

第 3 节 光的折射、全反射

INCLUDEPICTURE,

要点一 折射定律及折射率的应用

1. 对折射率的理解

- (1)公式  $n=\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$  中,不论是光从真空射入介质,还是从介质射入真空,  $\theta_1$  总是真空中的光线与法线间的夹角,  $\theta_2$  总是介质中的光线与法线间的夹角。
- (2)折射率由介质本身性质决定,与入射角的大小无关。
- (3)折射率与介质的密度没有关系,光密介质不是指密度大的介质。
- (4)折射率的大小不仅与介质本身有关,还与光的频率有关。同一种介质中,频率越大的色光折射率越大,传播速度越小。
- (5)同一种色光,在不同介质中虽然波速、波长不同,但频率相同。

2. 平行玻璃砖、三棱镜和圆柱体(球)对光路的控制

类别项目	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	横截面为三角形的三棱镜	横截面是圆
对光线的作用	INCLUDEPICTURE 通过平行玻璃砖的光线不改变传播方向,但要发生侧移	INCLUDEPICTURE 通过三棱镜的光线经两次折射后,出射光线向棱镜底面偏折	INCLUDEPICTURE 圆界面的法线是过圆心的直线,经过两次折射后向圆心偏折
应用	测定玻璃的折射率	INCLUDEPICTURE 全反射棱镜,改变光的传播方向	改变光的传播方向

[典例] 一厚度为  $h$  的大平板玻璃水平放置,其下表面贴有一半径为  $r$  的圆形发光面。在玻璃板上表面放置一半径为  $R$  的圆纸片,圆纸片与圆形发光面的中心在同一竖直线上。已知圆纸片恰好能完全遮挡住从圆形发光面发出的光线(不考虑反射),求平板玻璃的折射率。

[方法规律]

解决光的折射问题的思路

- (1)根据题意画出正确的光路图。
- (2)利用几何关系确定光路中的边、角关系,要注意入射角、折射角均以法线为标准。
- (3)利用折射定律、折射率公式求解。
- (4)注意:在折射现象中光路是可逆的。

[针对训练]

1. 以往,已知材料的折射率都为正值( $n>0$ )。现已有针对某些电磁波设计制作的人工材料,其折射率可以为负值( $n<0$ ),称为负折射率材料。位于空气中的这类材料,入射角  $i$  与折

射角  $r$  依然满足  $\sin i / \sin r = n$ ，但是折射线与入射线位于法线的同一侧(此时折射角取负值)。现空气中有一上下表面平行的负折射率材料，一束电磁波从其上表面射入，下表面射出。若该材料对此电磁波的折射率  $n = -1$ ，正确反映电磁波穿过该材料的传播路径的示意图是( )

INCLUDEPICTURE

图 12-3-1

2. Morpho 蝴蝶的翅膀在阳光的照射下呈现出闪亮耀眼的蓝色光芒，这是因为光照射到翅膀的鳞片上发生了干涉。电子显微镜下鳞片结构的示意图如图 12-3-2 所示。一束光以入射角  $i$  从  $a$  点入射，经过折射和反射后从  $b$  点出射。设鳞片的折射率为  $n$ ，厚度为  $d$ ，两片之间空气层厚度为  $h$ 。取光在空气中的速度为  $c$ ，求光从  $a$  到  $b$  所需的时间  $t$ 。

INCLUDEPICTURE

图 12-3-2

### 1. 求解光的折射、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) 在光的反射和全反射现象中，均遵循光的反射定律，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. 求解全反射现象中光的传播时间的一般思路

- (1) 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  $v = c/n$ 。
- (2) 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。
- (3) 利用  $t = l/v$  求解光的传播时间。

### 3. 解决全反射问题的一般方法

- (1) 确定光是从光密介质进入光疏介质。
- (2) 应用  $\sin C = 1/n$  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。

**[典例]** 一个半圆柱形玻璃砖，其横截面是半径为  $R$  的半圆， $AB$  为半圆的直径， $O$  为圆心，如图 12-3-3 所示。玻璃的折射率为  $n = \sqrt{2}$ 。

INCLUDEPICTURE

图 12-3-3

(1)一束平行光垂直射向玻璃砖的下表面，若光线到达上表面后，都能从该表面射出，则入射光束在  $AB$  上的最大宽度为多少？

(2)一细束光线在  $O$  点左侧与  $O$  相距  $\frac{R}{2}$  处垂直于  $AB$  从下方入射，求此光线从玻璃砖射出点的位置。

[方法规律]

### 解答全反射类问题的技巧

(1)解答全反射类问题时，要抓住发生全反射的两个条件。

①光必须从光密介质射入光疏介质；

②入射角大于或等于临界角。

(2)利用好光路图中的临界光线，准确地判断出恰好发生全反射的光路图是解题的关键，且在作光路图时尽量与实际相符。

[针对训练]

1. 打磨某剖面如图 12-3-4 所示的宝石时，必须将  $OP$ 、 $OQ$  边与轴线的夹角  $\theta$  切割在  $\theta_1 < \theta < \theta_2$  的范围内，才能使从  $MN$  边垂直入射的光线，在  $OP$  边和  $OQ$  边都发生全反射(仅考虑如图所示的光线第一次射到  $OP$  边并反射到  $OQ$  边后射向  $MN$  边的情况)，则下列判断正确的是( )

INCLUDEPICTURE

图 12-3-4

- A. 若  $\theta > \theta_2$ ，光线一定在  $OP$  边发生全反射
- B. 若  $\theta > \theta_2$ ，光线会从  $OQ$  边射出
- C. 若  $\theta < \theta_1$ ，光线会从  $OP$  边射出
- D. 若  $\theta < \theta_1$ ，光线会在  $OP$  边发生全反射

2. 如图 12-3-5，三角形  $ABC$  为某透明介质的横截面， $O$  为  $BC$  边的中点，位于截面所在平面内的一束光线自  $O$  以角  $i$  入射，第一次到达  $AB$  边恰好发生全反射。已知  $\theta = 15^\circ$ ， $BC$  边长为  $2L$ ，该介质的折射率为  $\sqrt{2}$ 。求：

INCLUDEPICTURE

图 12-3-5

(1)入射角  $i$ ；

(2)从入射到发生第一次全反射所用的时间

(设光在真空中的速度为  $c$ ，可能用到： $\sin 75^\circ = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{4}$  或  $\tan 15^\circ = 2 - \sqrt{3}$ )。

### 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。

INCLUDEPICTURE

图 12-3-6

INCLUDEPICTURE

图 12-3-7

(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

颜 色	红橙黄绿青蓝紫
频率 $\nu$	低→高
同一介质中的折射率	小→大
同一介质中的速度	大→小
波长	大→小
通过棱镜的 偏折角	小→大
临界角	大→小
双缝干涉时的条纹间距	大→小

[多角练通]

1. 一束由红、紫两色光组成的复色光，从空气斜射向玻璃三棱镜。下面四幅图中能正确表示该复色光经三棱镜折射分离成两束单色光的是( )

INCLUDEPICTURE

图 12-3-8

2. (多选)关于下列光学现象，说法正确的是( )

- A. 水中蓝光的传播速度比红光快
- B. 光从空气射入玻璃时可能发生全反射
- C. 在岸边观察前方水中的一条鱼，鱼的实际深度比看到的要深
- D. 分别用蓝光和红光在同一装置上做双缝干涉实验，用红光时得到的条纹间距更宽

3. (多选)某学习小组在探究三棱镜对光的色散的实验中，用一束含有两种  $A$ 、 $B$  不同颜色的光束以一定的角度从三棱镜的一边射入，并从另一面射出，如图 12-3-9 所示。由此我们可以知道( )

INCLUDEPICTURE

图 12-3-9

A. 在同种介质中， $A$  光的波长比  $B$  光的波长长



图 5

6. 公园里灯光喷泉的水池中有处于同一深度的若干彩灯, 在晚上观察不同色彩灯的深度和水面上被照亮的面积, 下列说法正确的是( )

- A. 红灯看起来较浅, 红灯照亮的水面面积较小
- B. 红灯看起来较深, 红灯照亮的水面面积较小
- C. 红灯看起来较浅, 红灯照亮的水面面积较大
- D. 红灯看起来较深, 红灯照亮的水面面积较大

7. 如图 6 所示, 扇形  $AOB$  为透明柱状介质的横截面, 圆心角  $\angle AOB = 60^\circ$ 。一束平行于角平分线  $OM$  的单色光由  $OA$  射入介质, 经  $OA$  折射的光线恰平行于  $OB$ , 以下对该介质的折射率值及折射光线中恰好射到  $M$  点的光线能不能发生全反射的说法正确的是( )

INCLUDEPICTURE

图 6

- A.  $\sqrt{3}$ , 不能发生全反射
- B.  $\sqrt{3}$ , 能发生全反射
- C.  $\frac{\sqrt{3}}{3}$ , 不能发生全反射
- D.  $\frac{\sqrt{3}}{3}$ , 能发生全反射

8. 如图 7 所示, 空气中有一折射率为  $\sqrt{2}$  的玻璃柱体, 其横截面是圆心角为  $90^\circ$ , 半径为  $R$  的扇形  $NBC$ 。该柱体厚度为  $h$ , 即  $MN = DC = AB = h$ 。一束刚好覆盖  $ABNM$  面的单色光, 以与该面成  $45^\circ$  角的方向照射到  $ABNM$  面上。若只考虑首次入射到  $ABCD$  面上的光, 则  $ABCD$  面上有光透出部分的面积为( )

INCLUDEPICTURE

图 7

- A.  $\frac{\pi R h}{6}$
- B.  $\frac{\pi R h}{4}$
- C.  $\frac{\pi R h}{3}$
- D.  $\frac{5\pi R h}{12}$

#### 对点训练：色散现象

9. 如图 8 所示是一观察太阳光谱的简易装置, 一加满清水的碗放在有阳光的地方, 将平面镜  $M$  斜放入水中, 调整其倾斜角度, 使太阳光经水面折射再经水中平面镜反射, 最后由水面折射回空气射到室内白墙上, 即可观察到太阳光谱的七色光带。逐渐增大平面镜的倾斜角度, 各色光将陆续消失, 则此七色光带从上到下的排列顺序以及最先消失的光分别是( )

INCLUDEPICTURE

图 8

- A. 红光→紫光, 红光
- B. 紫光→红光, 红光
- C. 红光→紫光, 紫光
- D. 紫光→红光, 紫光

10. 如图 9 所示, 一细束白光通过玻璃三棱镜折射后分为各种单色光, 取其中  $a$ 、 $b$ 、 $c$

三种色光，下列说法正确的是( )

INCLUDEPICTURE

图 9

- A. 若  $b$  光为绿光，则  $c$  光可能为蓝光
- B. 若分别让  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三色光通过一双缝装置，则  $a$  光形成的干涉条纹的间距最小
- C.  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三色光在玻璃三棱镜中的传播速度依次越来越小
- D. 若让  $a$ 、 $b$ 、 $c$  三色光以同一入射角，从某介质射向空气， $b$  光恰能发生全反射，则  $c$  光也一定能发生全反射

11. 如图 10 所示，一束截面为圆形(半径  $R=1\text{ m}$ )的平行紫光垂直射向一半径也为  $R$  的玻璃半球的平面，经折射后在屏幕  $S$  上形成一个圆形亮区。屏幕  $S$  至球心距离为  $D=(\sqrt{3}+1)\text{ m}$ ，不考虑光的干涉和衍射，试问：

INCLUDEPICTURE

图 10

(1)若玻璃半球对紫色光的折射率为  $n=\sqrt{2}$ ，请求出圆形亮区的半径；

(2)若将题干中紫光改为白光，在屏幕  $S$  上形成的圆形亮区的边缘是什么颜色？

12. 如图 11 所示为某种透明介质的截面图， $\triangle AOC$  为等腰直角三角形， $OBC$  为半径  $R=10\text{ cm}$  的四分之一圆弧， $AB$  与水平屏幕  $MN$  垂直并接触于  $A$  点。由红光和紫光两种单色光组成的复色光射向圆心  $O$ ，在  $AB$  分界面上的入射角  $i=45^\circ$ ，结果在水平屏幕  $MN$  上出现两个亮斑。已知该介质对红光和紫光的折射率分别为  $n_1=\sqrt{3}$ ， $n_2=\sqrt{2}$ 。

INCLUDEPICTURE

图 11

(1)判断在  $AM$  和  $AN$  两处产生亮斑的颜色；

(2)求两个亮斑间的距离。