

福州第一中学



植基立本，成德达才

校长：李达

福州第三中学



励志 笃学 力行

校长：郭书

福建师范大学附属中学



以天下为己任

校长：郭书

厦门第一中学



勤 毅 诚 敏

校长：陈书

厦门双十中学



追求极善，勇为最先

校长：陈江涛

ISBN 7-5334-4122-2



9 787533 441227 >

ISBN 7-5334-4122-2

G · 3293 定价：3.80元

高中新教材同步导学丛书



名校学案

高中三年级(全一册)

物理

主 编：翁乾明
执行主编：张 安

《名校学案》编委会编
福建教育出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

名校学案·物理, 高中三年版 (全一册) / 《名校
学案》编委会. —福州: 福建教育出版社, 2005. 4 (2006. 7 重印)
(高中新教材同步导学丛书)
ISBN 7-5334-4122-6

I. 名… II. 名… 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 (2005) 第 032462 号

责任编辑: 吴梅琴

封面设计: 谢从荣 季凯闻

福建名校系列
高中新教材同步导学丛书
名校学案·物理
高中三年版 (全一册)
《名校学案》编委会
主 编 翁乾明

出 版 福建教育出版社
(福州梦山路 27 号 邮编: 350001 电话: 0591-83726971
83725592 传真: 83726980 网址: www.fep.com.cn)
经 销 福建闽教图书有限公司
印 刷 福建省希望彩印有限公司
(福州新店健康工业区 5 号 邮编: 350012)
开 本 889 毫米×1194 毫米 1/16
印 张 3
字 数 113 千
版 次 2005 年 6 月第 1 版
2006 年 7 月第 2 次印刷
书 号 ISBN 7-5334-4122-2/G·3293
定 价 3.80 元

如发现本书印装质量问题, 影响阅读,
请向本社出版科 (电话: 0591-83726019) 调换。

本册执行主编简介

张 安：福建师大附中特级教师，全国中考教师。现任福建师大附中物理教研组长，福建省物理学会常务理事，福州市物理学会副理事长，福建师大物理系兼职副教授，教育硕士导师。曾有十余篇论文发表于各种正式刊物上，编著或主编过多种教学辅助用书，对中学物理教学有较深的造诣。

高中新教材同步导学丛书

语文 高中一年级（上、下）	地理 高中三年级（全一册）
语文 高中二年级（上、下）	思想政治 高中一年级（上、下）
语文 高中三年级（全一册）	思想政治 高中二年级（上、下）
数学 高中一年级（上、下）	思想政治 高中三年级（全一册）
数学 高中二年级（上、下）	物理 高中一年级（全一册）
数学 高中三年级（选修Ⅰ）（全一册）	物理 高中二年级（全一册）
数学 高中三年级（选修Ⅱ）（全一册）	物理 高中三年级（全一册）
英语 高中一年级（上、下）	化学 高中一年级（全一册）
英语 高中二年级（上、下）	化学 高中二年级（全一册）
英语 高中三年级（全一册）	化学 高中三年级（全一册）
生物 高中二年级（上、下）	中国近代现代史（上、下）
生物 高中三年级（全一册）	世界近代现代史（上、下）
地理 高中一年级（上、下）	中国古代史（全一册）
地理 高中二年级（全一册）	

高中毕业班总复习指要

语文（高中毕业班总复习指要）	数学（高中毕业班总复习指要）
英语（高中毕业班总复习指要）	物理（高中毕业班总复习指要）
化学（高中毕业班总复习指要）	思想政治（高中毕业班总复习指要）
历史（高中毕业班总复习指要）	地理（高中毕业班总复习指要）
生物（高中毕业班总复习指要）	

高考适应性训练

语文（高考适应性训练）	数学（高考适应性训练）
英语（高考适应性训练）	物理（高考适应性训练）
化学（高考适应性训练）	思想政治（高考适应性训练）
历史（高考适应性训练）	地理（高考适应性训练）
生物（高考适应性训练）	

高考测试与评价

语文（高考测试与评价）	数学（高考测试与评价）
英语（高考测试与评价）	物理（高考测试与评价）
化学（高考测试与评价）	思想政治（高考测试与评价）
历史（高考测试与评价）	地理（高考测试与评价）
生物（高考测试与评价）	

《福建名校系列》丛书编委名单

主 任：李 迅、陈江汉

执行主任：黄 旭

编 委：(以姓氏笔画为序)

任 勇 (厦门第一中学 校长)

李 迅 (福州第一中学 校长)

吴永源 (南平第一中学 校长)

邱 伟 (三明第二中学 校长)

陈江汉 (厦门双十中学 校长)

林 群 (龙岩第一中学 校长)

郑 勇 (福州第三中学 校长)

洪立强 (泉州第五中学 校长)

翁乾明 (福建师大附中 校长)

黄 旭 (福建教育出版社 副社长、副总编辑)

赖东升 (泉州第一中学 校长)

出版说明

名校就是品牌，名校就是旗帜，名校代表了某种方向。名校的精髓是名师。为此，福建教育出版社组织了一批名校的名师合力编写《名校学案——高中新教材同步导学》丛书。丛书以培养能力为导向，以新课改理念为指针，以高考获胜为目标，以期让优秀学生潜能得到最大限度发挥，让比较好的学生更上一个台阶，让一般学生进入良好的行列。

饱孕新一代教改理念的新教材将逐步进入校园。在这场“教育改革”中，考试内容和模式也将逐渐变化，新的学习策略正在生成。新陈代谢之际，各大名校的教学优势、学习策略将成为“杀手锏”。编写这套教辅读物，就是为了使这种学习策略能够成为众多学生容易共享的资源。同时，精心打造一套优质的高中同步导学的教辅品牌也是我们多年的夙愿。

市场上教辅读物林立。而在我省高考实行自主命题形势下，由省内各学科名师主理的直接备战高考的辅导用书却是凤毛麟角。众所周知，省内一线名师是我省高考自主命题人才库的重要组成部分，因此，我们这套丛书具有不言而喻的实战性和权威性。

本丛书与教材同步配套，从高一到高三全程贯通，涵盖各科，丛书结合随堂教学并注重导学，着力于基础知识基本能力的全面掌握，并结合渗透学生分析问题和解决问题能力的培养，主要面向一、二级达标校的学生。同时以点带面，全面提升其他各级中学教学水平 and 学业成绩，力求为提高我省高中教学质量和高考成绩做出贡献。

丛书力求体现教改新理念，又避免花哨，从栏目设置到内容编写，做到简明实用，返璞归真，从而真正体现了学生的主体地位。

丛书以章或单元、节或课为单位编写；结构上分为“学法导航”（含重点难点提示和典型例题剖析），“同步训练”（分A、B类，A类题是巩固基础，适当提高；B类题是能力题或综合性题；注*号题供学有余力的学生练习），“单元小结”，“单元检测”，“综合测试”，以及详细的“参考答案”。在行文上，使用学生乐于接受的平易晓畅的语言。选题上体现时代感，突出人文性。

本书由张安、林同春执笔编写，由张安负责统稿。

我们将密切跟踪教改动态，了解高考新情况，对丛书加以修改完善，同时欢迎读者及时指出书中的疏误，便于我们改正，为广大师生提供更优质的服务。

福建教育出版社

2005年4月

泉州第一中学



敦品力学

校长：赖东升

泉州第五中学



严谨 勤奋 求实 进取

校长：(Signature)

龙岩第一中学



弘毅守志、任重道远

校长：林居

南平第一中学



诚毅勤实

校长：吴永平

三明第二中学



团结 严谨 求实 创新

校长：邱伟



目 录

Contents

第十九章 光的传播

第一节 光的直线传播	1
第二节 光的折射	3
第三节 全反射	5
第四节 光的色散	7
第五节 实验: 测定玻璃的折射率	8
单元小结	10
单元检测	10

第二十章 光的波动性

第一节 光的干涉	12
第二节 光的衍射	13
第三节 光的电磁说	14
第四节 光的偏振 激光	16
第五节 实验: 用双缝干涉测光的波长	17
单元小结	18
单元检测	18

第二十一章 量子论初步

第一节 光电效应 光子	20
第二节 光的波粒二象性	21
第三节 能级	22
第四节 物质波	24
第五节 不确定关系	25
单元小结	26
单元检测	26

第二十二章 原子核

第一节 原子的核式结构 原子核	28
第二节 天然放射现象 衰变	29
第三节 探测射线的方法	30
第四节 放射性的应用与防护 核反应 核能	31
第五节 裂变 轻核的聚变	32
单元小结	34
单元检测	34

综合测试一 (第十九、二十章)	36
-----------------------	----

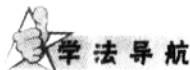
综合测试二 (第二十一、二十二章)	39
-------------------------	----

参 考 答 案	41
---------------	----



第十九章 光的传播

第一节 光的直线传播



重点难点提示

本节课要知道什么是光源,明确光的直线传播的特性,知道本影、半影的成因;知道光速的大小。

问题一:月亮是光源吗?月亮不是光源,我们能看到月亮,是因为月球反射的太阳光引起了人的视觉。光源是把其他形式的能量转化为光能的装置或物体,如太阳将内部的核能转化为光能;电灯发光消耗的电能转化为内能,内能的一部分转化为光能;萤火虫将化学能转化为光能。

问题二:在地面上,能把太阳作为点光源看待吗?由于太阳很大,一般情况下不能将太阳看成点光源,太阳离地球很远,所以太阳光通常可看成平行光。

问题三:为何要人为地提出一个理想模型——“光线”?引入光线的概念是研究光现象的一种方法。例如,光通过小孔在暗室中传播的路径是笔直的,从这个现象中抽掉诸如光束的粗细、光束在传播过程中的扩散等次要因素,而将光束看作从光源发出的无数条线,在线上用箭头表示传播方向,就形成光线的模型,使我们描述光的传播过程变得准确、定量。

问题四:光的直线传播的条件是什么?光的传播并不依靠介质,光在真空中就能传播,但在很多介质中光也能够传播,如固体(玻璃)、液体(水)、气体(空气)。在同一种均匀分布的介质中,光是沿直线传播的。在非均匀介质中传播时,一般不是直线,主要原因是:①在不同介质的分界面上光线会偏离原来的传播方向,如折射现象;②同一介质中也会由于一些干扰因素(如温差、对流等)的存在,使介质变得不均匀,从而使光线不沿直线传播,如海市蜃楼现象。

问题五:影和像有何区别?影是光在传播过程中,被不透明物体遮住,在物体后面出现的光线照射不到的区域;像是实际光线(或光线的反向延长线)相交会聚而成的。常说的“水中倒影”实际上应称为“水中倒影”,是岸上的物体通过水面所成的虚像。

问题六:点光源和面光源形成的影有何区别?若是点

光源发出的光被不透明的物体遮住,在物体后面会出现光线完全照射不到的区域,这个区域称为本影,如图 19-1 所示。而若是面光源发出的光被物体遮住,在物体

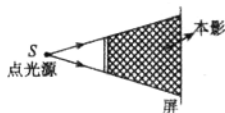


图 19-1

后面除出现本影外,还存在光源发出的光虽不能全部到达,但有部分光线照射到的半阴影区,这个半阴影区称为半影,如图 19-2 所示。在图 19-2 中,在三角形 ABC 区域,看似一个本影区域,实际上发光体周围发出的光线仍能到达,故这一区域仍是半影区,有时也把这一特殊的区域称为伪本影区。

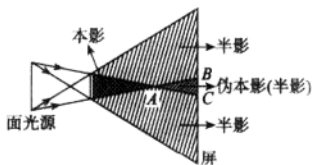


图 19-2

问题七:光的传播速度有何特点?

①真空中的光速:各种不同频率的光在真空中的传播速度都相同,均为 $c=3 \times 10^8$ m/s。

②光在空气中的传播速度近似等于在真空中的传播速度。

③光在其他介质中的传播速度都小于在真空中的传播速度,且不同频率的光在同一种介质中的传播速度不同。

典型例题剖析

例 1 古希腊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 城阳光与垂直方向成 7.5° 角下射,而在 A 城正南方,与 A 城地面距离为 L 的 B 城,阳光恰好沿垂直方向下射,射到地球的太阳光可视为平行光,如图 19-3。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 $R=$ _____。

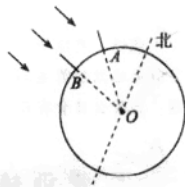


图 19-3

分析与解 分别过 A、B 两点作出地球的半径并延长 OA,则 OA 与太阳光的夹角 θ 为 7.5° ,由几何关系可得:





OA 与 OB 的夹角也等于 7.5° ，如图 19-4，A、B 两点间的地面距离 L 即为弧长。

由弧长公式得 $L = R \cdot \theta$ ，又 $\theta = 7.5^\circ = \frac{7.5^\circ}{360^\circ} \cdot 2\pi = \frac{\pi}{24}$ ，

则有 $R = \frac{24L}{\pi}$ 。

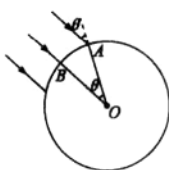


图 19-4

点评 由光的直线传播的规律作出光路图，由图即可求出 A、B 两城之间纬度差 θ 。再利用几何知识即可估算出地球的半径。在几何光学中，应学会利用作图的方法。

例 2 发生日食时，地球上不同地区的人可能同时观察到的现象有()。

- A. 日偏食和日环食
- B. 日全食和日环食
- C. 日全食、日偏食和日环食
- D. 日全食和日偏食

分析与解 如图 19-5 所示，太阳光照射到月球上时，在月球背着太阳的一侧就会形成本影区 a，半影区 b 和伪本影区 c。本影区内太阳光一点也照不到，所以区域 a 中可以看到日全食，在半影区内只能观察到太阳的一部分，所以在 b 区域内观察到日偏食。在伪本影区内只能观察到太阳的边缘部分，所以在区域 c 中能观察到日环食。因此如果太阳、月亮和地球位置如图 19-5 所示时，地球上不同地区的人可能同时观察到日偏食和日环食。而当太阳、月亮和地球的位置如图 19-6 所示时，地球上不同地区的人可能同时观察到日全食和日偏食。因此正确选项是 A、D。

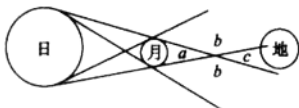


图 19-5

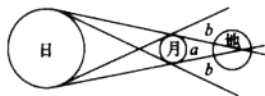


图 19-6

点评 要能分清本影、半影区域以及伪本影，还必须了解地球做椭圆运动的地理知识。通过本题可考虑一个问题：为什么日食有日环食而月食没有月环食？



1. 下列关于光源的说法正确的是()。

- A. 凡是能向外传播光的物体都是光源
- B. 只有自身能够发光的物体才能看成光源
- C. 宇宙中的星球都是光源

D. 通红的钢水可以看成光源

2. 下列说法中正确的是()。

- A. 皮影戏中的“影”是因为光沿直线传播而形成的
- B. 小孔成像，遵循光沿直线传播的原理
- C. 光在真空中传播时，速度最小
- D. 宇航员看到的太空比他在地面看到的晴空要明亮得多

3. 太阳光垂直照射到一个极小“△”形的孔上，那么它在地面上产生的小光斑是()。

- A. “△”形的
- B. “▽”形的
- C. 有可能是“◇”形的
- D. “○”形的

4. 一个不透明的小球，由某高处的 A 点开始做自由落体运动，A 点处于点光源 S 和墙 MN 的正中间，如图 19-7 所示，在竖直墙上可以看到小球的影子，则影子的运动情况是()。

- A. 做匀速运动
- B. 做变加速运动
- C. 做自由落体运动
- D. 做匀加速运动

图 19-7

5. 如图 19-8 所示，

当地球运行到太阳和月球之间时，由于太阳光沿直线传播，会发生月食现象。如果

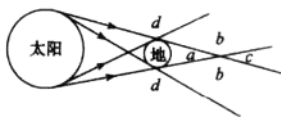


图 19-8

把地球背向太阳的空间划分为 a、b、c、d 四个区域，则月球运行到_____区域时发生月全食，月球运行到_____区域时发生月偏食。

6. 太空中有时会发生恒星爆炸，此时太空会突然变得比以前亮得多。恒星离我们很远，它的光要经过许多年才能到达地球，因此我们看到的恒星爆炸的光一定是在许多年以前发生的，从那个时候起，光一直向地球传播着，我们看到的恒星爆炸的光是白光，而不是在不同时间到达的各种色光。根据这一事实，你的推断是_____。

7. 日落很久以后，人们常能在高空看到明亮的人造卫星。有一颗在赤道上方飞行的人造地球卫星，在日落 4 h 以后人们仍能在赤道正上方看到它，该卫星距地面的高度至少是多少？已知地球半径为 $R = 6.38 \times 10^6 \text{ m}$ 。

第二节 光的折射



重点难点提示

本节课要理解反射定律和折射定律，并能用来解释光现象中的有关计算问题。知道反射和折射的光路都是可逆的；理解折射率的概念，掌握折射率和光速的关系。

问题一：光从一种介质进入另一种介质时，传播方向一定改变吗？当光垂直界面入射时光的传播方向不改变，除此之外光的传播方向都要改变。

问题二：如何理解折射率？

①折射率 n 是反映介质光学性质的物理量。实验表明：光从真空以相同的入射角 θ_1 分别斜射入不同的介质，在发生折射时折射角 θ_2 却不同，由折射率的测量公式 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ 可知 n 值不同，这意味着 n 值与介质有关。同样也由实验表明：不同频率的色光从真空以相同的入射角斜射入同一种介质，在发生折射时，折射角不同，这意味着 n 值还与入射光的频率有关。由上述可知， n 的大小由介质本身及入射光的频率共同决定。公式 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ 是定义式， $n = \frac{c}{v}$ 是决定式。因此，“折射率 n 与 $\sin \theta_1$ 成正比，与 $\sin \theta_2$ 成反比”的说法是错误的。

②折射率是描述介质折光本领的物理量。介质对某种光的折射率越小，光线进入该介质时偏离原来传播方向的角度就越小，说明改变光线传播方向的能力就越弱。如图 19-9 所示，红光和紫光沿 AO 方向射向水面时，红光沿 OB 方向折射，紫光沿 OC 方向折射，这是由于红光的频率小，在水中传播的速度大，水对它的折射率也小的缘故。注意：折射光偏离原来传播方向的角度是对相同入射光线而言的，而折射角则是折射光线和法线之间的夹角。

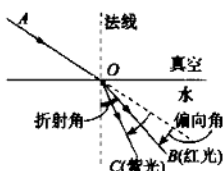


图 19-9

问题三：怎样画折射成像？图 19-10 (A) 中，水中的物点 S 从水面上看起来位置升高了。图 19-10 (B) 中，透过三棱镜看物点 S，看到的位置也比实际位置高，应用折射定律，确定物点发出的任意两条入射光线的折射光线（包括多次折射），再根据人总是逆着射来光线的方向寻找发光物体的习惯，即可找出因折射所成的像。

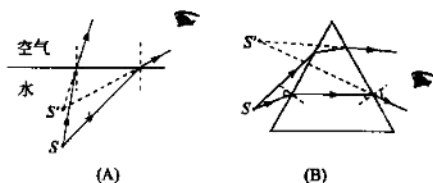


图 19-10

典型例题剖析

例 1 光线以 30° 入射角从玻璃中射到玻璃与空气的界面上，它的反射光线与折射光线的夹角为 90° ，则这块玻璃的折射率为多少？

分析与解 作出反射和折射的光路如图 19-11 所示， α 为玻璃中的入射角， β 为反射角， γ 为空气中的折射角。可根据折射定律和光路可逆原理求解。

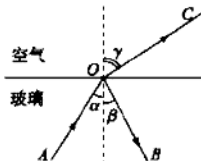


图 19-11

由光的反射定律得 $\alpha = \beta = 30^\circ$ ，由几何知识得 $\beta + \gamma = 90^\circ$ ，光从 AO 入射后从 OC 折射出，根据光路可逆原理，如果光从 CO 入射，则一定从 OA 折射，这时空气中的人射角为 γ ，玻璃中的折射角为 α ，所以有 $n = \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = 1.732$ 。

点评 通常所说的折射率，是绝对折射率，也就是介质相对于真空（或空气）的折射率，计算时，一定要用光线在真空中（或空气）中的入射角的正弦与光线在介质中的折射角的正弦之比。如果光线从介质入射到空气中，就要用光路可逆原理，让空气作为入射方，找准入射角和折射角，可直接应用真空中（或空气）的“大角”正弦与介质中的“小角”的正弦之比。注意：所谓的“角”均是入射光线或折射光线与法线的夹角。

例 2 一个圆柱形筒，直径 12 cm，高 16 cm。人眼在筒侧上方某处观察，所见筒侧的深度为 9 cm，当筒中装满某种液体时，则恰能看到筒侧的最低点。求：

- (1) 此种液体的折射率；
- (2) 光在该液体中的传播速度。

分析与解 题中的“恰能看到”，表明人眼看到的是筒侧最低点发出的光线经界面折射后进入人眼的边界光线，由此作出光路如图 19-12 所示。

(1) 据题中条件且由图可知：

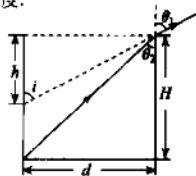


图 19-12



$$\sin \theta_2 = \frac{d}{\sqrt{d^2 + H^2}}; \sin i = \frac{d}{\sqrt{d^2 + h^2}}; \angle i = \angle \theta_1$$

$$\text{折射率 } n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\sqrt{d^2 + H^2}}{\sqrt{d^2 + h^2}} = \frac{\sqrt{12^2 + 16^2}}{\sqrt{12^2 + 9^2}} = \frac{4}{3}$$

$$(2) \text{传播速度: } v = \frac{c}{n} = \frac{3.0 \times 10^8}{\frac{4}{3}} \text{ m/s} = 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$$

点评 本题中知道人眼看到的是边界光线, 知道人眼顺着折射光反向延长线看去, 而认为筒侧深度为 9 cm, 是正确作出光路图的依据。

例 3 一束光线射到一个玻璃球上, 如图 19-13 所示, 该玻璃球的折射率是 $\sqrt{3}$, 光线的入射角是 60° , 求该束光线射入玻璃球后第一次从玻璃球射出的方向。

分析与解 光线射入玻璃球后第一次从玻璃球射出的光路如图 19-14 所示。由折射定律可得

$$n = \frac{\sin i_1}{\sin r_1} = \frac{\sin r_2}{\sin i_2}$$

因 $\triangle AOB$ 为等腰三角形, 则 $i_2 = r_1$ 。

由几何关系知: $r_1 + \angle 1 = 60^\circ$, $i_2 + \angle 2 = r_1$ 。

又由图示知, $\angle 3$ 是出射光线相对入射光线的偏折角, 且 $\angle 3 = \angle 1 + \angle 2$ 。

联立各式解得 $\angle 3 = 60^\circ$, 即光线第一次射出后与入射光线的夹角为 60° 。

点评 本题重点考查光的折射定律, 特别是球面的法线是沿半径方向。解这类题的基本思路是, 画好光路图, 由几何知识找出各量间的关系求得结果。

例 4 在折射率为 n 、厚度为 d 的玻璃板上方的空气中有一点光源 S , 从 S 发出的光线 SA 以角度 θ_1 入射到玻璃板上表面, 经玻璃板后从下表面射出, 如图 19-15 所示。若沿此线路传播的光从光源到玻璃板上表面的传播时间与在玻璃板中的传播时间相等, 则点光源 S 到玻璃板上表面的垂直距离 L 应是多少?

分析与解 光在空气中传播的距离 $s_1 = SA = \frac{L}{\cos \theta_1}$,

$$\text{相应的时间 } t_1 = \frac{s_1}{c} = \frac{L}{c \cos \theta_1}$$

光在玻璃板中传播的距离 $s_2 = AB = \frac{d}{\cos \theta_2}$, 相应时间

$$t_2 = \frac{s_2}{v} = \frac{nd}{c \cos \theta_2}$$

由折射定律得 $\sin \theta_1 = n \sin \theta_2$, 又因为

$$\cos \theta_2 = \sqrt{1 - \sin^2 \theta_2}, \text{ 再据已知条件 } t_1 = t_2, \text{ 可解得 } L = \frac{n^2 \cos \theta_2}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \theta_1}} \cdot d$$

点评 折射率 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ 及 $n = \frac{c}{v}$ 的综合应用是本题的主要特点, 注意光在不同介质中的传播速度不同。



同步训练

- 若光在某一介质中的折射率较大, 那么()。
 - 光由空气射入该介质时折射角较大
 - 光由空气射入该介质时偏折角较小
 - 光在该介质中的速度较大
 - 光在该介质中的速度较小
- 如图 19-16 是光线以相同的人射角 θ 从空气射入三种不同介质时的折射情况, 则下列说法正确的是()。
 - 光在甲介质中的速度最大
 - 光在乙介质中的速度最大
 - 光在丙介质中的速度最大
 - 光在三种介质中的速度一样大

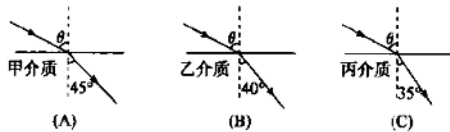


图 19-16

- 如图 19-17 所示是一块平板玻璃砖, 现将玻璃砖放在空气中, 请你画出光线 AO 进入玻璃砖的折射光线和射出玻璃砖的出射光线, 并比较 AO 与出射光线的方向关系。

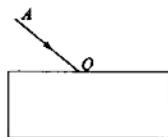


图 19-17

- 如图 19-18 所示, $MNPQ$ 为一块玻璃砖, 且 MN 垂直于 NP , 一束单色光从 MN 上的一点 A 射入玻璃砖后, 又从 NP 上的一点 B 射入空气, 已知光在 A 点的入射角为 α , 在 B 点的出射角为 β , 求玻璃的折射率。

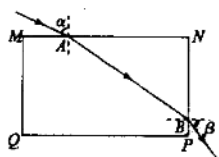


图 19-18

5. 如图 19-19 所示, 有一长方形容器, 高为 30 cm, 宽为 40 cm, 在容器的底部平放着一把长 40 cm 的刻度尺, 眼睛在 OA 延长线上的 E 点观察, 视线沿着 EA 斜向下恰能看到尺的左端零刻度. 现保持眼睛的位置不变, 向容器内倒入某种液体且满至容器口, 这时眼睛仍沿 EA 方向观察, 恰能看到尺上 20 cm 的刻度, 问此种液体的折射率是多少?

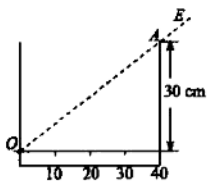


图 19-19

6. 由某种透明物质制成的等腰直角三棱镜 ABO, 两腰都为 16 cm, 且两腰分别与 Ox 和 Oy 轴重合, 如图 19-20. 从 BO 边上的 C 点注视 A 棱, 发现 A 棱的位置在 D 点, 在 C、D 两点插上大头针, 测 C 点的坐标为 (0, 12), D 点的坐标为 (9, 0), 由此可以算出该透明物质的折射率是多少?

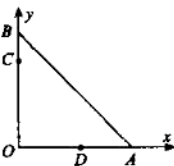


图 19-20

第三节 全反射



重点难点提示

本节课要知道全反射的现象, 理解全反射的条件; 要了解全反射在实际中的应用.

问题一: 光疏介质和光密介质是如何划分的? 两种介质相比较, 折射率小的介质叫光疏介质, 而折射率大的介质叫光密介质. 对上述定义的理解要把握以下三个方面: ①光疏介质和光密介质是相对的, 如水晶 ($n=1.55$) 对水 ($n=1.33$) 来说是光密介质, 对金刚石 ($n=2.42$) 来说是光疏介质, 即一种介质是光密介质还是光疏介质, 是不确定的. ②光若从光密介质进入光疏介质, 则折射角大于入

射角. ③光密和光疏是从介质的光学特性来划分的, 并不是按物质的密度来划分的. 如酒精的密度比水小, 但酒精 ($n=1.36$) 对水 ($n=1.33$) 来说是光密介质.

问题二: 为什么光只有从光密介质进入光疏介质 (特例: 从介质进入真空) 时, 才有可能发生全反射? 据折射定律 $\frac{1}{n} = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$, 由于折射角 θ_2 大于入射角 θ_1 , 且折射角 θ_2 随入射角 θ_1 增大而增大, 因此折射角 θ_2 先增大到 90° . 当折射角达到 90° 时, 折射光全部消失, 入射光全部被反射回原介质. 当入射角再增大, 入射光仍全部被反射回原介质中.

问题三: 怎样计算临界角? 按定义, 折射角为 90° 时的入射角称为全反射临界角, 简称临界角, 用 C 表示. 由折射定律知, 光由某介质 (折射率为 n) 射向真空 (或空气) 时, 若刚好发生全反射, 则 $n = \frac{\sin 90^\circ}{\sin C} = \frac{1}{\sin C}$, 所以 $\sin C = \frac{1}{n}$.

问题四: 如何理解全反射现象? ①从能量变化角度看, 当光从光密介质射向光疏介质时, 在入射角增大的过程中, 反射光的强度逐渐增强, 折射光的强度逐渐减弱. 当入射角等于临界角时, 折射光的强度已经减弱为零, 光全部被反射回原介质. ②发生全反射必须同时满足两个要求: 第一, 光从光密介质射向光疏介质 (普遍); 第二, 入射角大于或等于临界角.

典型例题剖析

例 1 已知介质对某单色光的临界角为 C, 则 ().

- A. 该介质对单色光的折射率等于 $\frac{1}{\sin C}$
 B. 此单色光在该介质中的频率是在真空中的 $\frac{1}{\sin C}$ 倍
 C. 此单色光在该介质中的传播速度等于 $c \cdot \sin C$ (c 是光在真空中的传播速度)
 D. 此单色光在该介质中的传播波长是在真空中波长的 $\sin C$ 倍

分析与解 由临界角计算公式 $\sin C = \frac{1}{n}$, 可得 $n = \frac{1}{\sin C}$; 将 $n = \frac{c}{v}$ 代入 $\sin C = \frac{1}{n}$ 得 $v = c \cdot \sin C$; 设该单色光的频率为 ν , 在真空中的波长为 λ_0 , 在介质中的波长为 λ , 由频率、波速、波长关系可得 $c = \lambda_0 \cdot \nu$, $v = \lambda \cdot \nu$, 故 $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{v}{c} = \frac{\lambda}{\lambda_0}$, 即 $\lambda = \lambda_0 \cdot \sin C$; 光的频率由光源决定, 与介质无关, 故选项 A、C、D 正确.

点评 熟练应用 $\sin C = \frac{1}{n}$ 和 $n = \frac{c}{v}$ 及 $v = \frac{c}{\lambda_0} = \frac{v}{\lambda}$ 进行分析推理是本题的关键.

例 2 已知水的折射率为 $\frac{4}{3}$, 在水面下放一个强点光





源 S ，则可在水面上看到一个圆形透光面。如果这个透光面的直径 D 为 4 m ，求光源离水面的距离 H 。

分析与解 在水面

上看到的圆形透光面，是水面下点光源发出的光穿过水面进入空气而形成的。如果水中点光源发出的光射向水面时，入射角等于或大于临界角，这些光线将发生全反射，则光不能穿过水面，如图 19-21 所示。点光源 S 发出的光线 SA 、 SB 到达水面时，恰好发生全反射， C 是临界角，在 AB 区域内有光射出水面。据几何关系得 $\tan C = \frac{R}{H}$ ，而 $\sin C = \frac{1}{n}$ ，所以 $H = \frac{R}{\tan C} = \frac{D}{2 \tan C} =$

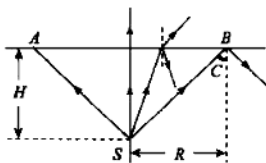


图 19-21

$\frac{D \cos C}{2 \sin C} = \frac{D \sqrt{1 - \frac{1}{n^2}}}{2 \times \frac{1}{n}} = \frac{4 \times \sqrt{1 - (\frac{3}{4})^2}}{2 \times \frac{3}{4}} \text{ m} = 1.76 \text{ m}$

点评 本题是一道光的全反射应用题。发生全反射的条件是光从光密介质射向光疏介质，且入射角大于或等于临界角。求解时，选取入射角等于临界角的边界光线为研究对象。

例 3 半径为 R 的半圆柱形玻璃砖，横截面如图 19-22 所示。已知玻璃的折射率为 $\sqrt{2}$ ，一束与 MN 平面成 45° 角的平行光束射到玻璃砖的半圆柱面上，经玻璃折射后，有部分光能从 MN 平面射出，求能从 MN 射出的光束的宽度为多大？

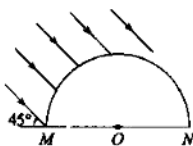


图 19-22

分析与解 光线照在半圆面上时，由于光束是平行的，所以入射角各不相同，折射光线的传播方向也不相同，如图 19-23 所示。为了简化问题，取几条特殊光线，光线①垂直半圆面，沿半径方向（法线）直接射到球心位置 O ，在平面

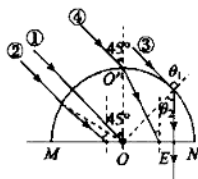


图 19-23

MN 上入射角恰好等于临界角（ $\sin C = \frac{1}{n} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ ， $C = 45^\circ$ ），

恰好发生全反射。光线①左侧的光线②经圆面折射后，射到 MN 平面上入射角一定大于临界角，在 MN 上发生全反射，不能射出；光线①右侧的光线经圆面折射后，射在 MN 面上的入射角均小于临界角，能从 MN 面射出。最右边的射向半圆面的光线③与球面相切，掠射过圆面，但可假设为边界光线，即入射角 $\theta_1 = 90^\circ$ ，由折射定律知 $\sin \theta_2$

$= \frac{\sin \theta_1}{n} = \frac{\sqrt{2}}{2}$ ， $\theta_2 = 45^\circ$ ，此光线垂直 MN 射出，故在 MN

面上射出的光束宽度是 $OE = R \cdot \sin \theta_2 = \frac{\sqrt{2}}{2} R$ 。

点评 求光线照射范围时，关键是找出边界光线，如果发生全反射，则刚能发生全反射时的临界光线就是一条边界光线，如图 19-23 中的①光线；而另一条光线③则通过分析找出。特别注意的是光线④在球面处的入射角也等于临界角，却不会发生全反射，因为它不是从光密介质进入光疏介质。



- 光在两种介质的界面上发生全反射，由此可以判定（ ）。
 - 光由光密介质射向光疏介质
 - 入射角小于临界角
 - 光由光疏介质射向光密介质
 - 入射角等于或大于临界角
- 光线从折射率为 $\sqrt{2}$ 的介质中射向空气，如果入射角为 60° ，则图 19-24 中光路可能的是（ ）。
 -
 -
 -
 -

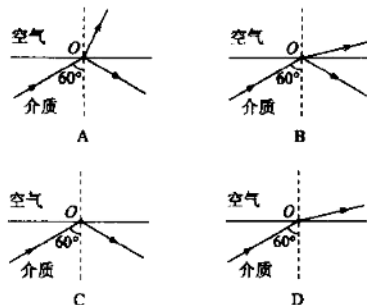


图 19-24

- 如图 19-25 所示，直角三角形 ABC 为一透明介质制成的三棱镜截面，且 $\angle BAC = 30^\circ$ ，有一束平行光线垂直射向 AC 面，已知这种介质的折射率 $n > 2$ ，则（ ）。
 - 可能有光线垂直 AB 边射出
 - 光线只能从 BC 边垂直射出
 - 光线只能从 AC 边垂直射出
 - AC 和 BC 边都有光线垂直射出

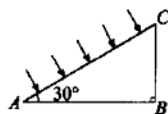


图 19-25

- 水中有一点光源，在水面上可以看到一个圆形光斑，若亮斑面积在变小，则水中的光源（ ）。
 - 正在向上运动
 - 正在向下运动





- C. 正在水平向右运动
D. 正在水平向左运动
5. 以下现象是由于光的全反射形成的是().
- A. 将空玻璃试管插入水中, 看上去比充满水的试管要亮得多
B. 夜晚, 湖面上映出了岸上的彩灯
C. 夏天, 海面上出现的海市蜃楼
D. 在炎热的夏天, 向远处的柏油马路看去, 路面特别明亮光滑, 像用水淋过一样

6. 横截面为等边三角形的三棱镜, 折射率为 $\sqrt{2}$, 光线从它的一面垂直射入, 在图 19-26 所示的三条光线 a、b、c 中, 正确的是().

A. a B. b
C. c D. 都不正确

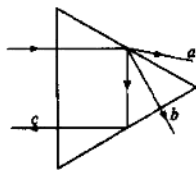


图 19-26

7. 一束平行光线在三种介质形成的两个界面上的反射及折射情况如图 19-27 所示, 图中界面互相平行, 如果光在 I、II、III 三种介质中的传播速度分别为 v_1 、 v_2 、 v_3 , 则它们的大小关系是 _____.

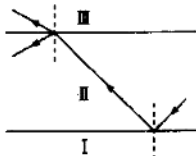


图 19-27

8. 如图 19-28 所示, 一根长为 L 的直光导纤维, 它的折射率为 n , 光从它的一个端面射入, 又从另一端面射出所需的最长时间为多少? (设光在真空中的传播速度为 c)

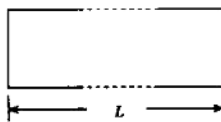


图 19-28

第四节 光的色散



重点难点提示

本节课要理解光的色散现象, 并能用折射定律分析光的色散现象.

问题一: 棱镜对光线的偏折规律是什么? ①如图 19-29 所示, 光线通过棱镜后均向底面偏折, 这是由于在 AB 面折射时, 折射角小于入射角, 在 AC 面上折射时, 折射角大于入射角, 所以两次折射后, 光线向棱镜的底面偏折.

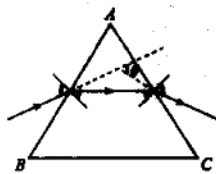


图 19-29

②偏折角 θ 的大小与折射率及光线进入棱镜时的入射角有关, 棱镜材料对入射光的折射率越大, 偏折角度 θ 越大.

问题二: 怎样理解光的色散? ①光的色散表明: 白光是由红、橙、黄、绿、蓝、靛、紫各种色光组成的复色光.

②各种单色光通过棱镜时的偏折角不同, 如图 19-30 所示, 实验表明,

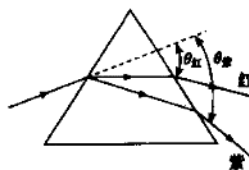


图 19-30

白光色散时, 红光的偏折角 θ_R 最小, 紫光的偏折角 θ_V 最大. 这是由于红光的频率小, 所以玻璃对红光的折射率小; 而紫光的频率大, 所以玻璃对紫光的折射率大. ③由公式 $n = \frac{c}{v}$ 可知, 频率小的单色光 (折射率 n 小) 在介质中的传播速度大.

典型例题剖析

例 1 两束不同的单色光 a、b 平行地从空气射入水中, 发生如图 19-31 所示的折射, 则下述结论正确的是().

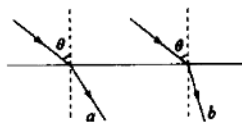


图 19-31

A. 水对光束 a 的折射率较大

B. 水中光束 b 的速度较小

C. 光束 a 可能为红光, b 可能为紫光

D. 光束 a 可能为紫光, b 可能为红光

分析与解 由图中可知, 两光束的入射角 θ 相等, 但 b 光束的折射角比 a 光束的小, 由折射定律知水对光束 b 的折射率大 (b 光束偏折程度大); 由公式 $n = \frac{c}{v}$ 可知, 光束 b 在介质中的传播速度较小; 又由光通过棱镜产生的色散现象可知, 介质对频率大的单色光的折射率也大. 因此正确答案是选项 B、C.

点评 解决此类问题应记住, 介质对频率大的单色光的折射率也大. 再根据折射率的两个公式, 判定光在介质中速度大小和折射率的大小.



例2 如图19-32所示,

一束白光从顶角为 θ 的棱镜的一个侧面AB以较大的人射角*i*入射,经过三棱镜后,在屏P上可得到彩色光带。当人射角逐渐减小到零的过程中,若屏上的彩色光带先后全部消失,则()。

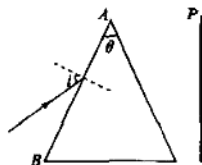


图19-32

- A. 红光最先消失,紫光最后消失
B. 紫光最先消失,红光最后消失
C. 紫光最先消失,黄光最后消失
D. 红光最先消失,黄光最后消失

分析与解 依题意作出

白光通过三棱镜的光路,如图19-33所示,可看出由于紫光的偏折角最大(在AC界面上入射角最大),由全反射临界角公式 $\sin C = \frac{1}{n}$ 知紫

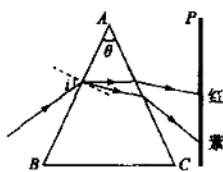


图19-33

光的临界角最小,所以紫光一定首先在AC界面上发生全反射而从光屏上消失,所以选项B正确。

点评 有关棱镜的折射与色散问题,关键是要熟记从红到紫各色光的顺序及折射率的大小顺序,分析时也应画出光路图,并结合折射定律、全反射条件来分析判断。

同步训练

- 玻璃对红光和紫光的折射率分别是 n_1 和 n_2 ,当紫光在玻璃中传播的距离为*L*时,红光传播的距离为_____。
- 两束色光(红光和紫光),分别沿半径方向射向圆柱形的玻璃砖,其出射光线都是由圆心*O*沿*OP*方向射出,如图19-34,则_____光线是红光,在玻璃中速度较小的是_____光线(填“AO”或“BO”)。
- 一束白光通过三棱镜折射后,在屏上形成彩色光带,由此可知()。
A. 红光最先穿过棱镜
B. 偏折角最大的是紫光
C. 在玻璃中速度最大的是紫光
D. 偏折角最大的是红光
- 红光和紫光相比,下列说法中错误的是()。
A. 在真空中传播时,紫光的速度比较大
B. 在玻璃中传播时,红光的速度比较大

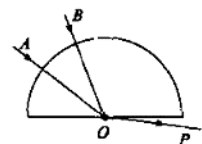


图19-34

C. 玻璃对紫光的折射率比红光大

D. 从玻璃到空气的界面上,红光的临界角比紫光的大

5. 在水底同一深处并排放置紫、绿、红三种颜色的球,如从水面正上方垂直俯视三只色球,感觉最浅的球是()。

- A. 紫色球
B. 绿色球
C. 红色球
D. 三个球同样深浅

6. 如图19-35所示为一玻璃三棱镜的截面,一束光线MN垂直于AB面射入,在AC面发生全反射后从BC面射出,则()。

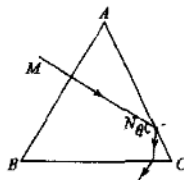


图19-35

- A. 由BC面射出的红光更偏向AB面
B. 由BC面射出的紫光更偏向AB面
C. 若 θ 角变小,最先从AC面透出的是红光
D. 若 θ 角变小,最先从AC面透出的是紫光

第五节 实验:测定玻璃的折射率



重点难点提示

本节通过测定玻璃的折射率,明确光通过玻璃时的入射角和折射角,掌握测定玻璃折射率的方法。

问题:怎样理解本实验原理? ①本实验是用“插针法”测定折射率,插针法的作用是找出玻璃砖内的光路,其关键是确定入射点和出射点,而入射点和出射点是利用插针后确定的直线和边界相交点而得到的,故实验的关键是插准大头针,画准玻璃砖边界线,而与所选玻璃砖两边平行与否无关,如圆形或三角形玻璃砖,均可测出其折射率,光路如图19-36所示。图中玻璃折射率 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ 。②实验的本质就是利用玻璃砖成像。

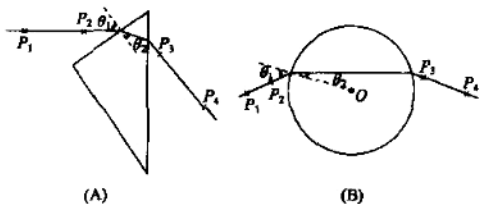


图19-36

典型例题剖析

例1 某组同学用插针法测平行玻璃砖的折射率,记录入射线和出射线后,找到折射线。以入射点O为圆心画单位圆,用直尺测得有关线段的长度如图19-37所示,则下列四个表达式中,能正确地表达折射率的关系的是()。

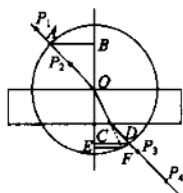


图19-37

- A. $n = \frac{\overline{AB}}{\overline{CD}}$ B. $n = \frac{\overline{AB}}{\overline{EF}}$
C. $n = \frac{\overline{BO}}{\overline{OC}}$ D. $n = \frac{\overline{BO}}{\overline{OE}}$

分析与解 折射率的计算公式是 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$, 只要求出 $\sin \theta_1$ 和 $\sin \theta_2$, 就可算出 n 。图19-37中, 设圆的半径为 R , $\angle AOB$ 为入射角 θ_1 , $\angle EOF$ 为折射角 θ_2 , 则

$$\sin \theta_1 = \sin \angle AOB = \frac{\overline{AB}}{R}, \quad \sin \theta_2 = \sin \angle EOF = \frac{\overline{EF}}{R}, \quad \text{故 } n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{\overline{AB}}{\overline{EF}}, \quad \text{即选项 B 正确。}$$

点评 在光路中, 由几何关系确定各线段所表示的量, 再由折射率的定义, 用直角三角形中边长表示的入射角和折射角的正弦值求出折射率, 有时显得比较简便, 而且不必用量角器测夹角。

例2 某同学用半圆柱玻璃砖测定玻璃的折射率, 他的操作步骤如下:

①用刻度尺量出半圆形玻璃砖的直径 d , 算出半径 $r = \frac{d}{2}$, 然后确定圆心的位置, 并记下;

②在白纸上画一条直线作为入射线, 并在入射线上插两枚大头针 P_1 和 P_2 ;

③让入射线跟玻璃砖直径垂直, 入射线通过圆心 O , 如图19-38所示, 并从玻璃砖的平面一侧观察大头针 P_1 、 P_2 的像;

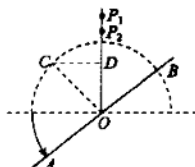


图19-38

④以圆心 O 为轴, 缓慢逆时针转动玻璃砖, 同时调整视线方向, 恰好看不到 P_2 和 P_1 的像时, 停止转动玻璃砖, 然后沿半圆形玻璃砖直径画一条直线 AB , 图中所示。

(1) 该同学利用白纸上描下的 P_1O 和 AB 两条直线, 可算出该玻璃的折射率 n , 他的依据是什么?

(2) 如何在图上用刻度尺和圆规作图, 求出该玻璃的折射率 n ?

分析与解 (1) 从玻璃砖平面一侧观察到的是大头针经玻璃砖所成的虚像, 此像是折射所成的像, 当玻璃砖逆

时针转动到恰好看不到 P_1 和 P_2 的像时, 说明光线在 AB 界面上发生了全反射, 已无折射光进入人眼, 因此, 他是根据全反射的有关规律计算出玻璃的折射率的。

(2) 过 O 点作 AB 的垂线 OC , 交圆于 C 点, OC 即为过 O 点的法线, 则 $\angle DOC$ 是临界角, 用刻度尺测 $\overline{CD}$ (过 C 点所作入射线的垂线) 的长, 则

$$n = \frac{1}{\sin C} = \frac{1}{\overline{CD}/r} = \frac{r}{\overline{CD}} = \frac{d}{2\overline{CD}}.$$

点评 本题是利用“插针法”和全反射知识相结合, 运用几何知识求解临界角, 从而测得 n 。

同步训练

1. 折射率为 n 的等腰直角三棱镜, 一细光束由一腰射入, 折射后射到另一腰上, 为了使光不再从另一腰射出, 入射角 θ_1 最大为_____。

2. 测定玻璃折射率的实验

如图19-39所示, 把玻璃砖放在白纸上之前应在纸上先画好图上的三条直线, 它们分别是_____。

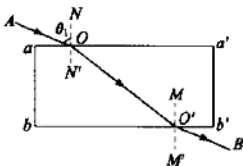


图19-39

_____ , 最后按正确的

要求插上大头针 P_1 、 P_2 , 由 P_3 、 P_4 的位置决定光线_____ 的方向, 从而决定了折射光线_____ 的方向。

3. 某同学做测定玻璃折射率的实验, 操作时将玻璃砖的边界线 aa' 、 bb' 画好后误用了另一块宽度稍窄的玻璃砖, 如图19-40所示, 实验中除了仍用原边界线外, 其他操作都正确, 则所测得玻璃的折射率将()。

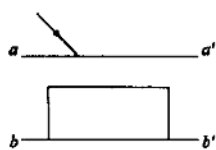


图19-40

- A. 偏大 B. 偏小
C. 不影响结果 D. 不能确定

4. 某同学做测定玻璃折射率的实验时, 用所得的多组入射角 θ_1 与折射角 θ_2 , 作出 $\sin \theta_1 - \sin \theta_2$ 图象如图19-41所示, 则下列判断中正确的是()。

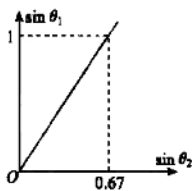


图19-41

- A. 他做实验时, 光线是由空气射入玻璃的
B. 玻璃的折射率为 0.67
C. 玻璃的折射率为 1.5
D. 玻璃临界角的正弦值为 0.67