

2025 版《新亮剑》高中物理：第十四章 光学



第十四章 光学

考情报告

核心素养	考点内容	高考真题	备考建议
物理观念	光的折射、全反射、折射率、色散、光的干涉、衍射	2023 全国甲 T34(1)(光的折射) 2023 全国乙 T34(2)(光的折射) 2022 全国甲 T34(2)(光的折射、全反射) 2022 全国乙 T34(2)(光的折射、全反射) 2023 湖北 T6(光的折射) 2023 湖南 T7(光的全反射) 2023 江苏 T5(光的折射) 2023 海南 T14(实验:测量玻璃的折射率) 2023 浙江 1 月选考 T13(光的折射) 2023 浙江 6 月选考 T13(光的全反射) 2023 山东 T16(光的折射、全反射) 2022 广东 T16(2)(光的折射、全反射) 2022 湖南 T16(2)(全反射) 2022 湖北 T14(光的折射) 2022 辽宁 T5(全反射) 2022 河北 T16(2)(折射率)	1.该部分内容主要以几何光学为主,以光的折射现象、全反射现象为主要命题点,需要理解光的干涉、衍射、偏振等;对于本部分的实验,要注意对其原理、器材、步骤、数据处理方法、误差分析等的理解。 2.高考中本章内容的题型既有选择题,又有计算题。考查的具体内容主要包括以下几个方面:①光的折射和全反射综合问题;②物理光学和多普勒效应等与实际生活和科技前沿的结合

科学思维	全反射的应用,折射定律的应用,玻璃砖、棱镜、薄膜干涉模型的应用	2022 浙江 6 月选考 T4(光的干涉) 2022 山东 T10(光的干涉和衍射)	
科学探究	测折射率、用双缝干涉测光的波长		
科学态度与责任	光纤技术、激光技术等在生产生活中的应用		

第 1 讲 光的折射 全反射

对应学生用书 P316

考点一 折射定律 折射率

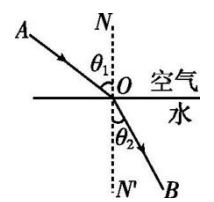
理清

知识结构

基础全通关

知识梳理 构建体系

1.折射现象



光从一种介质斜射入另一种介质时传播方向发生①_____的现象,如图所示(以光从空气射入水中为例)。

2.折射定律

(1)内容:折射光线与入射光线、法线处在②_____内,折射光线与入射光线分别位于法线的③_____;入射角的正弦与折射角的正弦成④_____。

(2)表达式: $\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}=n$ 。

3. 折射率

(1) 折射率是衡量材料光学性能的重要指标。

(2) 定义式: $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$ 。

(3) 计算式: $n = \frac{c}{v}$, 因为 $v < c$, 所以任何介质的折射率都 ⑤ 1。

答案 ①改变 ②同一平面 ③两侧 ④正比

⑤大于

突破 考点题型

命题全研透

角度 1 折射定律与折射率

例 1 (2024 届岳阳二模)在河中用鱼叉捕鱼时,渔民们都知道不能直接朝看到鱼的方向掷出鱼叉。若图中渔民在(其眼睛)距河面 1.8 m 处看到视线与水面成 37° 的方向有一条鱼,鱼在水深为 1.6 m 的河底,水的折射率为 $\frac{4}{3}$, $\sin 37^\circ = 0.6$, $\cos 37^\circ = 0.8$ 。

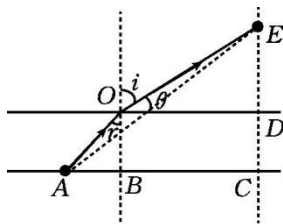


(1)求鱼距离渔民的实际水平距离。

(2)假设鱼叉掷出后做直线运动,为使鱼叉命中目标,他应该瞄准与水面成 α 角的方向掷出鱼叉,求 $\tan \alpha$ 。

答案 (1)3.6 m (2) $\frac{17}{18}$

解析 (1)光路如图所示



根据 $i = 90^\circ - \theta = 53^\circ$

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

解得 $r = 37^\circ$

根据几何关系可得 $OD = DE \tan i = 2.4$ m、 $AB = OB \tan r = 1.2$ m

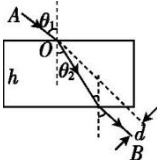
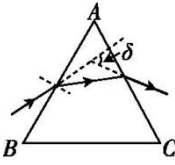
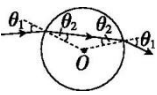
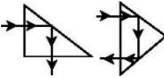
则鱼与渔民的实际水平距离 $x_{AC}=AB+OD=3.6\text{ m}$ 。

(2)因为 $CE=CD+DE=3.4\text{ m}$

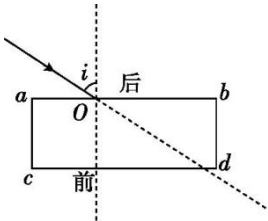
则 $\tan \alpha=\frac{CE}{AC}=\frac{17}{18}^{\circ}$

角度 2 三种玻璃砖的光路特点

平行玻璃砖、三棱镜和圆柱体(球)对光路的控制

类别	平行玻璃砖	三棱镜	圆柱体(球)
结构	玻璃砖上下表面是平行的	横截面为三角形	横截面是圆
对光线的作用	 通过上下表面平行的玻璃砖的光线不改变传播方向,但要发生侧移	 通过三棱镜的光线经两次折射后,出射光线向棱镜底边偏折	 圆界面的法线是过圆心和入射点的直线,光线经过两次折射后向圆心偏折
应用	测定玻璃的折射率	 全反射棱镜,改变光的传播方向	改变光的传播方向

例 2 原创新题 利用平行玻璃砖可对光路进行控制,如图所示,一块两面平行的玻璃砖平放在纸面上,将它的前、后两个边界 cd 、 ab 记录在纸面上。若单色光沿纸面从真空中以入射角 $i=60^{\circ}$ 从 ab 表面的 O 点射入,已知玻璃砖的折射率为 $\sqrt{3}$ 、厚度 $d=\sqrt{3}\text{ cm}$,则出射光线与入射光线的距离为()。

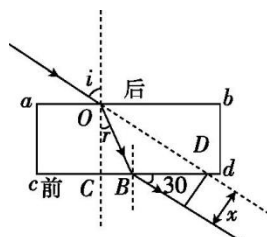


A. $\frac{1}{2}$ cm B. $\frac{\sqrt{3}}{2}$ cm

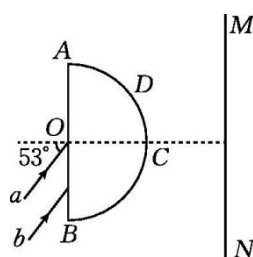
C. 1 cm D. $\frac{\sqrt{6}-\sqrt{2}}{2}$ cm

答案 C

解析 依题意作出光路,如图所示,根据折射定律有 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin r} = \sqrt{3}$,解得 $r = 30^\circ$ 。由光路可逆可知,出射光线与玻璃砖 cd 表面的夹角为 30° ,又 $BC = d \tan r$, $CD = d \tan i$,则 $x = (CD - BC) \sin 30^\circ = 1$ cm。



例 3 (2024 届韶关一模)如图所示,半圆形玻璃砖半径为 R ,直径 AB 与荧光屏 MM (足够大)平行且相距为 $2R$ 。频率相同的两束平行光 a 、 b 均以 53° 角同时射入玻璃砖, a 光从圆心 O 入射,恰好从半圆弧的三等分点 D 射出, b 光从半圆弧的中点 C 射出。不考虑光在半圆弧上的反射, $\sin 53^\circ = 0.8$,求:



(1)玻璃砖的折射率。

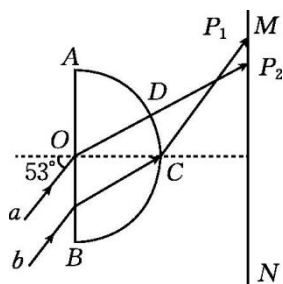
(2)荧光屏上两光点之间的距离。(结果可用根号表示)

答案 (1)1.6 (2) $\frac{4-2\sqrt{3}}{3}R$

解析 (1)根据题设条件作出光路图,如图所示,研究 a 光,入射角 $\theta_1 = 53^\circ$

折射角 $\theta_2 = 30^\circ$

根据折射定律可得 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = 1.6$ 。



(2)根据光路图可知, a 、 b 两束光打到荧光屏上的点 P_1 、 P_2 的距离 $d = P_1P_2 = R \tan 53^\circ - 2R \tan 30^\circ = \frac{4 - 2\sqrt{3}}{3}R$ 。

方法总结

规范求解光的折射问题的步骤:

(1)依据题意准确作出光路图,注意作准法线。

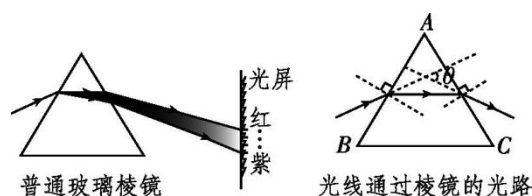
(2)利用数学知识找到入射角和折射角。

(3)利用折射定律列方程。

角度 3 折射中的色散

1. 光的色散

(1)现象:一束白光通过三棱镜后在屏上会形成彩色光带。

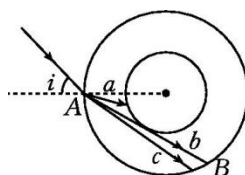


(2)成因:棱镜材料对不同色光的折射率不同,对红光的折射率最小,红光通过棱镜后的偏折程度最小,对紫光的折射率最大,紫光通过棱镜后的偏折程度最大,从而产生色散现象。

2.各种色光的比较分析

颜色	红橙黄绿青蓝紫
频率 ν	低→高
同一介质中的折射率 n	小→大
同一介质中的速度 v	大→小
同一介质中的波长 λ	长→短
通过同一棱镜的偏折角 θ	小→大
同一介质中的临界角 C	大→小
同一装置的双缝干涉条纹间距 Δx	大→小

例 4 (2023 菏泽一模)如图所示,一用透明材料做成的中心是空腔的球,其中空心部分半径与球的半径之比为 $1:2$,若有红光、绿光、紫光组成的细光束以 $i=45^\circ$ 的入射角射入球中,其中 b 光线为绿光,其折射光线刚好与内壁相切,则下列说法正确的是()。



A. a 光线是红光

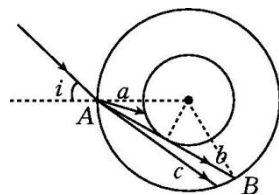
B. 该透明材料对绿光的折射率为 $\sqrt{2}$

C. c 光在该透明材料中传播速度最小

D.增大入射角*i*,*b*光线在空腔外表面可能发生全反射

答案 B

解析 紫光的频率大于绿光的频率,大于红光的频率,可知紫光的折射率大于绿光的折射率,大于红光的折射率,根据折射定律 $n = \frac{\sin i}{\sin r}$,结合题图可知 *a* 光的折射率最大,*c* 光的折射率最小,则 *a* 光线是紫光,A 项错误;如图所示,根据几何知识可知,*b* 光线折射角的正弦值 $\sin \theta = \frac{1}{2}$,根据折射定律可得该透明材料对绿光的折射率 $n = \frac{\sin i}{\sin \theta} = \sqrt{2}$,B 项正确;根据 $v = \frac{c}{n}$,结合 A 项分析可知 *c* 光在该透明材料中传播速度最大,C 项错误;由图可知,*b* 光线从材料中射入空气中,入射角等于其射进时的折射角,这个角度理论上最大为 45° ,即光线从空气中的入射角为 90° ,而 45° 恰好等于全反射临界角,但 90° 入射的光线与外圆相切,不会进入材料中,D 项错误。



考点二 全反射

理清

知识结构

基础全通关

知识梳理 构建体系

1.定义:光从光密介质射入光疏介质,当入射角增大到某一角度时,折射光线将全部消失,只剩下反射光线的现象。

2.条件

(1)光从光密介质射入光疏介质。

(2)入射角①_____临界角。

3.临界角

(1)定义:折射角等于②_____时的入射角。

(2)公式: $\sin C = \frac{1}{n}$ 。若光从光密介质(折射率为 n)射向真空或空气中时,发生全反射的临界角为 C ,由 $n = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$,结合光路

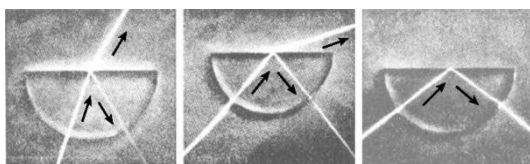
可逆得 $\sin C = \frac{1}{n}$ 。

(3)大小:介质的折射率 n 越大,发生全反射的临界角 C ③_____。

答案 ①大于或等于 ② 90° ③越小

考教衔接 以图说法

如图,当入射角增大时,反射角和折射角如何变化?要发生全反射,应满足什么条件?临界角的大小是多少?



答案 反射角和折射角随入射角增大而增大。发生全反射的条件:光从光密介质到光疏介质,入射角大于临界角。

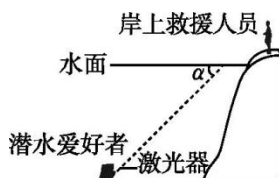
全反射临界角满足 $\sin C = \frac{1}{n}$ 。

突破 考点题型

命题全研透

角度 1 全反射的条件

例 5 (2023 年湖南卷)(多选)一位潜水爱好者在水下活动时,利用激光器向岸上救援人员发射激光信号,设激光光束与水面的夹角为 α ,如图所示。他发现只有当 α 大于 41° 时,岸上救援人员才能收到他发出的激光光束,下列说法正确的是 ()。



A.水的折射率为 $\frac{1}{\sin 41^\circ}$

B.水的折射率为 $\frac{1}{\sin 49^\circ}$

C.当他以 $\alpha=60^\circ$ 向水面发射激光时,岸上救援人员接收激光光束的方向与水面夹角小于 60°

D.当他以 $\alpha=60^\circ$ 向水面发射激光时,岸上救援人员接收激光光束的方向与水面夹角大于 60°

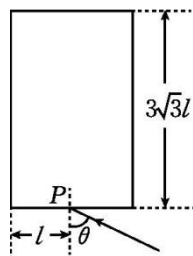
答案 BC

解析 他发现只有当 α 大于 41° 时,岸上救援人员才能收到他发出的激光光束,则说明 $\alpha=41^\circ$

时激光恰好发生全反射,则 $\sin(90^\circ - 41^\circ) = \frac{1}{n}$, 即 $n = \frac{1}{\sin 49^\circ}$, A 项错误, B 项正确; 当他以 $\alpha = 60^\circ$ 向水面发射激光时, 入射角 $i = 30^\circ$, 则根据折射定律有 $n = \frac{\sin r}{\sin i}$, 折射角 r 大于 30° , 则岸上救援人员接收激光光束的方向与水面夹角小于 60° , C 项正确, D 项错误。

角度 2 光导纤维

例 6 (2024 届湖南二模) 某种新型光导纤维材料的一小段如图所示, 材料呈圆柱状, 半径为 l , 长度为 $3\sqrt{3}l$, 将一束光从底部中心 P 点以入射角 θ 射入, 已知光在真空中的速度为 c 。

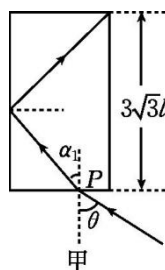


(1) 若已知这种材料的折射率为 $\sqrt{3}$, 入射角 $\theta = 60^\circ$, 求光线穿过这段材料所需的时间。

(2) 这种材料的优势是无论入射角 θ 为多少, 材料侧面始终不会有光线射出, 求材料的折射率的最小值。

答案 (1) $\frac{6\sqrt{3}l}{c}$ (2) $\sqrt{2}$

解析 (1) 如图甲所示



由折射定律可得 $n_1 = \frac{\sin \theta}{\sin \alpha_1}$

解得 $\alpha_1 = 30^\circ$

因 $\sin(90^\circ - \alpha_1) = \frac{\sqrt{3}}{2} > \frac{1}{\sqrt{3}}$, 则光在侧壁发生全反射

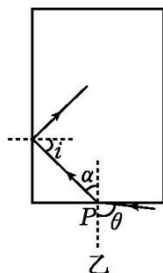
根据几何关系可知, 光在圆柱体中的路程 $s = 6l$

又 $n = \frac{c}{v}$

传播时间 $t=\frac{s}{v}$

解得 $t = \frac{6\sqrt{31}}{c}$ 。

(2)如图乙所示,若将 θ 逐渐增大,图中 α 也将不断增大,而光线在侧面的入射角 i 将不断减小。当 θ 趋近于 90° 时,由折射定律及全反射可知,图中 α 将趋于临界角 C ,而此时光线射到侧面处时的入射角 i 将达到最小,若此时光线刚好发生全反射,则所有到达侧面的光线将全部发生全反射,不会从侧面射出。因此可得 $\sin i \geq \sin C$



而 $i + C = 90^\circ$

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

联合解得折射率的最小值 $n = \sqrt{2}$ 。

强化 学科思维

培优巧拓展

光的折射与光的全反射综合问题

1. 求解全反射问题的四点提醒

- (1)光密介质和光疏介质是相对而言的。同一种介质,相对于其他不同的介质,可能是光密介质,也可能是光疏介质。
- (2)如果光线从光疏介质进入光密介质,则无论入射角多大,都不会发生全反射现象。
- (3)在全反射现象中,遵循光的反射定律,光路均是可逆的。
- (4)当光射到两种介质的界面上时,往往同时发生光的折射和反射现象,但在全反射现象中,只发生反射,不发生折射。

2. 全反射问题的一般解题思路

- (1)确定光是由光密介质进入光疏介质。
- (2)应用 $\sin C = \frac{1}{n}$ 确定临界角。
- (3)根据题设条件,判定光在传播时是否发生全反射。
- (4)如发生全反射,画出入射角等于临界角时的临界光路图。
- (5)运用几何关系或三角函数关系以及反射定律等进行分析、判断、运算,解决问题。

3. 全反射现象中光的传播时间的求解要领

- (1)准确地判断出恰好发生全反射的临界光线是解题的关键。

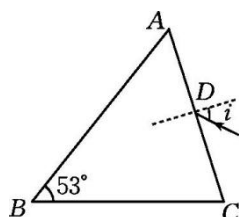
(2)全反射现象中,光在同种均匀介质中的传播速度不发生变化,即 $v=\frac{c}{n}$ 。

(3)全反射现象中,光的传播路程应结合光路图与几何关系进行确定。

(4)利用 $t=\frac{l}{v}$ 求解光在介质中的传播时间。

角度 1 光在三棱镜中的折射和全反射问题

例 7 (2024 届惠州三模)如图所示,三角形 ABC 为三棱镜的横截面,一细束单色光从 ABC 的侧面 AC 上中点 D 点入射,改变入射角 i ,当 AC 侧面的折射光线与 BC 边平行时,恰好没有光线从 AB 侧面边射出棱镜,已知 $AC=BC=9\text{ cm}$,且 $\angle ABC=53^\circ$, $\sin 53^\circ=0.8$,空气中的光速 $c=3\times 10^8\text{ m/s}$ 。

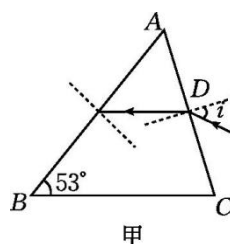


(1)求该棱镜对该单色光的折射率。

(2)当 AC 侧面的折射光线与 BC 边平行时,求该单色光从 D 点入射到第一次从棱镜中射出传播的时间。

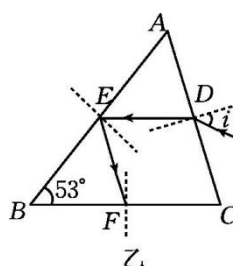
答案 (1) $\frac{5}{3}$ (2) $5\times 10^{-10}\text{ s}$

解析 (1)当 AC 侧面的折射光线与 BC 边平行时,恰好没有光线从 AB 侧面边射出棱镜光路图如图甲所示



有几何关系可知,全反射临界角 $C=37^\circ$,由折射率可知 $n=\frac{1}{\sin C}=\frac{5}{3}$ 。

(2)光路图如图乙所示



由几何关系知 $EF \parallel AC$, 则 F 为 BC 边中点

光在棱镜中的位移 $L = DE + EF = \frac{1}{2}BC + \frac{1}{2}AC = 0.09 \text{ m}$

其中 $n = \frac{c}{v}$, 光传播的时间 $t = \frac{L}{v}$

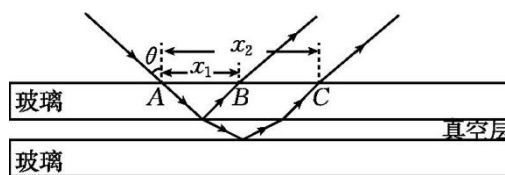
解得 $t = 5 \times 10^{-10} \text{ s}$ 。

角度 2 光在平行玻璃砖中的折射和全反射问题

例 8 (2024 届南通一模) 为测量双层玻璃中间真空层的厚度, 用激光笔使单色光从空气以入射角 θ 射入玻璃, 部分光线如图所示。测得玻璃表面两出射点 B 、 C 与入射点 A 的距离分别为 x_1 和 x_2 。已知玻璃的折射率为 n , 光在真空中的速度为 c 。求:

(1) 真空层的厚度 d 。

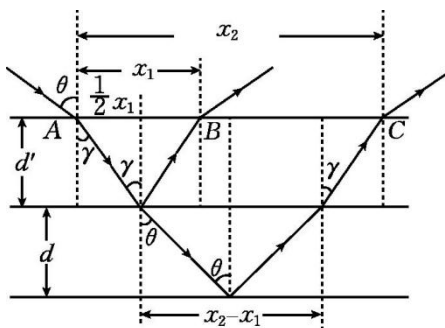
(2) 光从 A 传播到 B 的时间 t 。



答案 (1) $\frac{x_2 - x_1}{2 \tan \theta}$ (2) $\frac{x_1 n^2}{c \sin \theta}$

解析 (1) 光路图如图所示, 设真空层的厚度为 d , 由光路图可知, AC 比 AB 多了光线在真空层传播的部分, 由几何关系得 $x_2 - x_1 = 2d \tan \theta$

解得 $d = \frac{x_2 - x_1}{2 \tan \theta}$ 。



(2) 由 $n = \frac{c}{v}$ 可得光在玻璃中的速度 $v = \frac{c}{n}$

由折射定律可知 $n = \frac{\sin \theta}{\sin \gamma}$

则 $\sin \gamma = \frac{\sin \theta}{n}$

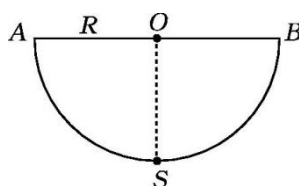
从 A 到 B 的光程 $s = 2 \frac{\frac{1}{2}x_1}{\sin \gamma} = \frac{x_1}{\sin \gamma} = \frac{x_1 n}{\sin \theta}$

所用时间 $t = \frac{s}{v} = \frac{\frac{x_1 n}{\sin \theta}}{\frac{c}{n}} = \frac{x_1 n^2}{c \sin \theta}$

角度 3 光在弧形界面的折射和全反射问题

例 9 (2024 届石家庄一模) 折射率为 $\frac{2\sqrt{3}}{3}$ 的半圆形透明柱体, 其横截面的半径为 R , 圆心为 O , AB 为水平直径, 如图所示。

点光源 S 置于 O 点正下方距 O 点 R 处的圆面内, 不考虑光在 AB 界面上的反射。

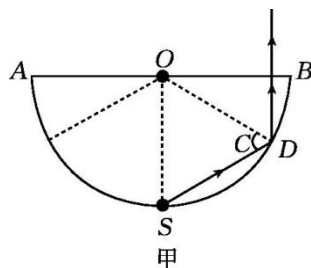


(1) 求半圆形界面上无光线射出的区域长度 l 。

(2) 若从 O 点正上方观察光源 S , 求观察到的光源距 O 点的距离 h 。

答案 (1) $\frac{2}{3}\pi R$ (2) $\frac{\sqrt{3}R}{2}$

解析 (1) 光在介质内刚好发生全反射时的光路图如图甲所示



光在 D 点恰好发生全反射 $\angle SDO = C, \sin C = \frac{1}{n}$

解得 $C = 60^\circ$

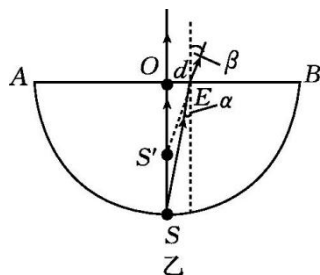
进而可得 $\angle SOD = 60^\circ$

无光线射出的部分对应的圆心角 $\theta = 2\angle SOD = 120^\circ$

故半圆形界面上无光线射出的长度 $l = \frac{120^\circ}{180^\circ} \pi R$

解得 $l = \frac{2}{3}\pi R$ 。

(2) 从 O 点正上方观察时光路如图乙所示



由图中几何关系可得 $\tan \alpha = \frac{OE}{OS} = \frac{OE}{R}$

$$\tan \beta = \frac{OE}{OS'} = \frac{OE}{h}$$

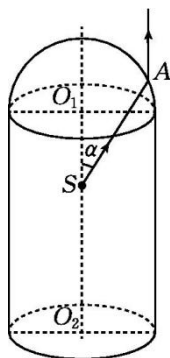
由于 α 、 β 较小,故 $\frac{h}{R} = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta} \approx \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$

由折射定律得 $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{1}{n}$

$$\text{可得 } h = \frac{R}{n} = \frac{\sqrt{3}R}{2}.$$

角度 4 几何光学的临界问题

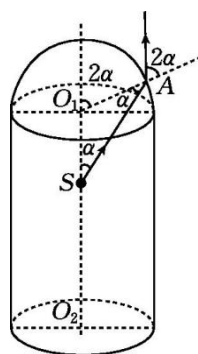
临界法是以原理、定理或者规律为依据,直接从临界状态和相应的临界量入手,求出所研究的特殊规律和特殊解。然后,由此对一般情况进行分析、讨论和推理,即采用从特殊到一般的推理方法。几何光学中的临界问题,如全反射临界问题、光学器件边界临界问题,通常需要根据光的折射定律或者光的全反射画出光路图,然后运用几何关系进行求解。



例 10 (2024 届江苏二模) 如图所示,一透明材料块,下部是底面半径为 R 、高为 $3R$ 的圆柱体,上部为半径为 R 的半球, O_1 为球心, O_1O_2 为圆柱体的中心轴,在 O_1 正下方距离 R 处有一个点光源 S ,向各个方向发光。

(1) 若该材料的折射率 $n = \sqrt{3}$, 光线 SA 与中心轴成 α 角, 照射到表面 A 点后恰能平行中心轴出射, 求 α 角的大小。

(2) 不考虑光的反射, 若要使该透明材料块表面各处均有光线出射, 该材料的折射率不能超过多大?



甲

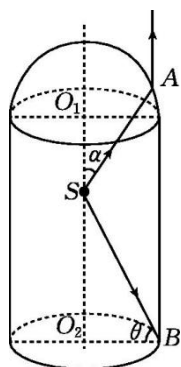
答案 (1) 30° (2) $\frac{\sqrt{5}}{2}$

解析 (1)根据几何关系可得,光从 A 点射出时的折射角为 2α ,如图甲所示

根据折射定律有 $n = \frac{\sin 2\alpha}{\sin \alpha} = \sqrt{3}$

解得 $\alpha = 30^\circ$ 。

(2)如图乙所示,若光线恰好能从 B 点射出,此时该材料的折射率最小



乙

根据几何关系有 $\sin \theta = \frac{2R}{\sqrt{(2R)^2 + R^2}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$

折射率 $n' = \frac{1}{\sin \theta} = \frac{\sqrt{5}}{2}$

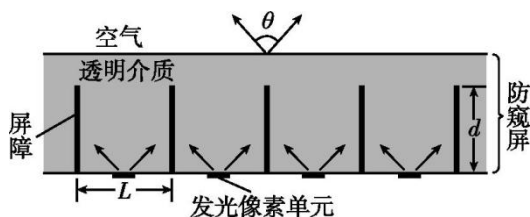
所以,若要使该透明材料块表面各处均有光线出射,该材料的折射率不能超过 $\frac{\sqrt{5}}{2}$ 。

例 11 (2022 年湖南卷)如图,某种防窥屏由透明介质和对光完全吸收的屏障构成,其中屏障垂直于屏幕平行排列,可实现对像素单元可视角度 θ 的控制(可视角度 θ 定义为某像素单元发出的光在图示平面内折射到空气后最大折射角的 2 倍)。透明介质的折射率 $n=2$,屏障间隙 $L=0.8 \text{ mm}$ 。发光像素单元紧贴屏下,

位于相邻两屏障的正中间。不考虑光的衍射。

(1)若把发光像素单元视为点光源,要求可视角度 θ 控制为 60° ,求屏障的高度 d 。

(2)若屏障高度 $d=1.0\text{ mm}$,且发光像素单元的宽度不能忽略,求像素单元宽度 x 最小为多少时,其可视角度 θ 刚好被扩为 180° (只要看到像素单元的任意一点,即视为能看到该像素单元)。



答案 (1)1.55 mm (2)0.35 mm

解析 (1)发光像素单元射到屏障上的光被完全吸收,考虑射到屏障顶端的光射到透明介质和空气界面,折射后从界面射向空气,由题意可知 $\theta=60^\circ$,则 $r=\frac{\theta}{2}=30^\circ$

在介质中的入射角为 i ,则 $\frac{\sin r}{\sin i}=n$

解得 $\sin i=\frac{1}{4}$

由几何关系得 $\sin i=\frac{\frac{L}{2}}{\sqrt{d^2+(\frac{L}{2})^2}}$

解得 $d=\sqrt{2.4}\text{ mm}\approx 1.55\text{ mm}$ 。

(2)若可视角度 θ 刚好被扩为 180° ,则 $\frac{180^\circ}{2}=90^\circ$,光线在界面发生全反射,光线在界面处的入射角 $\sin C=\frac{1}{n}=\frac{1}{2}$

解得 $C=30^\circ$

此时发光像素单元发光点距离屏障的距离 $x_1=d\tan C=\frac{\sqrt{3}}{3}\text{ mm}$

像素单元最小宽度 $x=2\left(x_1-\frac{L}{2}\right)=\left(\frac{2\sqrt{3}}{3}-0.8\right)\text{ mm}\approx 0.35\text{ mm}$ 。

训练 逐点排查

素能快提升

见《高效训练》P107

基础练

1.(2024 届南通三模)庄子与惠子游于濠梁之上。庄子曰:“鲦鱼出游从容,是鱼之乐也。” 人在桥上观鱼,()。

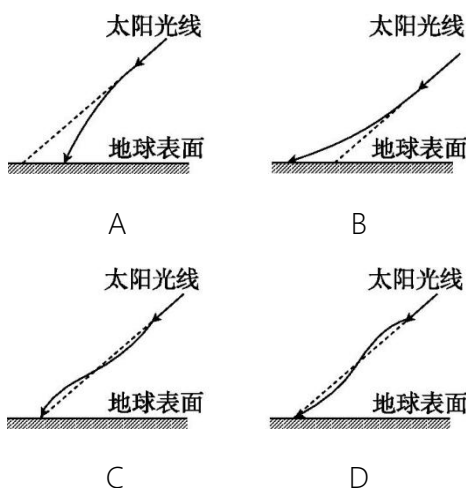


- A.人能看到鱼,鱼不能看到人
- B.人看到的鱼是经光的反射所成的像
- C.鱼看到的人的位置比人的实际位置低
- D.人看到的鱼的位置比鱼的实际位置高

答案 D

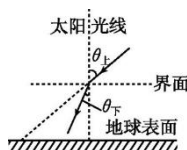
解析 鱼在水中,鱼反射的光,是从光密介质进入光疏介质,可能发生全反射,因此人可能看不到鱼;而人在空气中,人反射的光,是从光疏介质进入光密介质,不可能发生全反射,因此鱼一定能看到人,A 项错误。人看到的鱼是经光的折射所成的像,B 项错误。人在空气中,人反射的光从空气中射入水中,发生折射,鱼沿折射光线的反向延长线看人,鱼看到的人的位置比人的实际位置高,C 项错误。同理分析可知,D 项正确。

2.(2023 年江苏卷)地球表面附近空气的折射率随高度降低而增大,太阳光斜射向地面的过程中会发生弯曲。下列光路图中能描述该现象的是()。

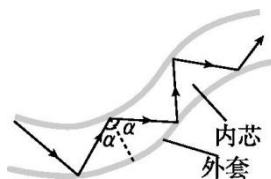


答案 A

解析 由于地球表面附近空气的折射率随高度降低而增大,建立模型,作出光在界面的光路,如图所示,因为 $n_{\text{下}} > n_{\text{上}}$,根据折射定律 $n_{\text{上}} \sin \theta_{\text{上}} = n_{\text{下}} \sin \theta_{\text{下}}$,所以 $\theta_{\text{下}} < \theta_{\text{上}}$,结合题意可得从高到低 $\theta_{\text{下}}$ 逐渐减小,光线应趋于竖直方向,A 项正确。



3.(2024 届广州二模)(多选)如图,光导纤维的内芯折射率为 n_1 ,外套折射率为 n_2 ,光由光导纤维的一端从空气进入内芯后,经多次全反射传播到另一端射出,则()。

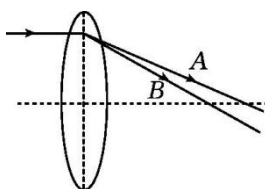


- A. $n_1 > n_2$
- B. $n_1 < n_2$
- C. $\sin \alpha \geq \frac{1}{n_1}$
- D. $\sin \alpha \geq \frac{n_2}{n_1}$

答案 AD

解析 欲使光在内芯和外套的界面上发生全反射,必须从光密介质射入光疏介质,需要满足 $n_1 > n_2$,A 项正确,B 项错误;光在内芯和外套界面发生全反射的临界角满足 $\sin C = \frac{n_2}{n_1}$,图中发生全反射,满足 $\alpha \geq C$,所以 $\sin \alpha \geq \sin C = \frac{n_2}{n_1}$,C 项错误,D 项正确。

4.(2024 届沈阳一模)复色光在玻璃元件中折射时会产生色散现象,影响照相机和望远镜的成像质量。如图所示,一束复色光经凸透镜后分成 A、B 两束。下列说法正确的是()。



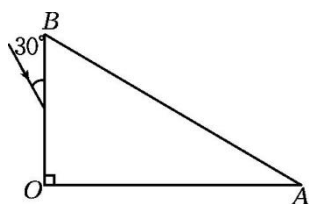
- A. A 光的频率比 B 光的频率大
- B. A 光光子的能量比 B 光光子的能量大
- C. 若两种光从水中射向空气,A 光的全反射临界角较大
- D. 若两种光用同样的装置做“双缝干涉”实验,A 光的条纹间距较小

答案 C

解析 由题中光路图可知,凸透镜对 A、B 光的折射率 $n_A < n_B$,则两光的频率 $\nu_A < \nu_B$,A 项错误;由 $\varepsilon = h\nu$, $\nu_A < \nu_B$ 可知 A、B 两光的光子能量 $\varepsilon_A < \varepsilon_B$,B 项错误;由 $\sin C = \frac{1}{n}$ 及 $n_A < n_B$ 可知相同情况下 A、B 两光发生全反射的临界角 $C_A > C_B$,C 项正确;由 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$, $\lambda_A > \lambda_B$ 可知 $\Delta x_A > \Delta x_B$,即两种光用同样的装置做“双缝干涉”实验,A 光的条纹间距较大,D 项错误。

提升练

5.(2024 届武汉调考)(多选)如图所示,三棱镜的横截面为直角三角形, $\angle A=30^\circ$, $OB=L$,一束与 OB 边成 30° 角的单色光射向 OB 边的中点,最后从 AB 边射出的光与 AB 边的夹角为 α ,光从射入 OB 边到从 AB 边射出的时间为 t 。已知三棱镜对该单色光的折射率为 $\sqrt{3}$,光在真空中的传播速度为 c ,不考虑光在三棱镜内的多次反射,则()。

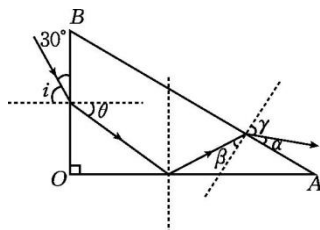


A. $\alpha=30^\circ$ B. $\alpha=60^\circ$

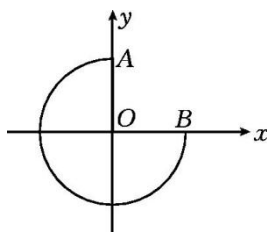
C. $t=\frac{3L}{2c}$ D. $t=\frac{3\sqrt{3}L}{2c}$

答案 AD

解析 光从射入 OB 边到从 AB 边射出,光路图如图所示,设光在 OB 面折射的折射角为 θ ,根据折射定律有 $n=\frac{\sin(90^\circ-30^\circ)}{\sin\theta}$,代入数据可得 $\theta=30^\circ$,由几何知识可得光在 AB 面的入射角 $\beta=30^\circ$,根据折射定律有 $n=\frac{\sin\gamma}{\sin 30^\circ}$,代入数据可得 $\gamma=60^\circ$,则 $\alpha=90^\circ-\gamma=30^\circ$,A 项正确,B 项错误;根据折射率和光速关系有 $n=\frac{c}{v}$,解得 $v=\frac{\sqrt{3}}{3}c$,根据几何知识可得光在玻璃中传播的距离 $s=L+\frac{1}{2}L=\frac{3}{2}L$,则光在玻璃中传播的时间 $t=\frac{s}{v}=\frac{3\sqrt{3}L}{2c}$,C 项错误,D 项正确。



6.(2024 届河北调研)如图所示的平面直角坐标系 xOy 内,平行纸面放置一半径为 R 的 $\frac{3}{4}$ 圆形透明材料块,位于第一象限的点光源 S 发出的一束光垂直于 OA 面射入该材料块,在弧面 AB 上恰好发生全反射,经过一段时间后光从 B 点射出材料块。已知该材料对该入射光的折射率为 $\frac{2\sqrt{3}}{3}$,光在真空中的速度为 c ,则此光在透明材料块内传播的时间为()。



A. $\frac{3\sqrt{3}R}{c}$

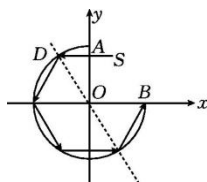
B. $\frac{2\sqrt{3}R}{c}$

C. $\frac{3\sqrt{2}R}{c}$

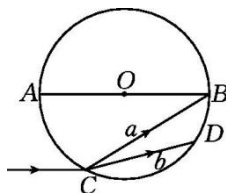
D. $\frac{2\sqrt{2}R}{c}$

答案 A

解析 光路如图所示,光射在弧面上的 D 点恰好发生全反射,根据 $\sin C = \frac{1}{n}$,可知 $\angle ADO = 60^\circ$,根据几何关系可知光在透明材料块中传播的路程 $s = 4.5R$,传播的速度 $v = \frac{c}{n} = \frac{\sqrt{3}}{2}c$,传播的时间 $t = \frac{s}{v} = \frac{3\sqrt{3}R}{c}$,A 项正确。



7.(2024 届唐山一模)(多选)如图所示,一复色光沿平行于直径 AB 的方向由 C 点从真空射入半径为 R 的圆形玻璃砖,入射光线与直径 AB 的距离为 $\frac{\sqrt{3}}{2}R$,在同一圆内分为 a 、 b 两束, a 光刚好射到 B 点, b 光射到 D 点, D 点到直径 AB 的距离为 $\frac{1}{2}R$, O 为圆心。已知真空中的光速为 c 。下列判断正确的是()。



A. 该玻璃砖对 a 光的折射率为 $\frac{2\sqrt{3}}{3}$

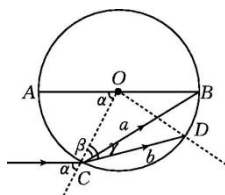
B. 该玻璃砖对 b 光的折射率为 $\frac{\sqrt{6}}{2}$

C. a 光在圆形玻璃砖中的传播时间为 $\frac{3R}{c}$

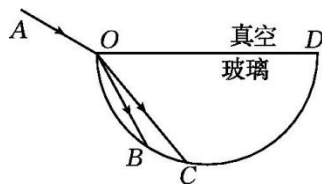
D. b 光在圆形玻璃砖中的传播时间为 $\frac{\sqrt{3}R}{c}$

答案 BCD

解析 两光的入射角 α 的正弦值 $\sin \alpha = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}R}{R} = \frac{\sqrt{3}}{2}$, 即 $\alpha = 60^\circ$, 由几何关系知 a 光的折射角 $\beta = 30^\circ$, 该玻璃砖对 a 光的折射率 $n_a = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \sqrt{3}$, A 项错误; 因 $\sin \angle BOD = \frac{1}{2}$, 即 $\angle BOD = 30^\circ$, 则由几何关系可知 b 光的折射角 $\gamma = 45^\circ$, 则该玻璃砖对 b 光的折射率 $n_b = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{\sqrt{6}}{2}$, B 项正确; a 光在圆形玻璃砖中的传播时间 $t_a = \frac{2R \cos 30^\circ}{v_a} = \frac{\sqrt{3}R}{\frac{c}{n_a}} = \frac{3R}{c}$, C 项正确; b 光在圆形玻璃砖中的传播时间 $t_b = \frac{\sqrt{2}R}{v_b} = \frac{\sqrt{2}R}{\frac{c}{n_b}} = \frac{\sqrt{3}R}{c}$, D 项正确。



8. (2024 届衡阳二模) (多选) 如图所示, $OBCD$ 为半圆柱体玻璃的横截面, OD 为直径, 一束由蓝光和黄光组成的复色光沿 AO 方向从真空射入玻璃, 分成两束分别射到圆柱面的 B 、 C 两点。只考虑第一次射向圆弧面的光线, 下列说法正确的是()。



A. 从 B 、 C 两点射出的光分别是黄光、蓝光

B. 光从 O 传到 B 与光从 O 传到 C 的时间相等

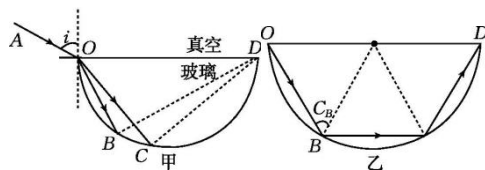
C. 若只有一束光线从圆弧面射出, 则其一定是从 B 点射出

D. 若 OB 光恰好在 B 点发生全反射, 且其经过圆弧面的两次反射恰好从 D 点射出, 则玻璃对 OB 光的折射率为 $\frac{2\sqrt{3}}{3}$

答案 BD

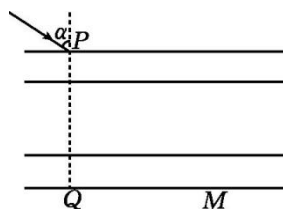
解析 同一介质对不同频率的光具有不同的折射率, 折射率随频率的增大而增大, 即玻璃对蓝光的折射率大。由光束 OB 的偏转程度大于 OC 的, 可知光束 OB 为蓝光, 光束 OC 为黄光, A 项错误。设 OD 长度为 d ,

两光的折射角分别为 θ_B 、 θ_C 连接 BD 、 CD , 如图甲所示, 根据 $n_B = \frac{\sin i}{\sin \theta_B} = \frac{c}{v_B}$, $n_C = \frac{\sin i}{\sin \theta_C} = \frac{c}{v_C}$ 得 $\frac{\sin \theta_B}{v_B} = \frac{\sin \theta_C}{v_C}$, 光在玻璃中传播的时间 $t_B = \frac{d \sin \theta_B}{v_B}$, $t_C = \frac{d \sin \theta_C}{v_C}$, 可得 $t_B = t_C$ B 项正确。由 $\sin C = \frac{1}{n}$, $n_{\text{黄}} < n_{\text{蓝}}$, 可知黄光发生全反射的临界角大于蓝光的, 又 OB 与法线(过 B 点的半径)的夹角大于 OC 与法线(过 C 点的半径)的夹角, 若只有一束光线从圆弧面射出, 则其一定是从 C 点射出, C 项错误。画出 OB 光在玻璃中的光路如图乙所示, 可知其发生全反射的临界角 $C_B = 60^\circ$, 则 $n_B = \frac{1}{\sin C_B} = \frac{2}{\sqrt{3}}$, D 项正确。



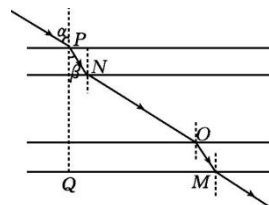
预测练

9. (2024 届辽阳二模) 假日期间, 小聪与家人去售楼部收房, 小聪想检查阳台窗户的双层玻璃的厚度是否达标(合同里每层玻璃的厚度 $d_1 = 5 \text{ mm}$)。小聪查阅资料得知该窗户由中间夹一层惰性气体的两平行且厚度相同的玻璃组成, 他将一激光笔的激光垂直窗户玻璃射入, 用记号笔分别记下窗户两侧入射点和出射点的位置 P 、 Q 。如图所示, 再让激光笔的激光对准 P 点以入射角 $\alpha = 60^\circ$ 射入, 记下激光在窗户另一侧出射点的位置 M , 测得 PQ 和 QM 的距离分别为 20.0 mm 、 28.0 mm 。玻璃和惰性气体对激光的折射率分别为 $n_1 = \sqrt{2}$, $n_2 = 1$ 。



- (1) 若玻璃的厚度恰好达标, 求以 α 角射入时, 激光通过第一层玻璃的出射点相对于入射点沿玻璃方向的偏移量。(结果可保留根号)
- (2) 请通过计算判断该窗户的双层玻璃的厚度是否为合同中的 5 mm 。

解析 (1) 激光通过窗户玻璃的光路图如图所示



根据光的折射定律有 $n_1 \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$

解得 $\sin \beta = \frac{\sqrt{6}}{4}$

设激光在第一层玻璃中的偏移量为 x_1 , 根据几何关系有 $x_1 = d_1 \tan \beta$

解得 $x_1 = \sqrt{15} \text{ mm}$ 。

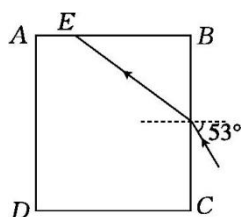
(2) 若玻璃的厚度恰好达标, 则由光路的可逆性可知, 激光在第二层玻璃中的偏移量也为 $x_1 = \sqrt{15} \text{ mm}$

窗户的厚度 $d_0 = 20.0 \text{ mm}$, 可知惰性气体的厚度 $d_2 = 10.0 \text{ mm}$, 激光在惰性气体中的偏移量 $x_2 = d_2 \tan \alpha = 10\sqrt{3} \text{ mm}$

激光的总偏移量 $x = 2x_1 + x_2 = (2\sqrt{15} + 10\sqrt{3}) \text{ mm} = 25.1 \text{ mm}$

因为 $x \neq 28.0 \text{ mm}$, 所以双层玻璃的厚度不是合同中的 5 mm 。

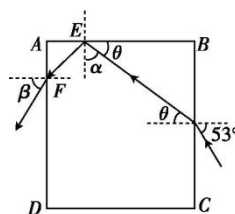
10.(改编) 如图所示, 一矩形薄玻璃砖 $ABCD$ 静置在水平桌面上, 一束单色光从 BC 边中点平行于桌面射入, 入射角为 53° , 折射后光线到达 AB 边的 E 点。已知 $AB = 5 \text{ cm}$, $BC = 6 \text{ cm}$, 光在真空中的传播速度 $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$, 玻璃砖对该单色光的折射率为 $\frac{4}{3}$, $\sin 53^\circ = 0.8$, $\cos 53^\circ = 0.6$, 求:



(1) E 点与 A 点的距离。

(2) 该光在玻璃砖中的传播时间。

解析 (1) 作出光路图如图所示。光在 BC 面发生折射时, 设折射角为 θ , 根据折射定律可得 $n = \frac{\sin 53^\circ}{\sin \theta} = \frac{4}{3}$



解得 $\theta = 37^\circ$

根据几何关系, 有 $\tan \theta = \frac{\frac{1}{2}BC}{BE} = \frac{3}{4}$

解得 $BE=4\text{ cm}$

所以, E 点与 A 点的距离 $AE=AB-BE=1\text{ cm}$ 。

(2)根据几何关系有 $\alpha=53^\circ$

根据临界角与折射率的关系有 $\sin C=\frac{1}{n}=\frac{3}{4}<\sin \alpha=0.8$

可知光射到 E 点时发生全反射,没有光线从 AB 边射出

由几何关系可知, BC 的中点到 E 点的距离为 5 cm , $EF=\frac{1}{\cos 37^\circ}\text{ cm}=1.25\text{ cm}$

光在玻璃砖中传播的路程 $x=6.25\text{ cm}$

根据传播速度与折射率的关系可得 $v=\frac{c}{n}=\frac{3}{4}c$

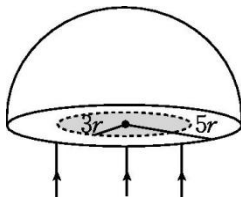
光在玻璃砖内运动的时间 $t=\frac{x}{v}$

解得 $t\approx 2.78\times 10^{-10}\text{ s}$ 。

11.(2024 届重庆考试)如图所示,一半径为 $5r$ 的透明匀质半球置于空气中,某圆柱形单色平行光束垂直于半球底面入射,光束横截面圆心与半球底面圆心重合。若要整束光都不发生全反射,光束横截面的半径最大为 $3r$ 。

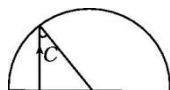
(1)求该光束在半球中的折射率。

(2)若将入射光换成折射率为原光束的 $k(k>0)$ 倍的另一光束且光束横截面的半径为 $3r$,其余条件不变,求此时半球有光束射出的球冠底面面积。(不考虑反射光的折射)



解析 (1)离圆心 $3r$ 处的光束恰发生全反射时有 $\sin C=\frac{1}{n}=\frac{3}{5}$

解得 $n=\frac{5}{3}$ 。



(2)①若 $k>1$,则由 $\sin C=\frac{1}{n}$ 可知 $C_1<C$

此时有光束射出的球冠底面半径 $r_1=5r\sin C_1=\frac{5r}{kn}=\frac{3r}{k}$

此时半球有光束射出的球冠底面面积 $S_1=\frac{9\pi r^2}{k^2}$

②若 $0 < k \leq 1$, 则由 $\sin C = \frac{1}{n}$, 可知 $C_2 \geq C$

此时有光束射出的球冠底面半径 $r_2 \geq 3r$, 而入射光束的横截面半径为 $3r$, 即全部可以从弧面射出

则此时半球有光束射出的球冠底面面积 $S_2 = 9\pi r^2$ 。

第2讲 光的波动性

对应学生用书 P321

考点一 光的干涉现象

理清 知识结构

基础全通关

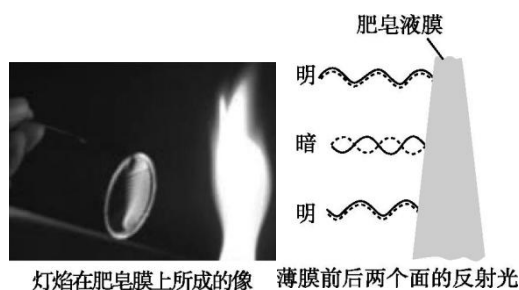
知识梳理 构建体系

- 1.光的干涉定义:在两列相干光波叠加的区域,某些区域相互加强,出现①_____条纹;某些区域相互减弱,出现②_____条纹,且加强区域和减弱区域相互③_____的现象。
- 2.光的干涉条件:(1)两束光的频率④_____;(2)相位差⑤_____。
- 3.双缝干涉:利用双缝分光形成两列频率相同的相干光相遇而形成的。
- 4.薄膜干涉:利用薄膜(如肥皂液薄膜)⑥_____反射的光相遇而形成的。

答案 ①亮 ②暗 ③间隔 ④相同 ⑤恒定 ⑥前后表面

考教衔接 以图说法

如图,撒了食盐的酒精灯灯焰在肥皂液膜上的像有什么特点?为什么有些地方是明条纹,有些地方是暗条纹?



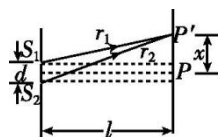
答案 明暗相间的水平条纹;当前后两个表面反射回来的两列波的路程差等于光波长的整数倍时,出现明条纹;当前后两个表面反射回来的两列波的路程差等于光的半波长的奇数倍时,出现暗条纹。

1. 双缝干涉

(1) 条纹间距: $\Delta x = \frac{l}{d}\lambda$, 对同一双缝干涉装置, 光的波长越长, 干涉条纹的间距越大。

(2) 明暗条纹的判断方法:

如图所示, 相干光源 S_1 、 S_2 发出的光到屏上 P 点的路程差 $\Delta r = r_2 - r_1$ 。

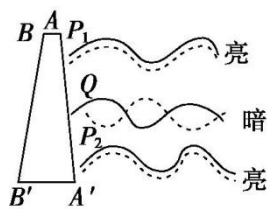


当 $\Delta r = n\lambda$ ($n=0, 1, 2, \dots$) 时, 光屏上 P 处出现明条纹;

当 $\Delta r = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$ ($n=0, 1, 2, \dots$) 时, 光屏上 P 处出现暗条纹。

2. 薄膜干涉

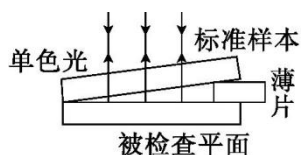
(1) 形成: 如图所示, 竖直的肥皂薄膜, 由于重力的作用, 形成上薄下厚的楔形。光照射到薄膜上时, 在膜的前表面 AA' 和后表面 BB' 分别反射回来, 形成两列频率相同的光波, 并且叠加。



(2) 亮、暗条纹的判断

① 在 P_1 、 P_2 处, 从两个表面反射回来的两列光波的路程差 Δr 等于波长的整数倍, 薄膜上出现亮条纹。

② 在 Q 处, 两列反射回来的光波的路程差 Δr 等于半波长的奇数倍, 薄膜上出现暗条纹。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/498062063011006141>