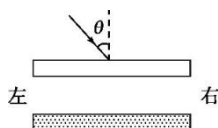


专题十六 光学 电磁波与相对论初步

10 年高考真题

考点一 光的折射与全反射

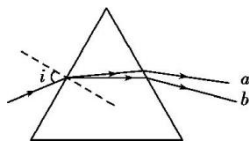
1. [2017 海南单科, 16(1), 4 分] (多选) 如图, 空气中有两块材质不同、上下表面平行的透明玻璃板平行放置; 一细光束从空气中以某一角度 θ ($0 < \theta < 90^\circ$) 入射到第一块玻璃板的上表面。下列说法正确的是()



- A. 在第一块玻璃板下表面一定有出射光
- B. 在第二块玻璃板下表面一定没有出射光
- C. 第二块玻璃板下表面的出射光方向一定与入射光方向平行
- D. 第二块玻璃板下表面的出射光一定在入射光延长线的左侧
- E. 第一块玻璃板下表面的出射光线一定在入射光延长线的右侧

答案 ACD 光线从第一块玻璃板的上表面射入, 在第一块玻璃板中上表面的折射角和下表面的入射角相等, 根据光的可逆原理可知, 光在第一块玻璃板下表面一定有出射光, 同理, 在第二块玻璃板下表面也一定有出射光, 故 A 正确, B 错误; 因为光在玻璃板中的上表面的折射角和下表面的入射角相等, 根据光的可逆原理知, 从下表面出射光的折射角和开始在上表面的入射角相等, 即两光线平行, 所以第二块玻璃板下表面的出射光方向一定与入射光方向平行, 故 C 正确; 根据光线在玻璃板中发生偏折, 折射角小于入射角, 可知第二块玻璃板下表面的出射光一定在入射光延长线的左侧, 故 D 正确; 同理可知, E 错误。

2. (2017 天津理综, 2, 6 分) 明代学者方以智在《阳燧倒影》中记载: “凡宝石面凸, 则光成一条, 有数棱则必有一面五色”, 表明白光通过多棱晶体折射会发生色散现象。如图所示, 一束复色光通过三棱镜后分解成两束单色光 a、b, 下列说法正确的是()



- A. 若增大入射角 i , 则 b 光先消失
- B. 在该三棱镜中 a 光波长小于 b 光

C. a 光能发生偏振现象, b 光不能发生

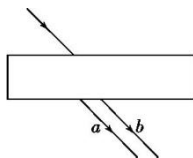
D. 若 a、b 光分别照射同一光电管都能发生光电效应, 则 a 光的遏止电压低

答案 D 本题考查色散、全反射、偏振、光电效应。当增大入射角 i 时, 两单色光在左侧界面的折射角增大, 但在右侧界面的入射角均减小, 故不会发生全反射, A 错误。由图知三棱镜对 a 光的折射率小于对 b 光的折射率, 而同种介质对频率越大的光折射率越大, 故 $v_a < v_b$, 光在三棱镜中的波长 $\lambda = \frac{v}{\nu} = \frac{c}{n\nu}$, $n_a < n_b$, 则 $\lambda_a > \lambda_b$, B 错误。偏振是横波所特有的现象, 故 a、b 两光都能发生偏振, C 错误。由 $eU_c = E_k = h\nu - W$ 可知, 在照射同一光电管即 W 相同的条件下, a 光波长长、频率低, 故 a 光的遏止电压 U_c 也低, D 正确。

知识归纳 单色光的相关物理量(其他条件相同)

	红 橙 黄 绿 青 蓝 紫	相关公式
波长	减小 \rightarrow	$\lambda = \frac{c}{\nu}$
频率	增大 \rightarrow	
光子能量	增大 \rightarrow	$E = h\nu$
折射率	增大 \rightarrow	$n \cdot \sin C = 1$
临界角	减小 \rightarrow	
视深度	(从空气垂直观察)减小 \rightarrow	$h' = h/n$
最大初动能	增大 \rightarrow	$E_k = h\nu - W$
干涉条纹宽度	减小 \rightarrow	$\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$

3. (2017 北京理综, 14, 6 分) 如图所示, 一束可见光穿过平行玻璃砖后, 变为 a、b 两束单色光。如果光束 b 是蓝光, 则光束 a 可能是()



A. 红光

B. 黄光

C. 绿光

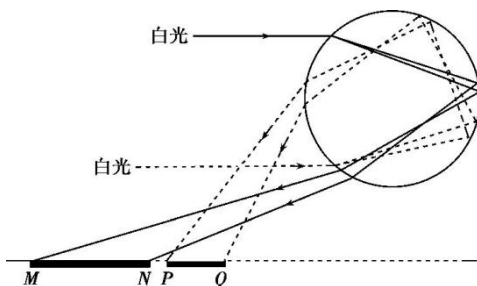
D. 紫光

答案 D 本题考查光的折射、色散。由题图可知, 可见光穿过玻璃砖后, 发生了色散, 其中 a 光的侧移距离大于 b 光的侧移距离, 说明玻璃对 a 光的折射率大于对 b 光的折射率, 同种介质对红、橙、黄、绿、青、蓝、紫的折射率依次增大, 由于 b 光是蓝光, 故只有 D 选项符合题意。

知识归纳 色光中相关物理量的变化

色光 物理量	红橙黄绿青蓝紫
频率 ν 、对应同一介质的折射率 n 、光子能量 $h\nu$	小——变大——大
波长 λ 和同一介质中的光速 v 、临界角 C	大——变小——小

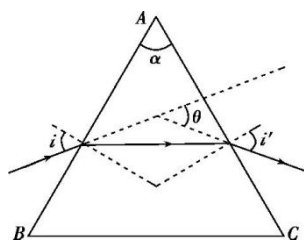
4. [2015 重庆理综, 11(1), 6 分] 虹和霓是太阳光在水珠内分别经过一次和两次反射后出射形成的, 可用白光照射玻璃球来说明。两束平行白光照射到透明玻璃球后, 在水平的白色桌面上会形成 MN 和 PQ 两条彩色光带, 光路如图所示。M、N、P、Q 点的颜色分别为 ()



- A. 紫、红、红、紫
- B. 红、紫、红、紫
- C. 红、紫、紫、红
- D. 紫、红、紫、红

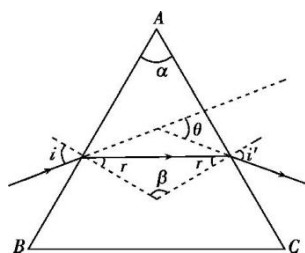
答案 A 由题图可知, 射到 M 点的光线进入玻璃球时的折射角小于射到 N 点的光线进入玻璃球时的折射角, 所以玻璃对射到 M 点的光的折射率大于玻璃对射到 N 点的光的折射率, 故 M 点的颜色为紫色, N 点的颜色为红色; 同理可得 P 点的颜色为红色, Q 点的颜色为紫色, 所以只有 A 项正确。

5. (2015 安徽理综, 18, 6 分) 如图所示, 一束单色光从空气入射到棱镜的 AB 面上, 经 AB 和 AC 两个面折射后从 AC 面进入空气。当出射角 i' 和入射角 i 相等时, 出射光线相对于入射光线偏转的角度为 θ 。已知棱镜顶角为 α , 则计算棱镜对该色光的折射率表达式为 ()



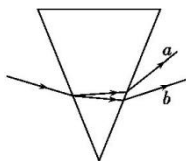
- A. $\frac{\sin \frac{\alpha + \theta}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}$ B. $\frac{\sin \frac{\alpha + \theta}{2}}{\sin \frac{\theta}{2}}$
 C. $\frac{\sin \theta}{\sin(\theta - \frac{\alpha}{2})}$ D. $\frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha - \frac{\theta}{2})}$

答案 A 由图可知, 当出射角与入射角相等时, AB 面上的折射角与 AC 面上的入射角相等, 设为 r ,



由几何关系可知 $\alpha + \beta = 180^\circ$, $2r + \beta = 180^\circ$, 得 $\alpha = 2r$, 而 $\theta = 2(i - r)$, 得 $i = \frac{\theta + \alpha}{2}$, 由折射定律得 $n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin \frac{\theta + \alpha}{2}}{\sin \frac{\alpha}{2}}$, 选项 A 正确。

6. (2014 天津理综, 8, 6 分) (多选) 一束由两种频率不同的单色光组成的复色光从空气射入玻璃三棱镜后, 出射光分成 a、b 两束, 如图所示, 则 a、b 两束光()

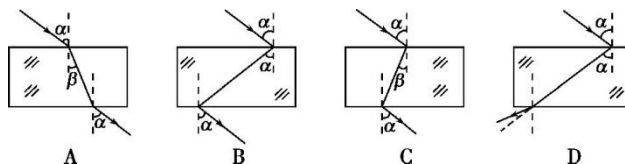


- A. 垂直穿过同一块平板玻璃, a 光所用的时间比 b 光长
 B. 从同种介质射入真空发生全反射时, a 光临界角比 b 光的小
 C. 分别通过同一双缝干涉装置, b 光形成的相邻亮条纹间距小
 D. 若照射同一金属都能发生光电效应, b 光照射时逸出的光电子最大初动能大

答案 AB 由图知 $n_a > n_b$, 则由 $n = \frac{c}{v}$ 知 $v_a < v_b$, 故由 $t = \frac{d}{v}$ 知 $t_a > t_b$, A 正确。由 $\sin C = \frac{1}{n}$ 知 $C_a < C_b$, 故 B 正确。因对同种介质频率越大、波长越短时折射率越大, 故 $\lambda_a < \lambda_b$, 结合双缝干涉条纹宽度 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$ 可知 C 错误。由光电效应方程 $E_{km} = h\nu - W = h\frac{c}{\lambda} - W$ 可知, 同一金属 W 相同时, a 光频率高, 用 a 光照射时逸出的光电子最大初动能大, D 错误。

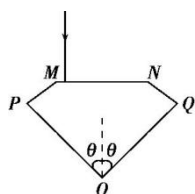
7. (2014 北京理综, 20, 6 分) 以往, 已知材料的折射率都为正值 ($n > 0$)。现已有针对某些电磁波设计制作的人工材料, 其折射率可以为负值 ($n < 0$), 称为负折射率材料。位于空气中的这类材料, 入射角 i 与折射角 r 依然满足 $\frac{\sin i}{\sin r}$

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()



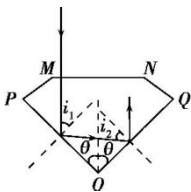
答案 B 折射线与入射线应位于法线的同一侧,故选项 A、D 错误。因为材料折射率 $n=-1$,在电磁波由空气进入介质时, $\sin \alpha = -\sin(-\beta)$,得 $\alpha = \beta$,则 C 项错。故正确选项为 B。

8. [2014 重庆理综, 11(1), 6 分]打磨某剖面如图所示的宝石时,必须将 OP、OQ 边与轴线的夹角 θ 切磨在 $\theta_1 < \theta < \theta_2$ 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()

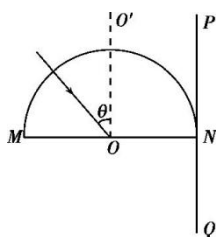


- A. 若 $\theta > \theta_2$, 光线一定在 OP 边发生全反射
- B. 若 $\theta > \theta_2$, 光线会从 OQ 边射出
- C. 若 $\theta < \theta_1$, 光线会从 OP 边射出
- D. 若 $\theta < \theta_1$, 光线会在 OP 边发生全反射

答案 D 作出 $\theta_1 < \theta < \theta_2$ 时的光路如图所示。由图中几何关系有 $i_1 = 90^\circ - \theta$, $2\theta + 90^\circ - i_1 + 90^\circ - i_2 = 180^\circ$, 即 $i_1 + i_2 = 2\theta$ 。则有 $i_2 = 3\theta - 90^\circ$ 。可见 θ 越大时 i_2 越大、 i_1 越小。要使光线在 OP 上发生全反射, 应有 $i_1 \geq C$, 即 $\theta \leq 90^\circ - C$; 要使光线在 OQ 上发生全反射, 应有 $i_2 \geq C$, 即 $\theta \geq 30^\circ + \frac{C}{3}$ 。可见在 OP 边和 OQ 边都发生全反射时应满足 $\theta_1 < 30^\circ + \frac{C}{3} \leq \theta \leq 90^\circ - C < \theta_2$ 。故当 $\theta > \theta_2$ 时一定有 $\theta > 90^\circ - C$, 光线一定不会在 OP 边上发生全反射, 同时也一定有 $\theta > 30^\circ + \frac{C}{3}$, 即光线若能射在 OQ 边上, 一定会发生全反射, 故 A、B 皆错误。当 $\theta < \theta_1$ 时, 一定有 $\theta < 90^\circ - C$, 即光线一定在 OP 边发生全反射, C 错误 D 正确。



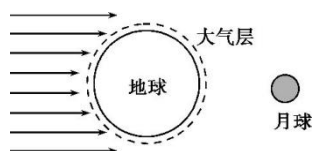
9. (2013 天津理综, 8, 6 分) (多选) 固定的半圆形玻璃砖的横截面如图, O 点为圆心, OO' 为直径 MN 的垂线。足够大的光屏 PQ 紧靠玻璃砖右侧且垂直于 MN 。由 A、B 两种单色光组成的一束光沿半径方向射向 O 点, 入射光线与 OO' 夹角 θ 较小时, 光屏 NQ 区域出现两个光斑, 逐渐增大 θ 角, 当 $\theta = \alpha$ 时, 光屏 NQ 区域 A 光的光斑消失, 继续增大 θ 角, 当 $\theta = \beta$ 时, 光屏 NQ 区域 B 光的光斑消失, 则()



- A. 玻璃砖对 A 光的折射率比对 B 光的大
- B. A 光在玻璃砖中传播速度比 B 光的大
- C. $\alpha < \theta < \beta$ 时, 光屏上只有 1 个光斑
- D. $\beta < \theta < \frac{\pi}{2}$ 时, 光屏上只有 1 个光斑

答案 AD 因 A 光先消失, 说明 A 光先发生全反射, 所以玻璃对 A 光的折射率大于 B 光, A 项正确。由 $v = \frac{c}{n}$ 可知折射率越大则速度 v 越小, B 项错误。当 $\alpha < \theta < \beta$ 时, A 光发生全反射, 只有反射光斑与 B 光的折射光斑, 共 2 个, C 项错误。当 $\beta < \theta < \frac{\pi}{2}$ 时, A、B 光均发生全反射, 光屏上只剩下 1 个反射光斑, D 项正确。

10. (2013 浙江理综, 16, 6 分) 与通常观察到的月全食不同, 小虎同学在 2012 年 12 月 10 日晚观看月全食时, 看到整个月亮是暗红的。小虎画了月全食的示意图, 并提出了如下猜想, 其中最为合理的是()



- A. 地球上有人用红色激光照射月球
- B. 太阳照射到地球的红光反射到月球
- C. 太阳光中的红光经地球大气层折射到月球

D. 太阳光中的红光在月球表面形成干涉条纹

答案 C 月全食是月亮、地球、太阳三者在同一直线且地球在中间时,地球将太阳光挡住而形成的,看到月亮是暗红的,原因是太阳光中的红光经地球大气层的折射到了月球表面,选项 C 正确。

11. (2013 四川理综, 3, 6 分) 光射到两种不同介质的分界面, 分析其后的传播情形可知 ()

- A. 折射现象的出现说明光是纵波
- B. 光总会分为反射光和折射光
- C. 折射光与入射光的传播方向总是不同的
- D. 发生折射是因为光在不同介质中的传播速度不同

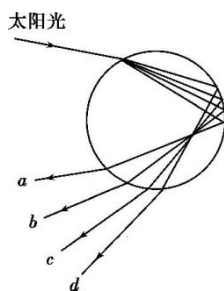
答案 D 折射是横波、纵波共有的现象, 光是一种电磁波, 而电磁波是横波, A 错误; 当光从光密介质射向光疏介质而且入射角不小于临界角时, 就只有反射光而无折射光, B 错误; 当入射角等于 0° 时折射光与入射光传播方向相同, C 错误; 由惠更斯原理对折射的解释可知 D 正确。

12. (2012 北京理综, 14, 6 分, 0. 77) 一束单色光经由空气射入玻璃, 这束光的 ()

- A. 速度变慢, 波长变短
- B. 速度不变, 波长变短
- C. 频率增高, 波长变长
- D. 频率不变, 波长变长

答案 A 单色光从空气射入玻璃, 光的频率 f 不变; 波长 $\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$, 其中 λ_0 为光在空气中的波长, n 为玻璃对空气的折射率, $n > 1$, 故波长变短; 光速 $v = \lambda f$, 故光的速度变慢, 所以选项 A 正确。

13. (2011 全国, 16, 6 分) 雨后太阳光入射到水滴中发生色散而形成彩虹。设水滴是球形的, 图中的圆代表水滴过球心的截面, 入射光线在过此截面的平面内, a、b、c、d 代表四条不同颜色的出射光线, 则它们可能依次是 ()



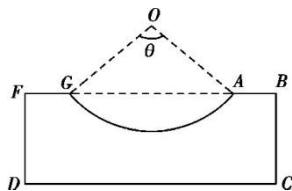
- A. 紫光、黄光、蓝光和红光
- B. 紫光、蓝光、黄光和红光
- C. 红光、蓝光、黄光和紫光
- D. 红光、黄光、蓝光和紫光

答案 B 由选项知四种光线红、黄、蓝、紫的频率为 $f_{\text{红}} < f_{\text{黄}} < f_{\text{蓝}} < f_{\text{紫}}$, 故其折射率 $n_{\text{红}} < n_{\text{黄}} < n_{\text{蓝}} < n_{\text{紫}}$, 因折射率大, 光在折射时, 偏折程度大, 故太阳光经水滴折射后, 在水中传播, 从上到下依次为红、黄、蓝、紫, 再由光的反射定律, 结合光路图可知其反射后从上到下顺序颠倒, 因此出射光依次为紫光、蓝光、黄光和红光, B 正确, A、C、D 均错。

14. [2019 海南单科, 16(2), 8 分]一透明材料制成的圆柱体的上底面中央有一球形凹陷, 凹面与圆柱体下底面可透光, 表面其余部分均涂有遮光材料。过圆柱体对称轴线的截面如图所示。O 点是球形凹陷的球心, 半径 OA 与 OG 夹角 $\theta = 120^\circ$ 。平行光沿轴线方向向下入射时, 从凹面边缘 A 点入射的光线经折射后, 恰好由下底面上 C 点射出。已知

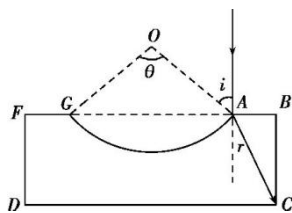
$AB = FG = 1 \text{ cm}$, $BC = \sqrt{3} \text{ cm}$, $OA = 2 \text{ cm}$ 。

- (i) 求此透明材料的折射率;
- (ii) 撤去平行光, 将一点光源置于球心 O 点处, 求下底面上有光出射的圆形区域的半径 (不考虑侧面的反射光及多次反射的影响)。



答案 (i) $\sqrt{3}$ (ii) $\frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{2} \text{ cm}$

解析 (i) 平行光沿轴线方向向下入射时, 折射后恰好由下底面上的 C 点射出, 光图如图所示:



由图可知入射角 $i=60^\circ$

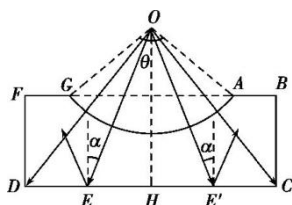
$$\text{折射角的正切值为 } \tan r = \frac{AB}{BC} = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

所以折射角 $r=30^\circ$

根据折射定律可得透明材料的折射率为：

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = \sqrt{3}$$

(ii) 撤去平行光, 将一点光源置于球心 O 点处, 光路图如图所示：



由题意及几何关系可得：

$$DH=OH=(\sqrt{3}+1) \text{ cm}$$

所以 $\angle DOH = \angle COH$

由于射到圆弧面上的光线不会发生折射, 设全反射的临界角为 α , 则有：

$$\sin \alpha = \frac{1}{n} = \frac{\sqrt{3}}{3} < \sin 45^\circ, \text{ 即临界角小于 } 45^\circ$$

$$\text{则 } \tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

所以下底面上有光射出的圆形区域的半径为：

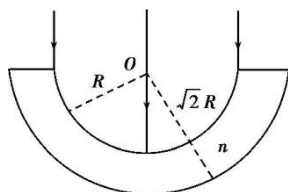
$$EH=OH \tan \alpha = (\sqrt{3}+1) \times \frac{\sqrt{2}}{2} \text{ cm} = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{2} \text{ cm}$$

解题思路 (i) 画出光路图, 由几何关系得出入射角与折射角, 根据折射定律求解折射率；

(ii) 画出光路图, 结几何关系及全反射的条件找出边缘光线, 根据几何关系即可求出有光射出的区域的半径。

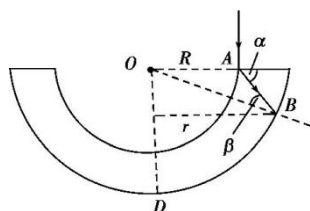
素养考查 本题考查了折射定律、全反射知识, 以及理解能力、推理能力、应用数学处理物理问题的能力, 体现了科学思维中科学推理、科学论证的要素。

15. [2018 海南单科, 16(2), 8 分]如图, 由透明介质构成的半球壳的内外表面半径分别为 R 和 $\sqrt{2}R$ 。一横截面半径为 R 的平行光束入射到半球壳内表面, 入射方向与半球壳的对称轴平行, 所有的入射光线都能从半球壳的外表面射出。已知透明介质的折射率为 $n = \sqrt{2}$ 。求半球壳外表面上有光线射出区域的圆形边界的半径。不考虑多次反射。



答案 $\frac{\sqrt{3}+1}{2}R$

解析 设光从半球壳内表面边沿上的 A 点入射, 入射角为 90° 、折射角为 α (全反射临界角也为 α), 在半球壳外表面内侧的 B 点发生折射, 入射角为 β , 如图所示。



由全反射临界角的定义得 $1 = n \sin \alpha$ ①

由正弦定理得

$$\frac{R}{\sin \beta} = \frac{\sqrt{2}R}{\sin \alpha} \quad ②$$

OD 为对称轴, 设 $\angle BOD = \gamma$, 由几何关系可知

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - (\alpha - \beta) \quad ③$$

设 B 点到 OD 的距离为 r , 即为所求的半球壳外表面上有光线射出区域的圆形边界的半径,

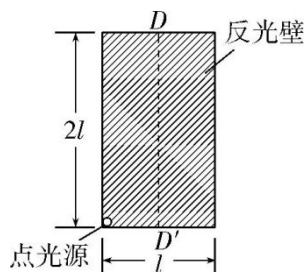
由几何关系有

$$r = \sqrt{2}R \sin \gamma \quad ④$$

由①②③④式及题给数据解得 $r = \frac{\sqrt{3}+1}{2}R$ ⑤

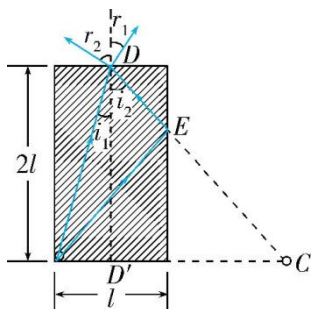
解题思路 (1) 光从半球壳内表面边沿上的 A 点入射, 入射角为 90° , 折射角为 α , α 等于全反射临界角, 根据全反射临界角公式求出 α ; (2) 画出光路图, 根据几何关系求出半球壳外表面上有光线射出区域的圆形边界的半径。

16. [2017 课标 II, 34(2), 10 分]一直桶状容器的高为 $2l$, 底面是边长为 l 的正方形; 容器内装满某种透明液体, 过容器中心轴 DD' 、垂直于左右两侧面的剖面图如图所示。容器右侧内壁涂有反光材料, 其他内壁涂有吸光材料。在剖面的左下角处有一点光源, 已知由液体上表面的 D 点射出的两束光线相互垂直, 求该液体的折射率。



答案 1.55

解析 设从光源发出直接射到 D 点的光线的入射角为 i_1 , 折射角为 r_1 。在剖面内作光源相对于反光壁的镜像对称点 C , 连接 C 、 D , 交反光壁于 E 点, 由光源射向 E 点的光线, 反射后沿 ED 射向 D 点。光线在 D 点的入射角为 i_2 , 折射角为 r_2 , 如图所示。设液体的折射率为 n , 由折射定律有



$$n \sin i_1 = \sin r_1 \quad ①$$

$$n \sin i_2 = \sin r_2 \quad ②$$

$$\text{由题意知 } r_1 + r_2 = 90^\circ \quad ③$$

$$\text{联立①②③式得 } n^2 = \frac{1}{\sin^2 i_1 + \sin^2 i_2} \quad ④$$

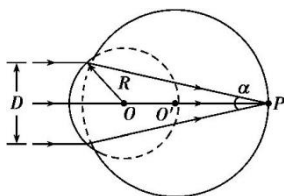
$$\text{由几何关系可知 } \sin i_1 = \frac{\frac{1}{2}}{\sqrt{4l^2 + \frac{1}{4}}} = \frac{1}{\sqrt{17}} \quad ⑤$$

$$\sin i_2 = \frac{\frac{3}{2}l}{\sqrt{4l^2 + \frac{9l^2}{4}}} = \frac{3}{5} \quad ⑥$$

$$\text{联立④⑤⑥式得 } n = 1.55 \quad ⑦$$

解题关键 正确画出光路图, 由数学知识找出相关角的关系。

17. [2017 江苏单科, 12B(3)] 人的眼球可简化为如图所示的模型。折射率相同、半径不同的两个球体共轴。平行光束宽度为 D , 对称地沿轴线方向射入半径为 R 的小球, 会聚在轴线上的 P 点。取球体的折射率为 $\sqrt{2}$, 且 $D=\sqrt{2}R$ 。求光线的会聚角 α 。(示意图未按比例画出)



答案 见解析

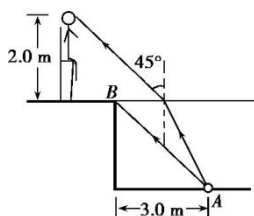
解析 由几何关系 $\sin i = \frac{D}{2R}$, 解得 $i=45^\circ$, 则由折射定律 $\frac{\sin i}{\sin \gamma} = n$, 解得 $\gamma = 30^\circ$

且 $i = \gamma + \frac{\alpha}{2}$, 解得 $\alpha = 30^\circ$

友情提醒 对折射率的理解

注意: 折射率 $n = \frac{\sin i}{\sin \gamma}$ 中, 入射角 i 是光在真空或空气中的入射角度。

18. [2016 课标 I, 34(2), 10 分] 如图, 在注满水的游泳池的池底有一点光源 A , 它到池边的水平距离为 3.0 m 。从点光源 A 射向池边的光线 AB 与竖直方向的夹角恰好等于全反射的临界角, 水的折射率为 $\frac{4}{3}$ 。

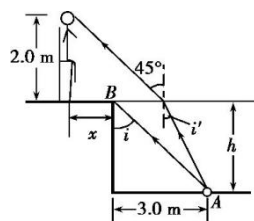


(i) 求池内的水深;

(ii) 一救生员坐在离池边不远处的高凳上, 他的眼睛到池面的高度为 2.0 m 。当他看到正前下方的点光源 A 时, 他的眼睛所接受的光线与竖直方向的夹角恰好为 45° 。求救生员的眼睛到池边的水平距离(结果保留 1 位有效数字)。

答案 (i) 2.6 m (ii) 0.7 m

解析 (i) 如图, 设到达池边的光线的入射角为 i 。依题意, 水的折射率 $n = \frac{4}{3}$, 光线的折射角 $\theta = 90^\circ$ 。由折射定律有



$$n \sin i = \sin \theta \quad (1)$$

由几何关系有

$$\sin i = \frac{1}{\sqrt{l^2 + h^2}} \quad (2)$$

式中, $l=3 \text{ m}$, h 是池内水的深度。联立①②式并代入题给数据得

$$h = \sqrt{7} \text{ m} \approx 2.6 \text{ m} \quad (3)$$

(ii) 设此时救生员的眼睛到池边的水平距离为 x 。依题意, 救生员的视线与竖直方向的夹角为 $\theta' = 45^\circ$ 。由折射定律有

$$n \sin i' = \sin \theta' \quad (4)$$

式中, i' 是光线在水面的入射角。设池底点光源 A 到水面入射点的水平距离为 a 。由几何关系有

$$\sin i' = \frac{a}{\sqrt{a^2 + h^2}} \quad (5)$$

$$x + l = a + h' \quad (6)$$

式中 $h' = 2 \text{ m}$ 。联立③④⑤⑥式得

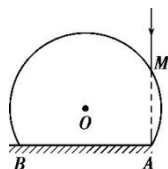
$$x = \left(3\sqrt{\frac{7}{23}} - 1 \right) \text{ m} \approx 0.7 \text{ m} \quad (7)$$

解题关键 几何光学一定要注意几何关系的应用, 关键是要根据题意, 画出正确的光路

图, 根据光路图找出需要的各种几何关系, 比如本题中的 $\sin i = \frac{1}{\sqrt{l^2 + h^2}}$ 、 $\sin i' =$

$\frac{a}{\sqrt{a^2 + h^2}}$ 、 $x + l = a + h'$ 等。

19. [2016 课标 III, 34(2), 10 分] 如图, 玻璃球冠的折射率为 $\sqrt{3}$, 其底面镀银, 底面的半径是球半径的 $\frac{\sqrt{3}}{2}$ 倍; 在过球心 O 且垂直于底面的平面 (纸面) 内, 有一与底面垂直的光线射到玻璃球冠上的 M 点, 该光线的延长线恰好过底面边缘上的 A 点。求该光线从球面射出的方向相对于其初始入射方向的偏角。



答案 150°

解析 设球半径为 R , 球冠底面中心为 O' , 连接 OO' , 则 $OO' \perp AB$ 。令 $\angle OAO' = \alpha$, 有

$$\cos \alpha = \frac{O'A}{OA} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2}R}{R} \quad \text{①}$$

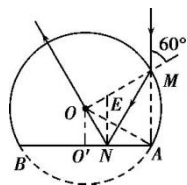
即 $\alpha = 30^\circ$ ②

由题意 $MA \perp AB$

所以 $\angle OAM = 60^\circ$ ③

设图中 N 点为光线在球冠内底面上的反射点, 所考虑的光线的光路图如图所示。设光线在 M 点的入射角为 i 、折射角为 r , 在 N 点的入射角为 i' , 反射角为 i'' , 玻璃折射率为 n 。

由于 $\triangle OAM$ 为等边三角形, 有



$i = 60^\circ$ ④

由折射定律有 $\sin i = n \sin r$ ⑤

代入题给条件 $n = \sqrt{3}$ 得 $r = 30^\circ$ ⑥

作底面在 N 点的法线 NE , 由于 $NE \parallel AM$, 有 $i' = 30^\circ$ ⑦

根据反射定律, 有 $i'' = 30^\circ$ ⑧

连接 ON , 由几何关系知 $\triangle MAN \cong \triangle MON$, 故有 $\angle MNO = 60^\circ$ ⑨

由⑦⑨式得 $\angle ENO = 30^\circ$ ⑩

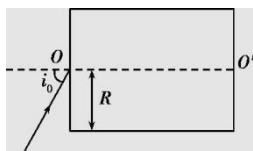
于是 $\angle ENO$ 为反射角, NO 为反射光线。这一反射光线经球面再次折射后不改变方向。所以, 经一次反射后射出玻璃球冠的光线相对于入射光线的偏角 β 为

$\beta = 180^\circ - \angle ENO = 150^\circ$ ⑪

方法技巧 (1) 因底面的半径 $R_{\text{底}} = \frac{\sqrt{3}}{2}R$, 所以 $\angle OAB = 30^\circ$, $\angle OAM = 60^\circ$, 而 $OM = OA = R$, 所以 $\triangle OAM$ 为等边三角形, 且在 M 点的入射角 $i = \angle OMA$ 。

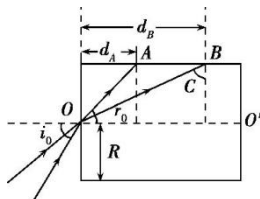
(2) 从 AB 面反射的光线经过圆心 O , 故该反射光线会垂直球面射出球冠。

20. [2015 山东理综, 38(2)] 半径为 R 、介质折射率为 n 的透明圆柱体, 过其轴线 OO' 的截面如图所示。位于截面所在平面内的一细束光线, 以角 i_0 由 O 点入射, 折射光线由上边界的 A 点射出。当光线在 O 点的入射角减小至某一值时, 折射光线在上边界的 B 点恰好发生全反射。求 A 、 B 两点间的距离。



答案 $\left(\frac{1}{\sqrt{n^2-1}} - \frac{\sqrt{n^2-\sin^2 i_0}}{\sin i_0}\right)R$

解析 当光线在 O 点的入射角为 i_0 时, 设折射角为 r_0 , 由折射定律得



$$\frac{\sin i_0}{\sin r_0} = n \quad \text{①}$$

设 A 点与左端面的距离为 d_A , 由几何关系得

$$\sin r_0 = \frac{R}{\sqrt{d_A^2 + R^2}} \quad \text{②}$$

若折射光线恰好发生全反射, 则在 B 点的入射角恰好为临界角 C , 设 B 点与左端面的距离为 d_B , 由折射定律得

$$\sin C = \frac{1}{n} \quad \text{③}$$

由几何关系得

$$\sin C = \frac{d_B}{\sqrt{d_B^2 + R^2}} \quad \text{④}$$

设 A 、 B 两点间的距离为 d , 可得

$$d = d_B - d_A \quad \text{⑤}$$

联立①②③④⑤式得

$$d = \left(\frac{1}{\sqrt{n^2-1}} - \frac{\sqrt{n^2-\sin^2 i_0}}{\sin i_0}\right)R \quad \text{⑥}$$

21. [2015 海南单科, 16(2), 8 分] 一半径为 R 的半圆柱形玻璃砖, 横截面如图所示。已知玻璃的全反射临界角为 γ ($\gamma < \frac{\pi}{3}$)。与玻璃砖的底平面成 $(\frac{\pi}{2}$

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/647122115116006166>