光学

第三节　劈尖 牛顿环 迈克尔逊干涉仪

1. 若把由平凸玻璃和平玻璃(折射率1.5)制成的牛顿环装置由空气搬入水中(折射率1.33)，则干涉条纹：

解析：如图所示：对于正入射的光，由于空气和水的折射率都同时小于上下玻璃的折射率，所以牛顿环的反射光之间一直存在半波损失，光程差为：$\delta = 2n_2e + \lambda/2$。

$$r=\sqrt{(k-\frac{1}{2})R\lambda/n_2} \quad (k=1,2,3,\cdots)$$：明纹半径。

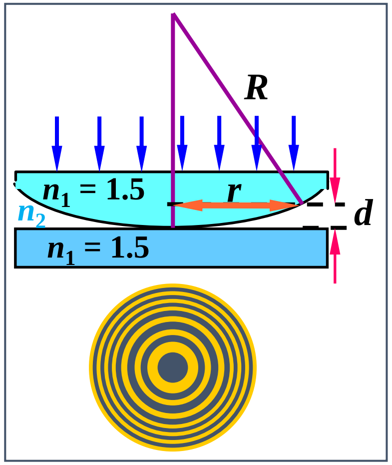
$$r=\sqrt{kR\lambda/n_2} \quad (k=0,1,2,\cdots)$$：暗纹半径。

但在空气中时，$n_2=1$；当在水中时，$n_2=1.33$。

所以当n_2增大时，这明(暗)条纹的半径间距减小，

即条纹变得更加密集。

故选C

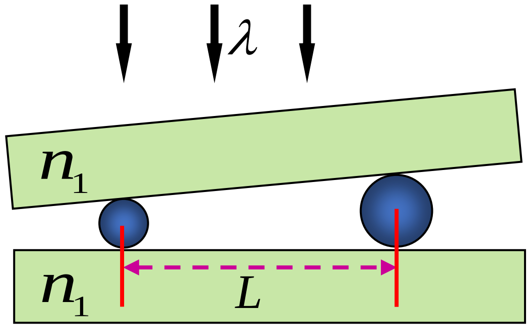


2. 如图所示，两个直径有微小差别的彼此平行的滚柱之间的距离为L，夹在两块平晶的中间，形成空气劈尖，当单色光垂直入射时，产生等厚干涉条纹。如果两滚柱之间的距离L变大，则在L范围内干涉条纹的。

解析：如图所示：这是一个劈尖干涉的情况，也就是等厚干涉的情况。

当L增大的时，由于两个滚珠的高度没有变，所以两个滚珠所对应的干涉条纹的级数没有变，也就是两个滚珠之间的条纹个数没有变，但是两个滚珠之间的距离变长了，也就意味着条纹的宽度变宽了。

故选D



3. 如图所示，平板玻璃和凸透镜构成牛顿环装置，全部侵入n=1.6的液体中，凸透镜可沿OO'移动，用波长为λ=500 nm(1nm=10^{-9}m)的单色光垂直入射。从上向下观察，看到中心是一个暗斑，此时凸透镜顶点距平板玻璃的距离最少是：

解析：如图所示，是一个牛顿环，等厚干涉。

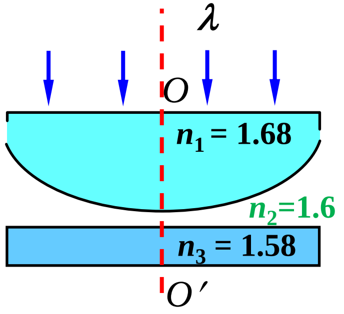
因为n_2介于n_1和n_3之间，所以反射光之间没有半波损失，正入射时，反射光的光程差为：$\delta = 2n_2e$

题中说中心处为暗纹，也就是δ满足： $\delta = 2n_2e = (2k+1)\lambda/2$， 其中$k$ =0,1,2,…

得，$e = (2k+1)\lambda/4n_2$

即最小的距离为：e =78.125 nm

故选C



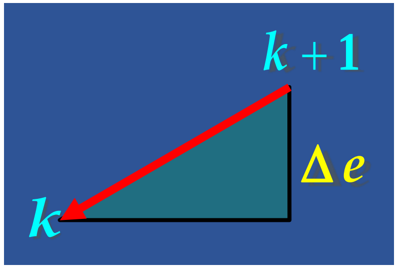
4. 如图所示，用劈尖干涉检验测工件的表面，当波长为λ的单色光垂直入射时，观察到的干涉条纹中间的劈尖棱边弯曲，每一条弯曲部分的顶点恰好与左邻的直线部分的连线相切，则工件表面：

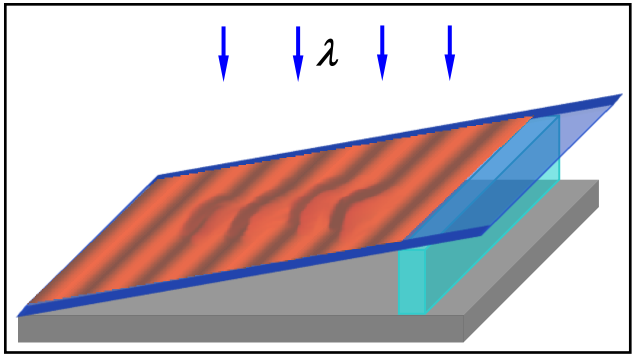
解析：如图所示，劈尖是等厚干涉，干涉图像是等厚线。

根据图形可以看出，对于正入射的光，第k+1级条纹弯曲的顶点恰好在第k级对应的条纹上，也就是弯曲的顶点处对应厚度应与其后面k+1级位置处的厚度相等，因此该弯曲点处一定发生了凹陷，且凹陷引起的光程差刚好为一个波长，即$\lambda=\Delta\delta=2n\Delta e$, $n=1$.

表明此处的厚度e是减小了$\lambda/2$，即凹陷了$\lambda/2$。

故选B





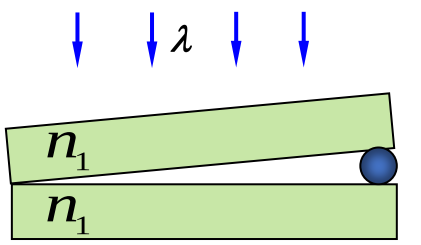
5. 两块平玻璃构成劈形膜，左边为棱边，用单色平行光垂直入射。若上面的平玻璃慢慢地向上平移，则干涉条纹向______移动，条纹间隔______。

解析：如图所示：劈尖是等厚干涉，干涉图像是等厚线。

当劈尖的上方玻璃向上移动时，劈尖不同位置处，所有的厚度都变大了

设移动之前劈尖上距离棱边x位置处的空气厚度为d，移动之后该处的空气厚度变为了d+Δd，而更靠近棱边的位置x-Δx处空气厚度变为了d。

由于劈尖干涉为等厚干涉，相同厚度处对应的干涉条纹的级数相同，假设与厚度d对应的是k级条纹，那么在劈尖移动后，原来位于x位置处的k级条纹移动到了x-Δx位置处，条纹向**棱边（左边）**移动了。



在等厚干涉中，条纹间隔是由相邻条纹对应的厚度差决定的，由于该劈尖在移动前后，劈尖角没有变，所以条纹间隔**没有变**。

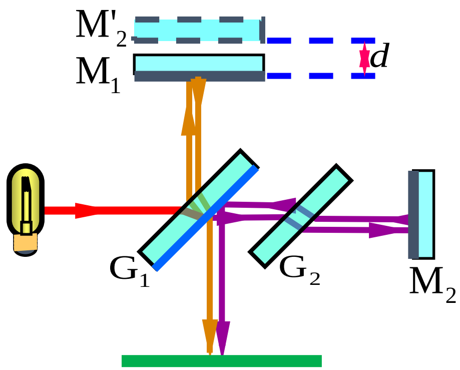
6. 已知在迈克尔逊干涉仪中使用波长为λ的单色光，在干涉仪的可动反射镜移动一距离d的过程中，干涉条纹将移动：_____ 条。

解析：如图所示：若把M_2'，相对于M_1移动d的距离时，这个过程中光程差的变化为：

$\Delta\delta$=2nd，对于空气的折射率$n = 1$，则：

$\Delta\delta = 2d = 2k(\lambda/2)$ ：明纹，其中$k = 1,2,3\ldots$

则移动的条纹数为：$2d/\lambda$。



7. 设入射光的波长为589nm，把折射率$n = 1.4$的薄膜放入迈克尔逊干涉仪的一臂，如果由此产生了7.0条条纹的移动，则膜厚为：_____ 。

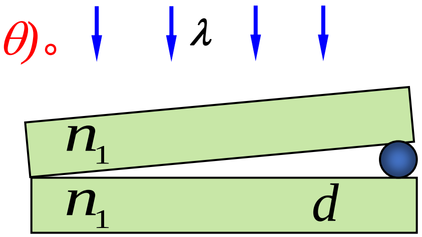
解析：如上图所示：放入薄膜厚引起的光程差的变化为：$\Delta\delta = 2(n-1)\,e$。

则$\Delta\delta = 2(n-1)\,e = \Delta k\lambda$， 则厚度：$e = \Delta k\lambda/2(n-1)$。

厚度：$e = 5153.75$ nm。

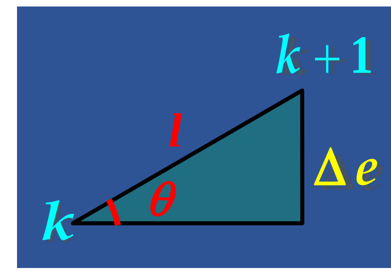
8. 在空气中有一劈形透明膜，其劈尖角θ=1.0×10^{-4} rad，在波长λ=700 nm的单色光垂直照射下，测得两相邻干涉明条纹间距l = 0.25 cm，由此可知此透明材料的折射率n：

解析：如图所示：两相干干涉明条纹的间距为：$l = \Delta e / \sin\theta \sim \lambda /(2n\theta)$。



则：$n = \lambda/(2l\theta) \sim 1.4$

所以，透明材料的折射率为：1.4

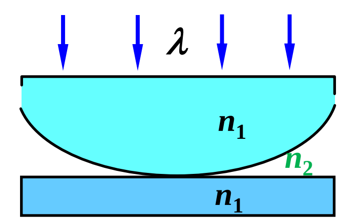


9. 波长λ = 600 nm的单色光垂直照射到牛顿环装置上，第二个明环与第五个明环所对应的空气膜厚度之差为：

解析：如图所示：对于所有的等厚干涉，相邻条纹的厚度差永远是$\Delta d=\lambda/2n_2$，

本题中，n_2=1，问第二个明环和第五个明环之间的厚度差，

即：Δe =3Δd = 3λ/2 = 900 nm



10. 折射率为1.6的两块标准平面玻璃板之间形成一个劈形膜(劈尖角θ很小)。用波长λ= 600 nm的单色光垂直入射，产生等厚干涉条纹。假如在劈形膜内充满n=1.4 的液体时的相邻明纹间距比劈形膜内是空气时的间距缩小Δl =0.5 mm。(1)两种情况下相邻两明纹厚度差之比；(2)劈尖角θ。

解析：如图所示：相邻明纹之间的厚度差为： $\Delta e = \lambda/2n$

则对于中间充满空气：$\Delta e_{空} = \lambda/2$

对于中间充满n=1.4的液体： $\Delta e_{液} = \lambda/2.8$

则两种情况下的明纹厚度差之比为： $\Delta e_{空}$ ： $\Delta e_{液}$ = 1.4： 1 = 1.4

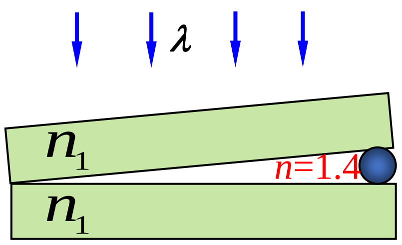
又因为两明纹间距为：$\Delta l = \Delta e/\sin\theta \sim \lambda/2n\theta$

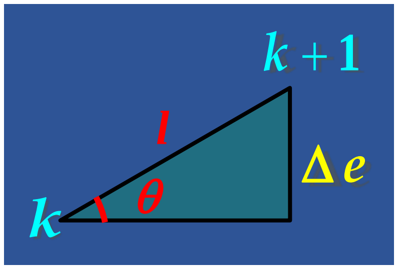
则当中间介质由空气换成液体之后：

对应的相邻明纹间距分别为： $\Delta l_{空} = \lambda/2\theta$；$\Delta l_{液} = \lambda/2.8\theta$。

由： $\Delta l_{空} - \Delta l_{液} = \lambda/2\theta - \lambda/2.8\theta = 0.5 * 10^6$ nm

可得劈尖角为： $\theta = 1.714 * 10^{-4}$ rad





11. 用波长为500 nm的单色光垂直照射到由两块光学平玻璃构成的空气劈形膜上，在观察反射光的干涉现象中，距劈形膜棱边l=1.56cm的A处是从棱边算起的第四条暗纹中心。(1)求此空气劈形膜的劈尖角θ；(2)改用600nm的单色光垂直照射到此劈尖上仍观察反射光的干涉条纹，A处是明条纹还是暗条纹？(3)在第二问的情形从棱边到A处的范围内共有几条明纹？几条暗纹？

解析：如图所示：对于空气劈尖（反射光存在半波损失）形成的等厚干涉，当入射光垂直入射时，形成的暗纹条件为： $\delta_k=2e_k+\lambda/2=(2k+1)\lambda/2$。 其中$k=0, 1, 2\ldots$

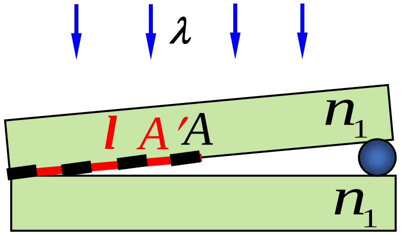
（1）因为棱边的厚度e为零，对应第一条暗条纹：$k=0$，则第四条暗纹为：$k=3$。

即： $2e+\lambda/2=(2*3+1)\lambda/2$ 则：$2l\sin\theta+\lambda/2\sim 2l\theta+\lambda/2=7\lambda/2$ 得：$\theta\sim 4.81*10^{-5}$ rad

（2）若改用波长为600 nm的入射光：则 $2e+\lambda/2=2l\theta+\lambda/2=1800$ nm

$$\delta=2e+\frac{\lambda}{2}=\begin{cases}2k\dfrac{\lambda}{2} & \text{明纹，其中}k=1,2,3\ldots\\(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹，其中}k=0,1,2,3\ldots\end{cases}$$

则 1800 nm = 3*600 = $k\lambda$ 因此对应第三级亮纹。



（3）如图所示，若A变成第三级亮条纹A'，其中棱边到A' (A)的范围内共有三条亮条纹，三个暗条纹。

12. 如图所示，两块相同的平板玻璃构成一空气劈尖，长L=4 cm，一端夹住一金属丝，现以波长为589 nm的钠光垂直入射，(1)若观察到相邻明纹(或暗纹)间距离l=0.1 mm，求金属丝的直径d？(2)将金属丝通电，受热膨胀，直径增大，在此过程中，从玻璃片上方离劈棱距离为L/2的固定观察点上发现干涉向左移动2条，问金属丝的直径膨胀了多少？

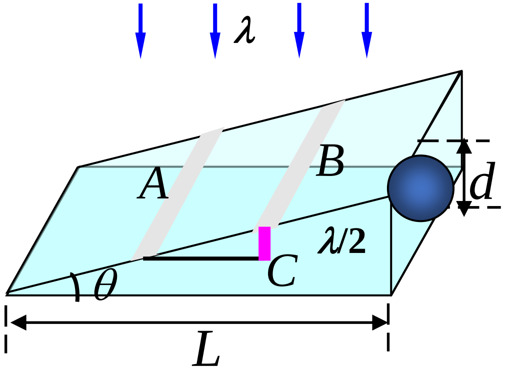
解析：如图所示：（1）因为相邻明纹或者暗纹的间距：$l = \Delta e / \sin\theta \sim \lambda / 2n\theta \sim \lambda L / 2nd$,

则：$d = \lambda L/2l = 0.1178$ mm

（2）如图设相邻两条暗条纹A和B，假设原来A在B的这个位置，现在由于d增大，则，A向左移动到了两个条纹，因此，移动了两个波长的距离，

所以：$\Delta e = \lambda \sim 589$ nm

在L/2处的变化为Δe，则在L处约为直径膨胀的约为Δd=2Δe = 1178 nm。



13. 思考题：单色光垂直照射空气劈尖，观察到的条纹宽度为$b = \lambda/(2\theta)$，如用折射率为n的物质构成的劈尖代替空气劈尖，条纹的宽度有何变化？相邻两明纹(或暗纹)的厚的厚度差是多少？

解析：如图所示：因为相邻明纹或者暗纹的间距：$l = \Delta e / \sin\theta \sim \lambda /2n\theta$ 则若中间是空气折射率为1，两个暗(亮)条纹的宽度为：$l \sim \lambda /2\theta$，若用折射率为n的代替，则为$l \sim \lambda /2n\theta$，所以条纹宽度变小。

同样对于空气介质，相邻两个明纹(或暗纹)的厚度差为：$\Delta e_1 = \lambda /2$。

对于折射率为n的介质，厚度差为：$\Delta e_2 = \lambda /2n$