

## 2009-2013 五年高考物理 高校自主招生试题物理精选分类解析 专题 14 光 学

一. 2013 年

1. (2013 北约自主招生) 人在平面镜前看到站在自己身边朋友在镜中的像时，虽然上下不颠倒，左右却互换了。今将两块相互平行的平面反射镜如图放置，观察者 A 在图示右侧位置可看到站在图示左侧位置的朋友 B，则 A 看到的像必定是( )



- A. 上下不颠倒，左右不互换
- B. 上下不颠倒，左右互换
- C. 上下颠倒，左右不互换
- D. 上下颠倒，左右互换

**解析：**根据平面镜成像规律，A 看到的像必定是上下不颠倒，左右不互换，选项 A 正确，

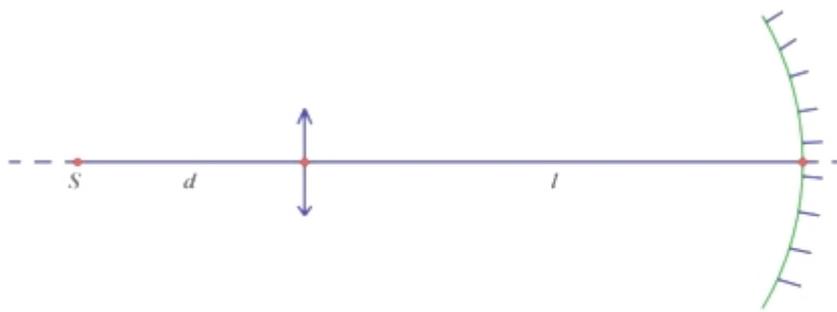
**答案：**A

**【点评】**此题所示装置实际上是潜望镜。此题考查平面镜成像，难度不大。

2. (15 分) (2013 年华约自主招生) 如图所示，凸透镜和球面反射镜的中心与光源 S 在同一条直线上。半径为 R 的球面反射镜放置在焦距为 f 的凸透镜右侧，其中心位于凸透镜的光轴上，并可沿凸透镜的光轴左右调节。

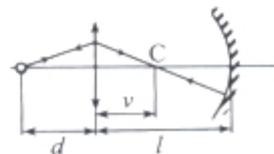
(1) 固定凸透镜与反射镜之间的距离 l，将一点光源放置于凸透镜的左侧光轴上，调节光源在光轴上的位置，使该光源的光线经凸透镜——反射镜——凸透镜后，成实像于点光源处。问该点光源与凸透镜之间的距离 d 可能是多少？

(2) 根据(1)的结果，若固定距离 d，调节 l 以实现同样的实验目的，则 l 的调节范围是多少？



解析：(1) 可分下列三种情况讨论：

第一种情况：通过调节光源与透镜之间的距离  $d$  值 ( $d > f$ )，如图 1 所示。当  $v + R = l$ ，



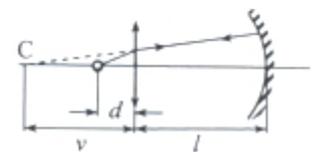
即由光源发出的任意光线穿过凸透镜后，点光源成像于凸透镜右侧光轴上的 C 点，而 C 点正好处于球面反射镜的球心位置上，光线会沿反射镜的半径方向入射到它上面，并将沿同一路径反射回去，所有这样的光线都将会聚于光源所在点。由透镜成像公式，

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{v} + \frac{1}{f}$$

解得： $d = \frac{f(l - R)}{f + l - R}$ 。

第二种情况：通过调节光源与透镜之间的距离  $d$  值 ( $d < f$ )，如图 2 所示。当  $v + R = l$ ， $v < 0$ 。

即由光源发出的任意光线穿过凸透镜后，点光源成像于凸透镜左侧光轴上的 C 点，而 C 点正好处于球面反射镜的球心位置上，光线会沿反射镜的半径方向入射到它上面，并将沿同一路径反射回去，所有这样的



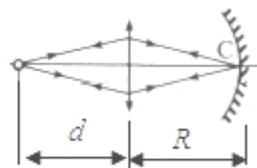
光线都将会聚于光源所在点。由透镜成像公式， $\frac{1}{d} = \frac{1}{v} + \frac{1}{f}$

解得： $d = \frac{f(R-l)}{f+R-l}$ 。

第三种情况：如正好有条件  $R=l$ ，调节左侧光源与凸透镜之间的  $d$  值 ( $d>f$ )，如图 3

所示。根据  $d>f$ ， $R=l$ ，由透镜成像公式， $\frac{1}{d} = \frac{1}{R} + \frac{1}{f}$

解得  $d = \frac{fR}{f+R}$ 。



(2)对应(1)中的三种情况，

对应于第一种情况，即根据  $d>f$  当  $d = \frac{f(l-R)}{f+l-R}$ ，

实现同样的实验目的， $l$ 的调节范围是： $l>R+f$ 。

对应于第二种情况，即根据  $d<f$ ，当  $d = \frac{f(R-l)}{f+R-l}$ ，

实现同样的实验目的， $l$ 的调节范围是： $l<R$ 。

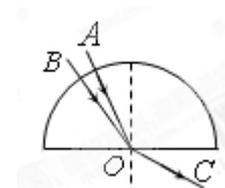
对应于第三种情况，即根据  $d>f$ ，当  $d = \frac{fR}{f+R}$ ，

实现同样的实验目的， $l$ 的调节范围是： $l=R$ 。

【点评】此题涉及的知识是初中物理的凸透镜成像和凹面镜成像，但是能力要求较高。此题给出的信息是高校自主招生重点在于考查运用知识的能力。

## 二. 2012 年

1. (2012 卓越自主招生) 如图， $A$  和  $B$  两单色光，以适当的角度向半圆形玻璃砖射入，出射光线



都从圆心  $O$  沿  $OC$  方向射出，且这两种光照射同种金属，都能发生光电效应，则下列说法正确的是

- A.  $A$  光照射该金属释放的光电子的最大初动能一定比  $B$  光的大
- B.  $A$  光单位时间内照射该金属释放的光电子数一定比  $B$  光的多
- C. 分别通过同一双缝干涉装置， $A$  光比  $B$  光的相邻亮条纹间距小
- D. 两光在同一介质中传播， $A$  光的传播速度比  $B$  光的传播速度大

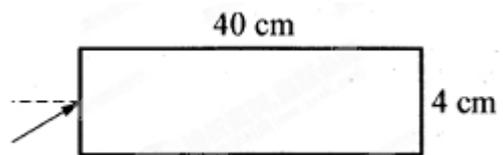
答案：AC

解析：由光路图可知， $A$  光折射率较大， $A$  光频率较高，由光电效应方程可知， $A$  光照射该金属释放的光电子的最大初动能一定比  $B$  光的大，选项 A 正确。由于从题述不知两束光的强度，不能判断  $A$  光单位时间内照射该金属释放的光电子数是否一定比  $B$  光的多，选项 B 错误。根据双缝干涉条纹间隔公式可知，两束光分别通过同一双缝干涉装置， $A$  光比  $B$  光的相邻亮条纹间距小，选项 C 正确。由  $n=c/v$ ，两光在同一介质中传播， $A$  光的传播速度比  $B$  光的传播速度小，选项 D 错误。

2. (2012 年华约自主招生) 若实心玻璃管长 40cm，宽 4cm，玻璃的折射率为  $2/\sqrt{3}$ ，光从管的左端正中心射入，则光最多可以在管中反射几次

( )

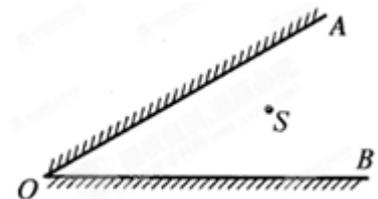
- A. 5
- B. 6
- C. 7
- D. 8



答案：B

解析：入射角越大，折射角越大，光在管中反射次数越多。当入射角接近  $90^\circ$  时，由折射定律可得折射角  $r=60^\circ$ 。发生第一次反射，光沿玻璃管中心前进距离  $s_1 = \frac{1}{2} \cot \alpha r = 0.5 \times 4 \times \sqrt{3} \text{ cm} = 2\sqrt{3} \text{ cm}$ ；第二次反射，光沿玻璃管中心前进距离  $s_2 = \cot \alpha r = 4 \times \sqrt{3} \text{ cm} = 4\sqrt{3} \text{ cm}$ ；以后每次反射光沿玻璃管中心前进距离都为  $4\sqrt{3} \text{ cm}$ ；所以光最多可以在管中反射次数为  $N = (L - 2\sqrt{3}) / s_2 + 1 = 6$  次，选项 B 正确。

3. (2012 北约自主招生真题)  $OA$ 、 $OB$  是两面镜子，成  $36^\circ$  夹角，观察者在两镜之间，则人从  $A$  镜中最多能看到 \_\_\_\_\_ 个像；从  $B$  镜中最多能看到 \_\_\_\_\_ 个像。



答案：4 个像；4 个像。

解析：要使物体在第一个平面镜中成的像能通过第二个平面镜成像，第一个像必须在第二个平面镜的前面，且第二个平面镜必须处在第一个像的可见区域中，使物射向第一个平面镜的光线的反射线才能射向第二个平面镜并再反射成像。设两平面镜夹角为  $\alpha$ ，物点  $S$  与  $O$  点连线与  $OB$  所成的角为  $\theta$ ，则在  $OA$  中第一次成像其像点  $S'$  与  $O$  点连线与  $OB$  所成的角为  $\alpha + \theta$ ；像点  $S'$  在  $OB$  中所成的像与  $O$  点连线与  $OB$  所成的角为  $\alpha + \theta$ ；该像在  $OA$  中第二次成像其像点  $S''$  与  $O$  点连线与  $OA$  所成的角为  $2\alpha + \theta$ ；依次类推，该像在  $OA$  中第二次成像其像点  $S'''$  与  $O$  点连线与  $OA$  所成的角为  $n\alpha + \theta$ ；而  $n\alpha + \theta < 180^\circ$ ，所以人从  $A$  镜中最多能够看到 4 个像。同理从  $B$  镜中最多能看到 4 个像。

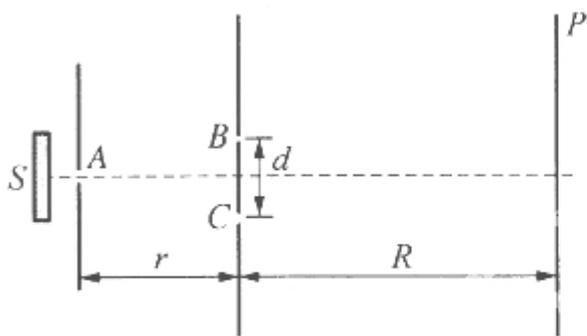
【点评】此题以成一定夹角的平面镜切入，意在考查平面镜成像及其相关知识。

4. (2012 年北约) 图为杨氏双缝干涉实验装置，光源  $S$  为单色面光源，波长为  $\lambda$ ，单缝  $A$  的中心位于双缝  $B$  和  $C$  的垂直平分线上， $B$  与  $C$  相距为  $d$ ，单缝与双缝相距为  $r$ ，接收屏  $P$  与双缝相距为  $R$ ， $R \gg d$ ， $r \gg d$ ，问：

(1) 接收屏上的干涉条纹间距是多少？

(2) 设单缝  $A$  的宽度  $b$  可调，问  $b$  增大为多少时干涉条纹恰好第一次消失？

(3) 接 (2) 问，条纹恰好消失时，固定  $A$  的宽度  $b$ ，为了使干涉条纹再次出现，试问  $d$ 、 $r$ 、 $R$  三个参量中应调节那些量？



解析：(1) 接收屏上的干涉条纹间距是  $\Delta x = R\lambda/d$ 。

(2) 因为缝宽 A 的增大，缝边缘的点发出的光到达 B 和 C 会产生一定的光程差，当这个光程差等于  $\lambda/2$  时，接收屏上的条纹就会消失。设缝 A 边缘的点为 A'，即当  $\overline{A'B} - \overline{A'C} = \lambda/2$  时，条纹消失， $\overline{A'B} - \overline{A'C} \approx \frac{d}{r} \cdot \frac{b}{2}$ ，因此当缝宽增加到  $b = \frac{r}{d} \lambda$  时，条纹消失。

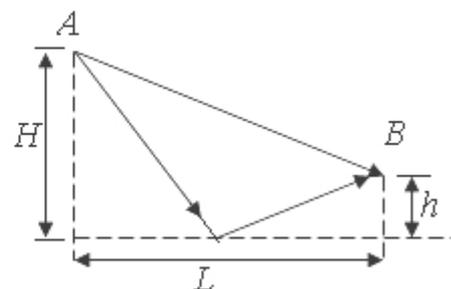
(3) 若要条纹再出现，需将缝宽极限 b 增大，由 (2) 可知，需要增大 r 或者减小 d。

【点评】此题以杨氏双缝干涉实验切入，意在考查双缝干涉实验干涉条纹间距公式、实验分析及其相关知识。

5. 2012 清华保送生测试) 在离海平面高 200m 的悬崖上有一个雷达，可以发射波长为 5m 的无线电波。若在离悬崖 20km，且离海平面 125m 上方处接收到的电磁波信号最强。今有一架飞机在离悬崖 20km 处从接近海平面处开始竖直向上飞行，则其在另一处离海平面最近处接收到的信号最强的点距海平面 \_\_\_\_\_ m。

5. 答案：375

解析：如图所示，从雷达 A 处直接发射的无线电波和通过海平面反射的无线电波在 B 处相遇，如果两者的光程差为波长的整数倍，则发生相长干涉，即接收到的信号最强。需要注意，在海平面反射的无线电波会有半波损失。题中给出的离海平面 125m 上方处接收到的电磁波信号最强即对应光程差为零的情形。而下一个离海平面最近处接收到的信号最强的点对应光程差为  $\lambda$ ，即

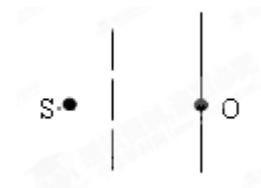


$$\sqrt{L^2 + (H+h)^2} - \sqrt{L^2 + (H-h)^2} = 3\lambda/2, \text{ 解得 } h=375\text{m}.$$

三. 2011 年

1. (2011 华约自主招生) 在杨氏双缝干涉实验中, 如果单色光源 S 从如图所示的中轴位置沿垂直于 SO 的方向向上移动一段微小的距离, 则中心干涉条纹向何方向移动? 相邻明条纹间的间距如何变化?

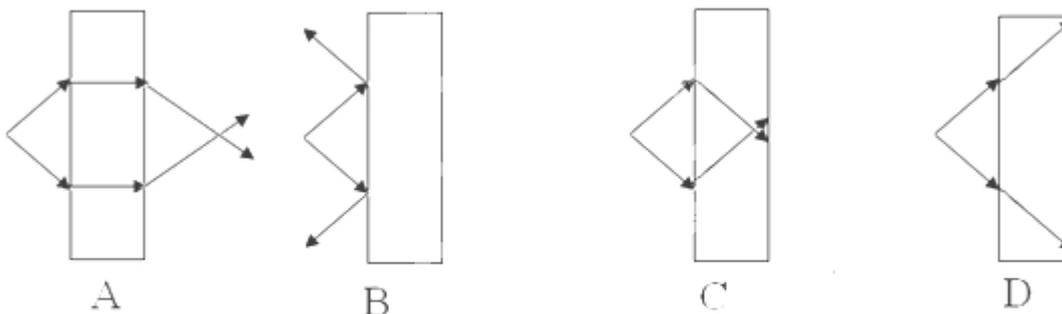
- A. 相邻明条纹间的间距不变, 中心干涉条纹向上移动
- B. 相邻明条纹间的间距变大, 中心干涉条纹向下移动
- C. 相邻明条纹间的间距不变, 中心干涉条纹向下移动
- D. 相邻明条纹间的间距变小, 中心干涉条纹向上移动



答案: C

解析: 根据相邻明条纹间的间距公式,  $\Delta x = L \lambda / d$ , 由于  $L$ 、 $\lambda$ 、 $d$  都不变, 则相邻明条纹间的间距  $\Delta x$  不变。单色光源 S 从如图所示的中轴位置沿垂直于 SO 的方向向上移动一段微小的距离, 根据中央明条纹的光程差为零, 中央明条纹应该向下移动, 选项 C 正确。

2. (2011 复旦大学) 有一种新型材料的折射率  $n=-1$ , 则从空气中一点光源发射的光线射向这种材料的光路图是

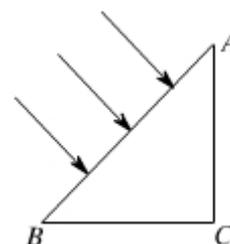
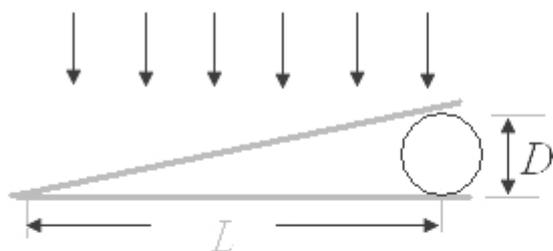


答案: C

解析: 设入射角为  $i$ , 折射角为  $r$ , 由于材料的折射率  $n=-1$ , 由折射定律得:  $\frac{\sin i}{\sin r} = -1$ ,

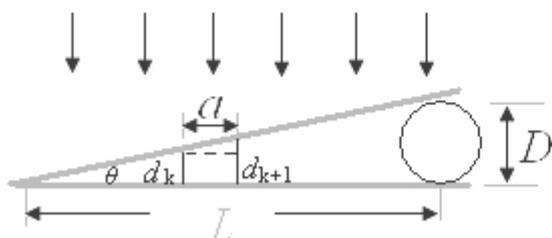
所以  $\sin i = -\sin r$ , 解得  $r = 360^\circ - i$ , 由此可知, 光路图 C 正确。

3. (2011 同济大学) 利用尖劈空气膜的干涉可以测量微丝的直径。如图所示，取两块平面玻璃，一端互相接触，另一端夹着待测直径的微丝，微丝与接触棱平行，用单色光直接照射到玻璃上，则两块玻璃之间的空气膜产生等厚干涉。测出干涉条纹的间距可以测出微丝的直径。若已知入射光波长为  $\lambda$ ，光垂直于玻璃表面入射，测得两条相邻明条纹之间的距离为  $a$ ，微丝到劈棱的距离为  $L$ ，求微丝的直径  $D$ 。



3. 解析：当光入射到玻璃片时，在空气劈的上下表面引起的反射光形成相干光。在空气劈的上表面引起的反射光是从玻璃向空气入射时形成的，没有半波损失；在空气劈的下表面引起的反射光是从空气向玻璃入射时形成的，有半波损失。由于两玻璃片之间的夹角  $\theta$  很小，光垂直于玻璃表面入射时，可以认为在空气劈的上下两个表面上反射光的光程差  $\Delta = 2n_0d + \lambda/2$ ，式中  $n_0$  为空气的折射率， $d$  为入射位置的空气层的厚度。当  $\Delta = k\lambda$ ，即  $2n_0d = (k-1/2)\lambda$  ( $k=1, 2, 3, 4 \dots$ ) 时为相长干涉，呈现亮条纹。当  $\Delta = (2k+1)\lambda/2$ ，即  $2n_0d = k\lambda$  ( $k=1, 2, 3, 4 \dots$ ) 时为相消干涉，呈现暗条纹。如图所示，微丝直径为  $D$ ，微丝到劈棱的距离为  $L$ ，由于  $\theta$  很小，则有：
$$\frac{D}{L} \approx \sin\theta = \frac{d_{k+1} - d_k}{a} = \frac{\lambda}{2n_0d}$$

射率  $n_0$  取作 1，解得微丝的直径  $D = L\lambda/(2a)$ 。



4. (2011 北约) 等腰直角三角形棱镜 ABC，一组平行光垂直斜边 AB 射入。

(1) 如果光线不从 AC、BC 面射出，求棱镜的折射率  $n$  的范围。

(2) 如果光线顺时针转过  $\theta = 30^\circ$ ，即与 AB 呈  $60^\circ$  角斜向下，不计反射两次以上的光线，当  $n$  取

(1) 中最小值时，是否有光线从 BC、AC 边射出？（不考虑经过多次反射的情况）

解析：(1) 光线穿过 AB 面后方向不变。在 AC、BC 面上的入射角均为  $45^\circ$ ，发生全反射的条件为：

$$\sin 45^\circ \geq n,$$

解得  $n \geq \sqrt{2}$ 。

(2) 在  $n$  取  $\sqrt{2}$  时，全反射的临界角  $i_c = 45^\circ$

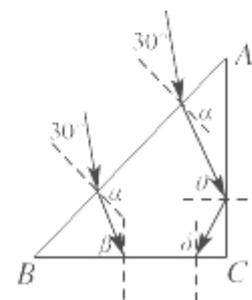
折射光路图如图所示， $\sin 30^\circ = n \sin \alpha$ ，

$$\text{解得：} \alpha = \arcsin \left( \frac{\sqrt{2}}{4} \right).$$

$\beta = 45^\circ - \alpha < i_c = 45^\circ$ 。所以光线可以从 BC 边射出。

$\theta = 45^\circ + \alpha > i_c = 45^\circ$ 。所以光线在 AC 边发生全反射，不可以从 AC 边射出。

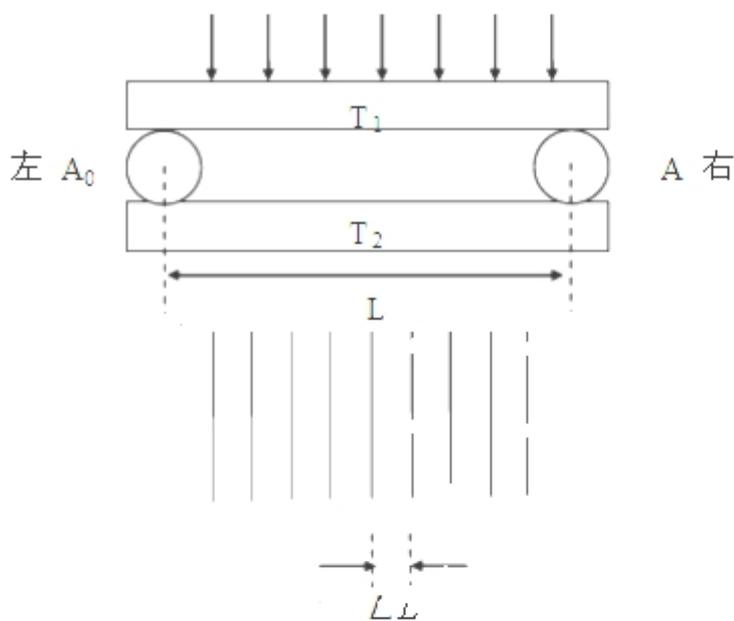
所以只有 BC 边有光射出。



5. (2011 年卓越自主招生) 利用光的干涉可以测量待测圆柱形金属丝与标准圆柱形金属丝的直径差 (约为微米量级)，实验装置如图所示。T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub> 是具有标准平面的玻璃平晶，A<sub>0</sub> 为标准金属丝，直径为 D<sub>0</sub>；A 为待测金属丝，直径为 D；两者中心间距为 L。实验中用波长为  $\lambda$  的单色光垂直照射平晶表面，观察到的干涉条纹如图所示，测得相邻条纹的间距为  $\Delta L$ 。

(1) 证明  $|D - D_0| = \frac{\lambda L}{2\Delta L}$ 。

- (2) 若轻压 T<sub>1</sub> 的右端，发现条纹间距变大，试由此分析 D 与 D<sub>0</sub> 的大小关系。



解析：(1) 设标准平面的玻璃平晶之间的夹角为  $\theta$ ，则有  $\tan\theta = |D - D_0| / L$ 。

根据薄膜干涉条件，由  $\tan 2\theta \cdot \Delta L = \lambda$ ，

由于  $\theta$  很小， $\tan 2\theta = 2\theta$ ， $\tan\theta = \theta$ ，

联立解得： $|D - D_0| = \frac{\lambda L}{2\Delta L}$ 。

(2) 若轻压  $T_1$  的右端，发现条纹间距  $\Delta L$  变大，说明  $|D - D_0|$  减小， $D$  大于  $D_0$ 。

#### 四. 2010 年

1. (2010 复旦) 两块平面反射镜相互正交如图所示，一光源放在  $S$  处，从镜面的反射中可以看到光源的虚像有 \_\_\_\_\_ 个。

- A. 一个                      B. 二个  
C. 三个                      D. 四个



答案：C

解析：根据平面镜成像规律，从镜面的反射中可以看到光源的虚像有三个，选项 C 正确。

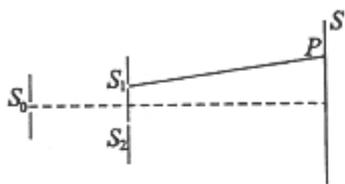
2、（2010 复旦自主招生）单缝衍射中，缝隙宽度越窄，则衍射条纹\_\_\_\_\_。

- A. 越稀
- B. 越密
- C. 中间明纹变窄，其他条纹不变
- D. 条纹位置于缝宽无关

答案：A

解析：根据单缝衍射相关知识可知缝隙宽度越窄，则衍射条纹越稀，中间明纹变宽，选项 A 正确。

3、（2010 南京大学）右图为“用双缝干涉测量光的波长”实验装置的示意图。图中  $S_0$  为狭缝， $S_1$ 、 $S_2$  为双狭缝， $S$  为观察屏。当用单色光（以  $\lambda$  表示其波长）从左方照射狭缝  $S_0$  时，由双狭缝  $S_1$ 、 $S_2$  射出的光是相干光，可在观察屏  $S$  上出现明暗相间的干涉条纹。若屏  $S$  上的  $P$  点是某一暗条纹的中心，已知  $P$  点到  $S_1$  的距离为  $r_1$ ，则  $P$  点到  $S_2$  的距离为  $r_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。为了求出波长  $\lambda$ ，实验中应测量的物理量是\_\_\_\_\_。若实验装置中单缝、双狭缝和屏的位置都不变，只是入射光第一次为红光，第二次是蓝光，则第二次观察到的干涉条纹与第一次比，不同之处除了条纹的颜色外，还有\_\_\_\_\_。



答案： $r_1 + (2k+1)\lambda/2$ ,  $k=0,1,2,3, \dots$

双狭缝  $S_1$  中心到  $S_2$  中心的距离  $d$ ，观察屏到双狭缝的距离  $L$ ，相邻两亮条纹或暗条纹的距离  $\Delta x$ 。

条纹之间的距离  $\Delta x$  变小。

解析：P 点到  $S_1$  的距离  $r_1$  与 P 点到  $S_2$  的距离  $r_2$  之差为半波长的整数倍， $\Delta r = r_2 - r_1 = (2k+1)\lambda/2$ ，解得： $r_2 = r_1 + (2k+1)\lambda/2$ ， $k=0,1,2,3, \dots$ 。由  $\Delta x = L\lambda/d$  可知为了求出波长  $\lambda$ ，实验中应测量的物理量是：双狭缝  $S_1$  中心到  $S_2$  中心的距离  $d$ ，观察屏到双狭缝的距离  $L$ ，相邻两亮条纹或暗条纹的距离  $\Delta x$ 。第二次用蓝光从左方照射狭缝  $S_0$  时，由于蓝光的波长比红光短，由  $\Delta x = L\lambda/d$  可知，条纹之间的距离  $\Delta x$  变小。

五. 2009 年

1. (2009 复旦) 一束单色光从空气射入水中，则\_\_\_\_\_。

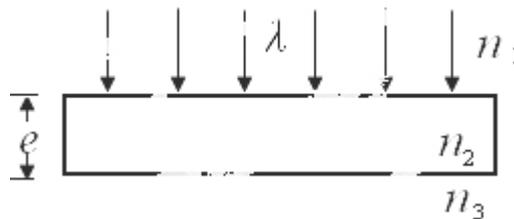
- A. 光的颜色、频率不变，而波长、波速都变小
- B. 光的颜色、频率、波长都不变，只有波速变小
- C. 光的颜色、波长不变，而频率、波速都变小
- D. 光的频率变小，而颜色、波长、波速都不变

答案：A

解析：一束单色光从空气射入水中，则光的颜色、频率不变，而波长、波速都变小，选项 A 正确。

2. (2009 同济大学) 如图所示，一束平行单色光垂直照射到薄膜上，经过上下两表面反射的光束发生干涉，若薄膜的厚度为  $e$ ，且  $n_1 < n_2 < n_3$ ， $\lambda$  为入射光在折射率为  $n_1$  的介质中的波长，则两束反射光在相遇点的相位差为

- A.  $\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{n_2}{n_1} e$
- B.  $\frac{4\pi}{\lambda} \cdot \frac{n_1}{n_2} e + \pi$
- C.  $\frac{4\pi}{\lambda} \cdot \frac{n_2}{n_1} e + \pi$
- D.  $\frac{4\pi}{\lambda} \cdot \frac{n_2}{n_1} e$



答案 D

解析：因为  $n_1 < n_2$ ，光束在薄膜上表面反射时有  $\pi$  相位的突变。设真空中单色光的波长为  $\lambda_0$ ，则  $c = \lambda_0 \nu$ ，同时： $c n_1 = \lambda \nu$ ，故： $\lambda_0 = n_1 \lambda$ 。薄膜上下两个表面反射光的光程差  $\delta = 2n_2 e$ 。同时考虑到薄膜上下两表面反射光都有半波损失，两束反射光在相遇点的相位差为  $\Delta \phi$

$$= \frac{\delta}{\lambda_0} \cdot 2\pi = \frac{4\pi}{\lambda} \cdot \frac{n_2}{n_1} e, \text{ 选项 A 正确}$$