光学

第一节　杨氏双缝　光程

1. (1)在双缝干涉实验中，为使屏上的干涉条纹间距变大，可以采取的办法是：

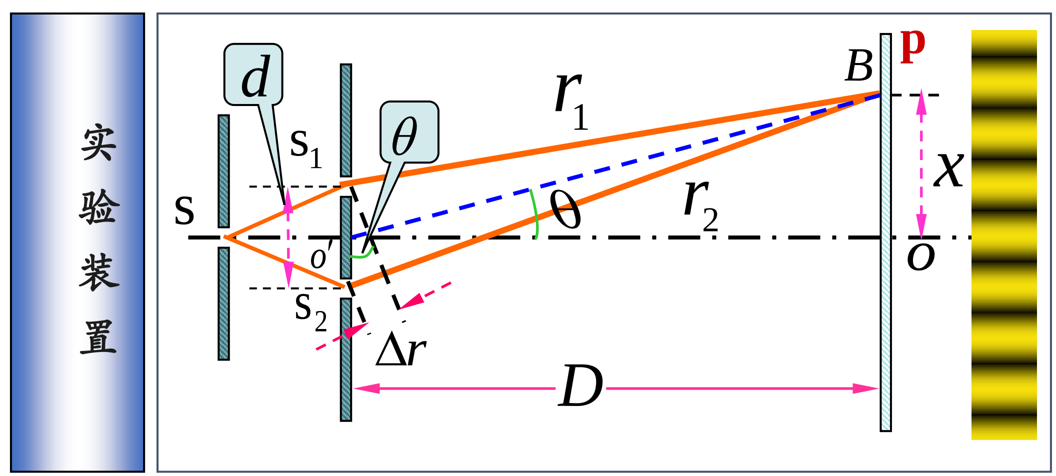
解析：本题考查的是杨氏双缝干涉实验，如图所示：明、暗条纹的位置**p**满足：

$$\delta = r_2 n_2 - r_1 n_1 = r_2 - r_1 \approx d \cdot \frac{x}{D} = \begin{cases} \pm 2k\dfrac{\lambda}{2} & \text{明纹} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹} \end{cases}$$

注意：这里杨氏双缝干涉光路走的媒介是真空，于是$n_2=n_1=1$，教材和课件中多省略了。但是分析计算光程差的时候，大家一定要记得折射率的倍数关系。

本题考点，相邻明(暗)条纹间距为：$\boldsymbol{\Delta x=D\lambda/d}$。对于产生的明暗条纹，当观察屏靠近双缝的时候，$D$减小，于是$\Delta x$同样减小；若使两缝的间距$d$变小，则$\Delta x$增大；把两个缝的宽度稍微调窄，不会改变两缝中心点处子波到达屏幕的光程差；若改用波长较小的单色波源，则λ减小，Δx同样减小。

故选**B**



1. (2)在真空中波长为λ的单色光，在折射率为n的透明介质中从A沿某路径传播到B，若A、B两点相位差为3π，则此路径AB的光程为：

解析：本题考点：

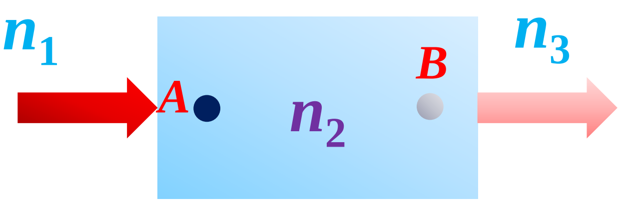
不考虑相位超前与落后时，光程差和相位差之间的关系：$\Delta\varphi=2\pi\delta/\lambda$，其中λ为真空中的波长

当$\Delta\varphi=3\pi$时，可直接得到AB之间的光程差的绝对值$\delta=3\lambda/2$

故选**A**

注意，光程差的定义：δ=几何距离r×折射率n。

因此本题中，AB之间的几何距离为：$r=3\lambda/2n$。



2. (1)在相同的时间内，一束波长为λ的单色光分别经过空气和玻璃，则两则传播的路程和走过的光程：

解析：本题考点：①不同介质中，光的传播速度不同，真空中的光速最快（等于c），空气中光速接近c，玻璃中光速变小，变为v=c/n。

②光程的物理意义：$L = nr = nv\Delta t = c\Delta t$，光在介质中走过的光程等于相同时间内在真空中走过的路程。

因此，经过相同的时间t：

几何路程为：$v_1 \times t > v_2 \times t$，则在空气中传播的几何路程要大于在玻璃中的路程。

光程为：δ=几何路程×折射率= $(v \times t) \times (c/v) = c\,t$，所以在相同时间里，在空气中和玻璃中走过的光程相同。

2. (2)在双缝干涉实验中，入射光的波长为λ，用玻璃纸遮住双缝中的一个缝，若玻璃纸中光程比相同厚度的空气的光程大2.5λ，则屏上原来的明条纹处为：

解析：本题考点，两列光发生干涉加强与干涉相消时光程差δ满足的条件：

当δ为波长整数倍时，干涉加强

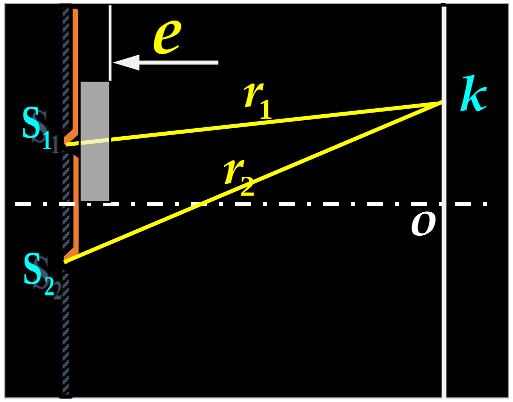
当δ为半波长奇数倍时，干涉相消

在放入玻璃纸之前：屏上的明条纹处的光程差满足：$\delta_1 = k\lambda$

当放入玻璃纸之后：该处的光程差变为：

$$\delta' = \delta_1 + \Delta\delta = k\lambda + 2.5\lambda = (2k+2\times2+1)\times(\lambda/2)$$

变为了半波长的奇数倍，对应**暗纹**。



2. (3)在双缝干涉实验装置放在折射率为n的媒质中，双缝到观察屏的距离为D，两缝之间的距离为d(d<<D)，入射光在真空中的波长为λ，则屏上干涉条纹中相邻明纹的间距为：

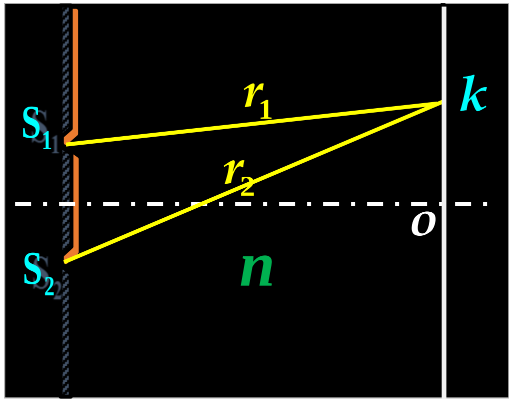
解析：本题考点：在不同介质中，杨氏双缝干涉实验中光程差的计算公式：

$$\delta = nd\sin\theta \approx nd\theta \approx ndx/D$$

相邻明纹，意味着光程差相差为λ，此时相邻明纹的间距Δx满足：

$$\lambda = \Delta x nd/D$$

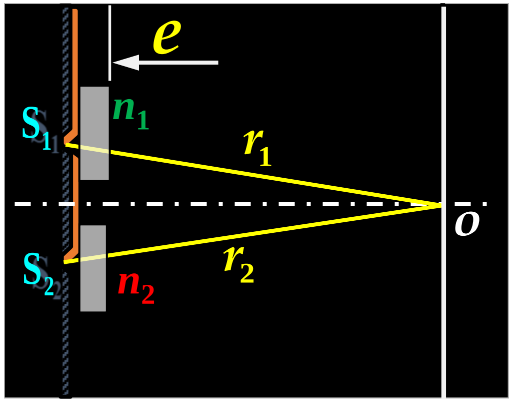
由此可得：$\boldsymbol{\Delta x = D\lambda/dn}$



2. (4)若一双缝装置的两个缝分别被折射率为n_1和n_2的两块厚度均为e的透明介质所遮盖，此时由双缝分别到屏上原中央极大所在处的两束光的光程差Δ=

解析：本题考点：杨氏双缝实验中，光路中加入介质后，通过该介质的光的光程的改变量为：$\Delta r=(n-1)e$

由于本题中，上下两个缝都被介质遮住了（如图所示），所以两列光的光程都发生了变化，它们的改变量分别是：$\Delta r_1=(n_1-1)e$，$\Delta r_2=(n_2-1)e$



因此，屏幕上不同位置处，两列光光程差的相对变化量为：

$$\Delta\delta = \Delta r_2-\Delta r_1 = \mathbf{(n_2-n_1)e}$$

2. (5)如图，在双缝干涉实验中$SS_1=SS_2$，若将一厚度为e、折射率为n的薄云母片覆盖在S_1缝上，中央明条纹将向______移动；覆盖云母片后，两束相干光至原来中央明纹O处的光程差为：

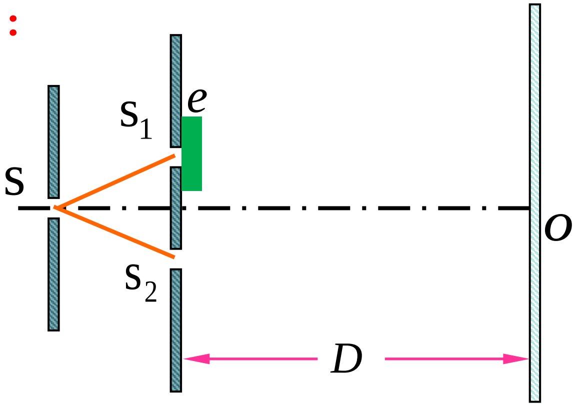
解析：本题考点还是：①杨氏双缝实验中，光路中加入介质后，通过该介质的光的光程增加量（因为n>1）为：$\Delta r=(n-1)e$

②中央明纹的定义：两列光的光程差为0时所对应的条纹为中央明纹

有了这两个知识点，我们就可以分析出，在如图所示的杨氏双缝中，如果上面的狭缝后覆盖了一个云母片，那么上面狭缝发出的光的光程就会增加Δr。为了使上下两列光的光程差为零，就应该增大下面狭缝发出的光的光程，减小上面狭缝发出的光的光程，使$\delta'= r_2-(r_1+(n-1)e) = 0$，此处的位置满足：$r_2-r_1= (n-1) e>0$。因此中央明条纹将向上移动。

当$r_2-r_1=0$时，也就是对应原来中央明纹O处的光程差将变为：

$$\delta'= r_2-(r_1+(n-1)e) = -(n-1)e$$



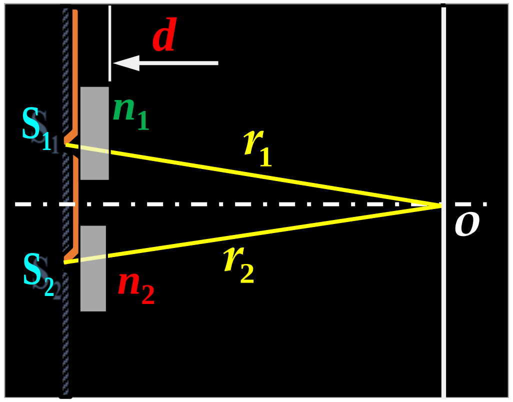
3. 在右图示的双缝干涉实验中，若用薄玻璃片(折射率n_1=1.4)覆盖缝S_1，用同样厚度的玻璃片(但折射率n_2=1.7)覆盖缝S_2，将使原来未放玻璃时屏上的中央明条纹处O变为第五级明纹。设单色光波长λ = 480 nm (1 nm=10^{-9} m)，求玻璃片的厚度d(可认为光线垂直穿过玻璃片)。

解析：本题考点与第2. (4)题完全一样，上下两个缝都被介质遮住后，不同位置处的光程差均改变了：$\Delta\delta = \Delta r_2 - \Delta r_1 = \mathbf{(n_2-n_1)d}$，也就是中央明条纹$O$处的光程差变成了：

$\mathbf{(n_2-n_1)d} = \pm 5\lambda$，

可得：$d = \pm 5\lambda / (n_2 - n_1) = \pm 8\times10^{-6}$ m

所以厚度为：8×10^{-6} m



4. 在双缝干涉实验中，波长$\lambda = 550\ nm$ 的单色平行光垂直入射到缝间距d=2×10^{-4}m的双缝上，屏到双缝的距离$D = 2$ m。求：(1)中央明纹两侧的两条第10级明纹中心的间距；(2) 用一厚度为$e = 6.6\times10^{-6}$m、折射率为$n = 1.58$的云母片覆盖一缝后，零级明纹将移到原来的第几级明纹处？

解析：本题考查的是杨氏双缝干涉实验的光程差计算和条纹间距公式，如图所示：

$$\delta = r_2 n_2 - r_1 n_1 = r_2 - r_1 \approx d\cdot\frac{x}{D} = \begin{cases} \pm 2k\dfrac{\lambda}{2} & \text{明纹} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹} \end{cases}$$

因此，明纹的位置为：$x_k = \pm Dk\lambda/d$，则两侧的两条第10级明纹中心的间距为：

$\Delta x = 20\times D\lambda/d = 0.11$ m。

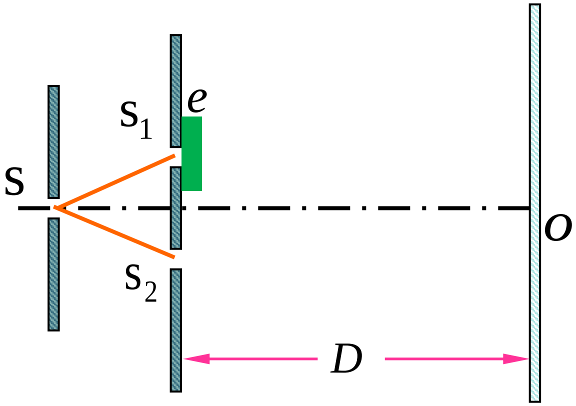
加入云母前：明纹的光程差为：$\delta = r_2 - r_1 = \pm k\lambda$，

加入后中央明纹处的光程差应满足：$\delta' = r_2 - (r_1 + ne - e) = 0 \rightarrow r_2 - r_1 = \delta = (n-1)e$

该处所对应的原条纹的级数：$k = \delta/\lambda = (n-1)e/\lambda$

得：$k = 6.96 \sim 7$

因此，答案为第7级明纹



10. 思考题：在杨氏双缝干涉中，若做以下变动，屏幕上的干涉条纹将如何变化？(1)将钠黄光换成波长为632.8 nm的氦氖激光；(2)将整个装置浸入水中；(3)将双缝间距增大；(4)将屏幕和双缝间距缩小。

解析：本题考查的是杨氏双缝干涉实验在一般介质中的光程差计算式，如图所示：

明、暗条纹的位置**p**为：

$$\delta = r_2 n_2 - r_1 n_1 = nd\sin\theta \approx nd\cdot\frac{x}{D} = \begin{cases} \pm 2k\dfrac{\lambda}{2} & \text{明纹} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹} \end{cases}$$

且明纹的位置为：$x_k = \pm Dk\lambda/nd$，且相邻明纹的间距为：$\Delta x = D\lambda/nd$

若将钠黄光（589.3 nm）源换成波长为632.8 nm的氦氖激光：则可知波长λ增大，所以明暗纹间距增大，且各级明纹/暗纹到中央距离也增大；当将装置放入水中时，则折射率n增大，所以明暗条纹的间距将缩小，且到中央距离也减小；当把双缝的间距d增大时，明暗条纹的间距也在缩小，且到中央距离也减小；最后当屏幕和双缝间距D缩小，则明暗条纹的间距也在缩小，且到中央距离也减小。