面的入射角恰好等于临界角 C , $\sin C = 1/n = 3/4$, 在 $\text{Rt}\triangle SAB$ 中, $SB = AB / \sin C = 12 \times 4/3\text{m} = 16\text{m}$, 所以该物体的实际深度:

$$h = \sqrt{SB^2 - AB^2} = \sqrt{16^2 - 12^2}\text{m} = 10.6\text{m}$$

而该同学游至物体 S 的正上方, 水面上的眼睛看到的物体 S 的深度应该是实物 S 的虚像 S' 的深度, 即他所看到的深度实际上是“视深”, 此时的“在同一竖直线上”, 可以认为光线在水面处的入射角 i 和射出水面后的折射角 r 都很小, 由数学知识可知, 当 i 很小时, $\sin i \approx \tan i = AA' / AS$, $\sin r \approx \tan r = AA' / AS'$ 。

由折射定律可知: $n = \sin r / \sin i = AS / AS' = h / H$

$\therefore$ 该同学游到与物体在同一竖直线上时看到物体的深度 $H = h / n = 10.6\text{m} \times 3/4 = 7.95\text{m}$

【答案】 物体 S 的视深为 7.95m 。

【点评】 (1) 发生全反射的边界由临界角决定, 刚好看不见透射出的光线, 该处为临界出射点, 透过现象看本质, 找到发生全反射的临界出射点, 是解决这类问题的关键所在。

(2) 视深 = 实际深度 $\times$ 折射率。

【例 5】 雨过天晴, 人们常看到天空中出现彩虹, 它是由阳光照射到空中弥漫的水珠上时出现的现象。在说明这个现象时, 需要分析光线射入水珠后的光