

专题 24 光学

目录

专题 24 光学	1
考向一 折射定律及其应用	1
考向二 对全反射现象的理解和应用	3
考向三 光的色散现象	10
考向四 光的干涉现象	12
考向五 光的衍射和光的偏振现象	14
【题型演练】	16

考向一 折射定律及其应用

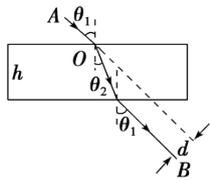
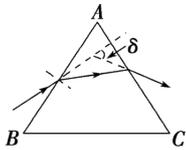
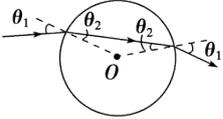
1. 对折射率的理解

- (1) 折射率大小不仅反映了介质对光的折射本领，也反映了光在介质中传播速度的大小 $v = \frac{c}{n}$.
- (2) 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.
- (3) 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. 光路的可逆性

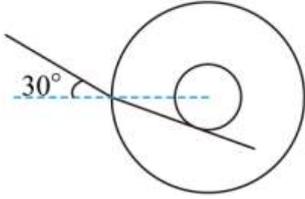
在光的折射现象中，光路是可逆的. 如果让光线逆着原来的折射光线射到界面上，光线就会逆着原来的入射光线发生折射.

3. 平行玻璃砖、三棱镜和圆柱体(球)对光路的控制

	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	 <p>通过平行玻璃砖的光线不改变传播方向，但要发生侧移</p>	 <p>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</p>	 <p>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</p>
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

故选 A。

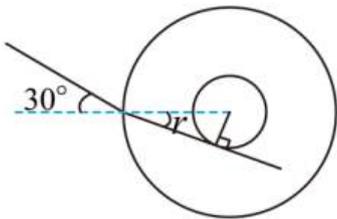
[变式] 如图为一用透明材料做成的中心是空的球，其中空心部分半径与球的半径之比为 1:3。当细光束以 30° 的入射角射入球中，其折射光线刚好与内壁相切，则该透明材料的折射率为 ()



- A. $\sqrt{2}$ B. 1.5 C. $\sqrt{3}$ D. 2

【答案】 B

【详解】 如图



折射角的正弦值

$$\sin r = \frac{1}{3}$$

根据折射定律可得该透明材料的折射率

$$n = \frac{\sin 30^\circ}{\sin r} = 1.5$$

故选 B。

考向二 对全反射现象的理解和应用

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. 解决全反射问题的一般方法

(1) 确定光是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.

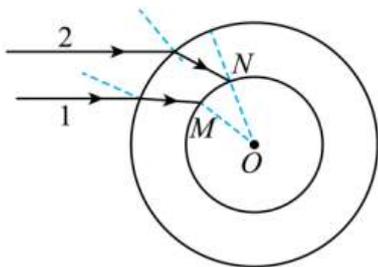
3. 求解全反射现象中光的传播时间的一般思路

(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 $v = \frac{c}{n}$.

(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.

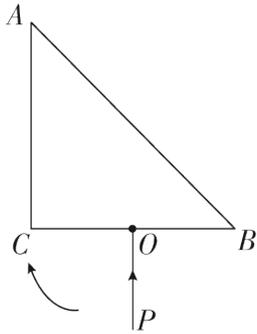
(3) 利用 $t = \frac{l}{v}$ 求解光的传播时间.

【典例 2】完全失重时, 液滴呈球形, 气泡在液体中将不会上浮. 2021 年 12 月, 在中国空间站“天宫课堂”的水球光学实验中, 航天员向水球中注入空气形成了一个内含气泡的水球. 如图所示, 若气泡与水球同心, 在过球心 O 的平面内, 用单色平行光照射这一水球. 下列说法正确的是 ()



- A. 此单色光从空气进入水球, 频率一定变大
- B. 此单色光从空气进入水球, 频率一定变小
- C. 若光线 1 在 M 处发生全反射, 光线 2 在 N 处一定发生全反射
- D. 若光线 2 在 N 处发生全反射, 光线 1 在 M 处一定发生全反射

[变式 1]如图, 某三棱镜的横截面为等腰直角三角形 ABC , BC 长度为 d , O 为 BC 中点. 在 ABC 所在平面内, 光线 PO 垂直 BC 边入射, 恰好在 AB 边界发生全反射.



(i) 求该三棱镜的折射率；

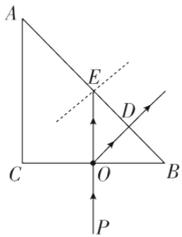
(ii) 保持光线 PO 入射点 O 不变，入射方向逐渐向 CO 方向偏转，求 AB 边有光线射出的区域宽度。

【答案】 $\sqrt{2}$ (ii) $\frac{\sqrt{2}}{4}d$

【解析】 (i) 光线 PO 恰好在 AB 边界发生全反射，临界角 $C=45^\circ$ ，

设三棱镜的折射率为 n ，有： $\sin C = \frac{1}{n}$

解得折射率 $n = \sqrt{2}$ 。



(ii) 光线 PO 垂直 BC 边入射的光线，进入棱镜后在 AB 边上的 E 点发生全反射。光线 PO 入射方向逐渐转向 CO 方向时，光线从棱镜的出射点对应由 E 点逐渐向 B 点移动。当光线几乎沿 CO 方向入射时，光线折射后沿 OD 方向，

由折射定律有 $n = \frac{\sin 90^\circ}{\sin \angle DOE}$

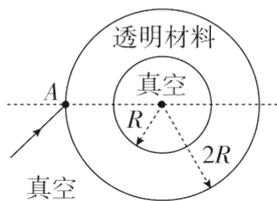
解得 $\angle DOE = 45^\circ$

由几何关系得： $OE = OB = \frac{d}{2}$

光线出射区域的宽度 $DE = OE \sin \angle DOE$

解得区域宽度 $DE = \frac{\sqrt{2}}{4}d$ 。

[变式 2] 某种透明材料制成的空心球体外径是内径的 2 倍，其过球心的某截面(纸面内)如图所示。一束单色光(在纸面内)从外球面上 A 点入射，入射角为 45° 时，光束经折射后恰好与内球面相切。

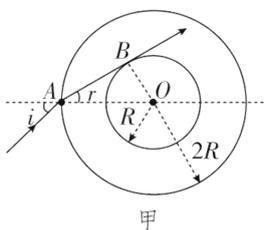


(1) 求该透明材料的折射率；

(2) 欲使光束从 A 点入射后，恰好在内球面上发生全反射，则应将入射角变为多少度？

【答案】 (1) $\sqrt{2}$ (2) 30°

【解析】 (1) 作光路图如图甲，设光束经折射后到达内球面上 B 点，由题意知，入射角 $i=45^\circ$ ，折射角 $r = \angle BAO$

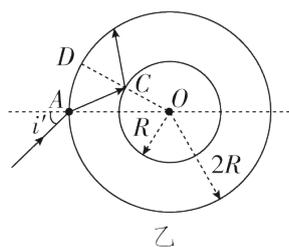


由几何关系有： $\sin r = \frac{BO}{AO} = 0.5$

由折射定律有： $n = \frac{\sin i}{\sin r}$

代入数据解得： $n = \sqrt{2}$ 。

(2) 作光路图如图乙，设在 A 点的入射角为 i' 时，光束经折射后到达内球面上 C 点，并在 C 点恰好发生全反射，则光束在内球面上的入射角 $\angle ACD$ 等于临界角 C。



由 $\sin C = \frac{1}{n}$

代入数据得： $\angle ACD = C = 45^\circ$

由正弦定理有 $\frac{\sin \angle ACO}{AO} = \frac{\sin \angle CAO}{CO}$

$AO = 2R$ ， $CO = R$ ， $\angle ACO = 180^\circ - \angle ACD$ ，

解得： $\sin \angle CAO = \frac{\sin \angle ACD}{2} = \frac{\sqrt{2}}{4}$

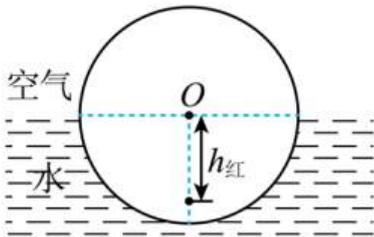
由折射定律有： $n = \frac{\sin i'}{\sin \angle CAO}$

解得： $\sin i' = 0.5$ ，即此时的入射角 $i' = 30^\circ$ 。

【典例 3】如图所示，水面上有一透明均质球，上半球露出水面，下半球内竖直中心轴上有红、蓝两种单色灯（可视为点光源），均质球对两种色光的折射率分别为 $n_{\text{红}}$ 和 $n_{\text{蓝}}$ 。为使从光源照射到上半球面的光，都能发生折射（不考虑光线在球内反射后的折射），若红灯到水面的最大距离为 $h_{\text{红}}$ ，

(1) 求蓝灯到水面的最大距离；

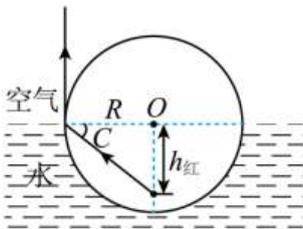
(2) 两灯都装在各自己到水面的最大距离处，蓝灯在红灯的上方还是下方？为什么？



$$h_{\text{蓝}} = \sqrt{\frac{n_{\text{红}}^2 - 1}{n_{\text{蓝}}^2 - 1}} \cdot h_{\text{红}}$$

【答案】(1) $h_{\text{蓝}} = \sqrt{\frac{n_{\text{红}}^2 - 1}{n_{\text{蓝}}^2 - 1}} \cdot h_{\text{红}}$ ；(2) 上方，理由见解析

【详解】(1) 为使从光源照射到上半球面的光，都能发生折射，关键是光线能够从折射出去，以红光为例，当折射角最大达到临界角 C 时，光线垂直水面折射出去，光路图如图所示



假设半球半径为 R ，根据全反射定律和几何关系可知

$$\sin C_{\text{红}} = \frac{1}{n_{\text{红}}} = \frac{h_{\text{红}}}{\sqrt{R^2 + h_{\text{红}}^2}}$$

同理可知蓝光

$$\sin C_{\text{蓝}} = \frac{1}{n_{\text{蓝}}} = \frac{h_{\text{蓝}}}{\sqrt{h_{\text{蓝}}^2 + R^2}}$$

两式联立解得

$$h_{\text{蓝}} = \sqrt{\frac{n_{\text{红}}^2 - 1}{n_{\text{蓝}}^2 - 1}} \cdot h_{\text{红}}$$

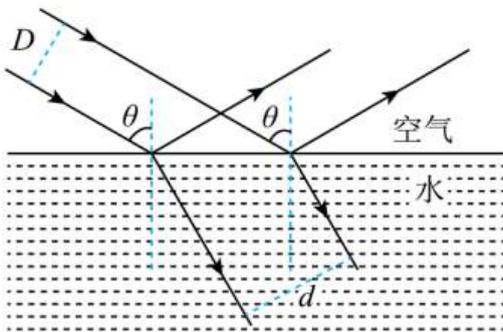
(2) 蓝光的折射率 $n_{\text{蓝}}$ 大于红光的折射率 $n_{\text{红}}$ ，根据 (1) 问结果 $h_{\text{蓝}} = \sqrt{\frac{n_{\text{红}}^2 - 1}{n_{\text{蓝}}^2 - 1}} \cdot h_{\text{红}}$ 结合 $n_{\text{蓝}} > n_{\text{红}} > 1$ 可知

$$h_{\text{蓝}} < h_{\text{红}}$$

所以蓝灯应该在红灯的上方。

[变式 1] 如图所示，两条距离为 D 的平行光线，以入射角 θ 从空气射入平静水面，反射光线与折射光线垂直，求：

- (1) 水的折射率 n ；
- (2) 两条折射光线之间的距离 d 。



【答案】 (1) $\tan \theta$ ；(2) $D \tan \theta$

【详解】 (1) 设折射角为 γ ，根据几何关系可得

$$\gamma = 90^\circ - \theta$$

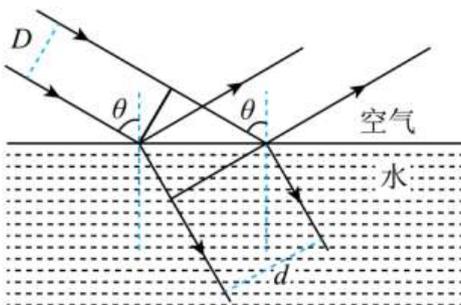
根据折射定律可得

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

联立可得

$$n = \tan \theta$$

(2) 如图所示



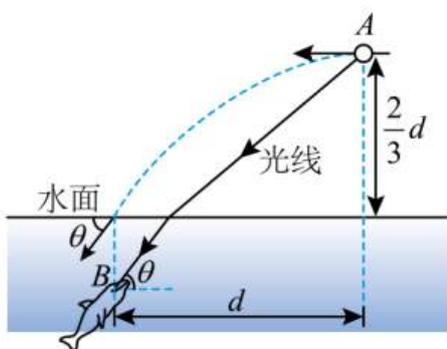
根据几何关系可得

$$d = \frac{D}{\sin(90^\circ - \theta)} \cdot \sin \theta = D \tan \theta$$

[变式2] 如图所示，水族馆训练员在训练海豚时，将一发光小球高举在水面上方的 A 位置，海豚的眼睛在 B 位置， A 位置和 B 位置的水平距离为 d ， A 位置离水面的高度为 $\frac{2}{3}d$ 。训练员将小球向左水平抛出，入水点在 B 位置的正上方，入水前瞬间速度方向与水面夹角为 θ 。小球在 A 位置发出的一束光线经水面折射后到达 B 位置，折射光线与水平方向的夹角也为 θ 。

已知水的折射率 $n = \frac{4}{3}$ ，求：

- (1) $\tan \theta$ 的值；
- (2) B 位置到水面的距离 H 。



【答案】 (1) $\tan \theta = \frac{4}{3}$ ；(2) $H = \frac{4d}{27}$

【详解】 (1) 由平抛运动的规律可知

$$d = v_0 t$$

$$\frac{2}{3}d = \frac{1}{2}gt^2$$

$$\tan \theta = \frac{gt}{v_0}$$

解得

$$\tan \theta = \frac{4}{3}$$

(2) 因 $\tan \theta = \frac{4}{3}$ 可知 $\theta = 53^\circ$ ，从 A 点射到水面的光线的入射角为 α ，折射角为 $90^\circ - \theta = 37^\circ$ ，则由折射定律可知

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin 37^\circ}$$

解得

$$\alpha = 53^\circ$$

由几何关系可知

$$H \tan 37^\circ + \frac{2}{3}d \tan 53^\circ = d$$

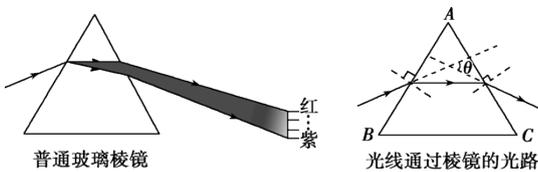
解得

$$H = \frac{4d}{27}$$

考向三 光的色散现象

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。

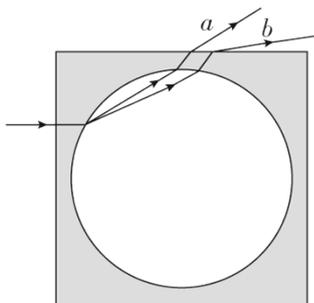


(2) 成因：棱镜材料对不同色光的折射率不同，对红光的折射率最小，红光通过棱镜后的偏折程度最小，对紫光的折射率最大，紫光通过棱镜后的偏折程度最大，从而产生色散现象。

2. 各种色光的比较

颜色	红橙黄绿青蓝紫
频率 ν	低 \rightarrow 高
同一介质中的折射率	小 \rightarrow 大
同一介质中速度	大 \rightarrow 小
波长	大 \rightarrow 小
临界角	大 \rightarrow 小
通过棱镜的偏折角	小 \rightarrow 大

【典例 4】如图所示，一束复合光垂直玻璃砖界面进入球形气泡后分为 a 、 b 两种色光，下列说法正确的是 ()



A. 玻璃砖的气泡缺陷处显得更亮是光的全反射现象

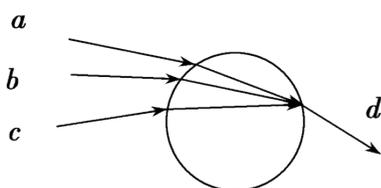
- B. a 光在玻璃中的传播速度比 b 光在玻璃中的传播速度大
- C. a 光的频率比 b 光的频率大
- D. 若保持复合光的方向不变仅将入射点上移, 则 a 光最先消失
- E. 若让 a 、 b 两种色光通过一双缝干涉装置, 则 a 光形成的干涉条纹的间距更大

【答案】 ACD

【解析】 玻璃砖的气泡缺陷处显得更亮是光的全反射现象, A 正确; 由题图知, 两种光射向气泡时, 玻璃对 a 光的偏折程度较大, 因此 a 光的折射率较大, 则 a 光的频率比 b 光的频率大, 再依据 $v = \frac{c}{n}$ 可知, a 光在玻璃中的传播速度比 b 光在玻璃中的传播速度小, 故 C 正确, B 错误; 因 a 光的折射率较大, 由 $\sin C = \frac{1}{n}$ 知, a 光的全反射临界角较小, 且根据几何关系可得, a 光从气泡射向玻璃砖的入射角较大, 若保持复合光的方向不变仅将入射点上移, 则 a 光最先达到全反射的条件, 从而 a 光最先消失, D 正确; 让 a 、 b 两种色光通过一双缝干涉装置, 因 a 光的折射率较大, 其波长较短, 根据干涉条纹间距公式 $\Delta x = \frac{L}{d} \lambda$, 则 b 光形成的干涉条纹的间距更大, E 错误。

【变式 1】三束单色光 a 、 b 、 c 沿图示方向射向圆形玻璃砖, 经两次折射后变成复色光 d , 以下说法正确的是

()



- A. b 光的频率比 c 光小
- B. 在真空中, a 光传播速度比 b 、 c 大
- C. 在玻璃砖中, a 光传播速度比 b 、 c 小
- D. a 光的光子能量最小
- E. 若以 a 、 b 、 c 三种单色光分别用相同的装置做“用双缝干涉测定单色光的波长”的实验, 则 a 光观察到的条纹间距最大

【答案】 ADE

【解析】: 从光的偏折程度看 a 光的偏折程度最小, c 光最大, 故 a 光的折射率最小, c 光的折射率最大, 则 a 光的频率最小, c 光的频率最大, b 光的频率比 c 光小, 故 A 正确; 任何单色光在真空中传播速度均为光速, 故 B 错误; 由光在介质中传播速度公式: $v = \frac{c}{n}$ 可知, a 光的折射率最小, 在玻璃砖中传播速度最大, 故 C 错误; 光子能量与光的频率成正比, 则知 a 光的光子能量最小, 故 D 正确; 三种单色光中 a 光的波长最长, 干涉条纹间距与波长成正比, 则在同样的装置做双缝干涉实验时观察到的条纹间距 a 光的干涉条纹间距最大, 故 E 正确。

[变式 2] 如图所示, 从点光源 S 发出的一束复色光, 以一定的角度入射到玻璃三棱镜的表面, 经过三棱镜的两次折射后分为 a 、 b 两束光. 下面的说法中正确的是 ()

- A. 在三棱镜中 a 光的传播速率大于 b 光的传播速率
- B. a 光频率大于 b 光频率
- C. 若改变复色光的入射角, 可在入射面发生全反射
- D. a 、 b 两束光分别通过同一双缝干涉装置产生的干涉条纹的间距 $\Delta x_a < \Delta x_b$
- E. 真空中的 a 、 b 两束光的光速相对于不同的惯性参考系是相同的

【答案】: BDE

【解析】: 经过三棱镜, b 光的偏折角小于 a 光的偏折角, 所以可以得 b 光的折射率小于 a 光的折射率, 由公式 $v = \frac{c}{n}$ 知, 在三棱镜中 a 光传播速率小于 b 光的传播速率, 故 A 错误; 由于 a 光的折射率大于对 b 光的折射率, 则 a 光的频率大于 b 光的频率, 故 B 正确; 当光线由光疏介质射到光密介质时, 不会发生全反射, 所以改变复色光的入射角, 不可能在入射面发生全反射, 故 C 错误; 由于 a 光的频率大于 b 光的频率, 所以 a 光的波长小于 b 光, 根据公式 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$, a 、 b 两束光分别通过同一双缝干涉时 a 光条纹间距小于 b 光条纹间距, 故 D 正确; 根据光速不变原理可知 E 正确.

考向四 光的干涉现象

1. 双缝干涉

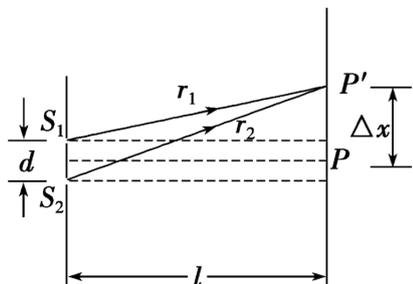
(1) 光能够发生干涉的条件: 两光的频率相同, 振动步调相同.

(2) 双缝干涉形成的条纹是等间距的, 两相邻亮条纹或相邻暗条纹间距离与波长成正比, 即 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$.

(3) 用白光照射双缝时, 形成的干涉条纹的特点: 中央为白条纹, 两侧为彩色条纹.

2. 亮暗条纹的判断方法

(1) 如图所示, 光源 S_1 、 S_2 发出的光到屏上某点的路程差 $r_2 - r_1 = k \lambda$ ($k=0, 1, 2, \dots$) 时, 光屏上出现亮条纹.

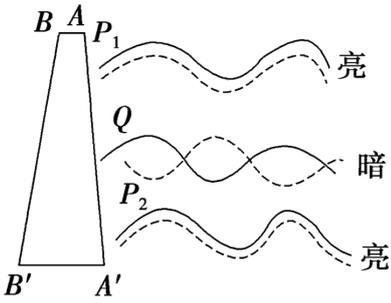


(2) 光的路程差 $r_2 - r_1 = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$ ($k=0, 1, 2, \dots$) 时, 光屏上出现暗条纹.

3. 条纹间距: $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$, 其中 l 是双缝到光屏的距离, d 是双缝间的距离, λ 是光波的波长.

4. 薄膜干涉

(1) 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。



(2) 光照射到薄膜上时，在膜的前表面 AA' 和后表面 BB' 分别反射出来，形成两列频率相同的光波，并且叠加，两列光波同相叠加，出现明纹；反相叠加，出现暗纹。

(3) 条纹特点：①单色光：明暗相间的水平条纹；②白光：彩色水平条纹。

【典例 5】 在双缝干涉实验中，用绿色激光照射在双缝上，在缝后的屏幕上显示出干涉图样。若要增大干涉图样中两相邻亮条纹的间距，可选用的方法是（ ）

- A. 改用红色激光
- B. 改用蓝色激光
- C. 减小双缝间距
- D. 将屏幕向远离双缝的位置移动
- E. 将光源向远离双缝的位置移动

【答案】 ACD

【解析】 根据条纹间距表达式 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ 可知：因红光的波长大于绿光的波长，则改用红色激光可增大条纹间距，选项 A 正确；因蓝光的波长小于绿光的波长，则改用蓝色激光可减小条纹间距，选项 B 错误；减小双缝间距 d 可增加条纹间距，选项 C 正确；将屏幕向远离双缝的位置移动，即增加 l 可使条纹间距变大，选项 D 正确；光源与双缝间的距离不影响条纹间距，选项 E 错误。

[变式] 如图所示是 a 、 b 两光分别经过同一双缝干涉装置后在屏上形成的干涉图样，则（ ）



a 光的干涉图样

b 光的干涉图样

- A. 在同种均匀介质中， a 光的传播速度比 b 光的大
- B. 在真空中 a 、 b 两光传播速度相同
- C. 从真空射入同种介质发生全反射时， a 光全反射临界角小
- D. 从同种介质射入真空发生全反射时， a 光全反射临界角小

E. 在相同的条件下, b 光比 a 光更容易产生明显的衍射现象

【答案】: BDE

【解析】: 根据题图可知, b 光的干涉条纹间距大于 a 光的干涉条纹间距. 由双缝干涉条纹间距公式 $\Delta x = \frac{l}{d} \lambda$ 可知, b 光的波长比 a 光的大. 由 $\lambda = \frac{c}{f}$ 可知, b 光的频率比 a 光的小, 则在同种介质中, b 光的折射率小于 a 光, 根据 $n = \frac{c}{v}$ 可知, 在介质中, a 光的传播速度比 b 光的小, 选项 A 错误; 在真空中 a 、 b 两光传播速度相同, 均为光速, 选项 B 正确; 从真空射入同种介质不会发生全反射, 选项 C 错误; 由介质射入真空发生全反射的临界角公式 $\sin C = \frac{1}{n}$ 可知, a 光折射率较大, 从同种介质射入真空发生全反射时 a 光全反射临界角小, 选项 D 正确; 由于 b 光的波长比 a 光的大, 根据发生明显衍射现象的条件可知, 在相同的条件下, b 光比 a 光更容易产生明显的衍射现象, 选项 E 正确.

考向五 光的衍射和光的偏振现象

1. 对光的衍射的理解

(1) 衍射是波的特征, 波长越长, 衍射现象越明显. 任何情况下都可以发生衍射现象, 只是明显与不明显的差别.

(2) 衍射现象说明“光沿直线传播”只是一种特殊情况, 只有在光的波长比障碍物小得多时, 光才可以看作是沿直线传播的.

2. 自然光和偏振光的比较

	自然光(非偏振光)	偏振光
光的来源	直接从光源发出的光	自然光通过起偏器后的光
光的振动方向	在垂直于光的传播方向的平面内, 光振动沿任意方向, 且沿各个方向振动的光的强度相同	在垂直于光的传播方向的平面内, 光振动沿特定方向

【典例 6】关于波的干涉和衍射, 下列说法正确的是 ()

- A. 衍射是一切波特有的现象
- B. 两列波发生干涉时, 振动加强区域的质点的位移一定始终最大
- C. 声波容易发生衍射是因为声波的波长较长
- D. 观察薄膜干涉时, 应该在入射光的同一侧
- E. 医院中用于体检的“B 超”利用了超声波的衍射原理

【答案】 ACD

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/585314030044011322>