光学

第七节　综合练习题

1. 在双缝干涉实验中，若单色光源S到两缝S_1、S_2距离相等，则观察屏上中央明纹位于图中O处。现将光源S向下移动到示意图中的S'位置，则

解析：本题考查的是杨氏双缝干涉实验，如图所示：其中若将S向下移动到S'

当光源在S点处时：$SS_1=SS_2$，则屏上不同位置处，S_1和S_2子光源发出光的光程差为：$\Delta= SS_2+S_2P-(SS_1+S_1P)= S_2P-S_1P$

根据中央明纹的条件：即光程差为0所在位置为中央明纹位置可知，当光源在S点处时，中央明纹位于水平中心的O点，此时：$S_1O = S_2O$

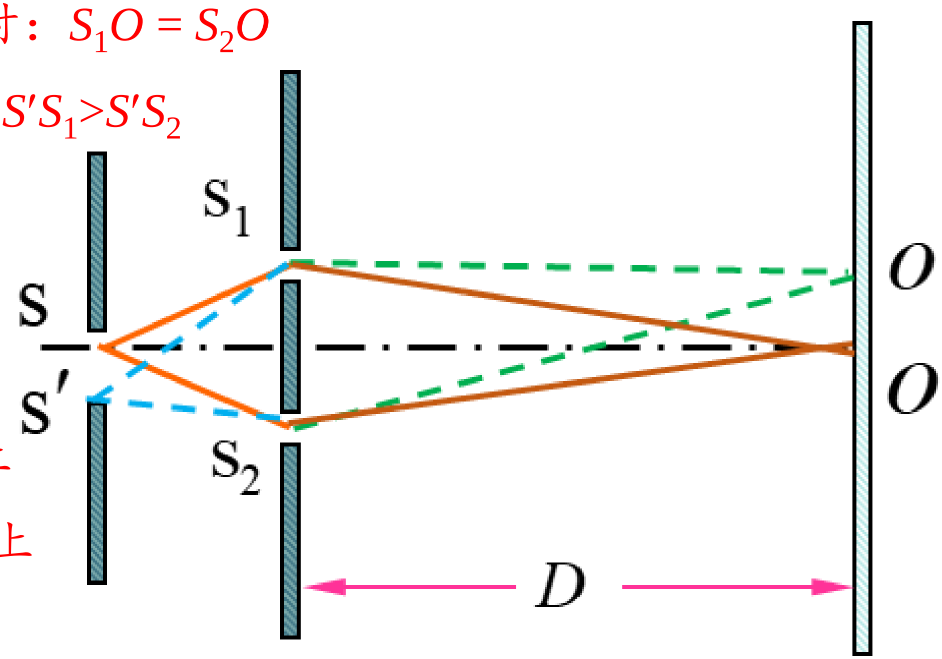
将光源从S点移动到S'后：$S'S_1\neq S'S_2$ 且 $S'S_1>S'S_2$

为了使S_1和S_2子光源的光程差：

$\Delta'= S'S_2+S_2O'-(S'S_1+S_1O')=0$

则需$S_2O' > S_1O'$，即O'需位于O的上方

此外，因为S1和S2的位置没有发生改变，屏上所有P点处的光程差的改变量都相等，所以屏上条纹间距不变。故选B

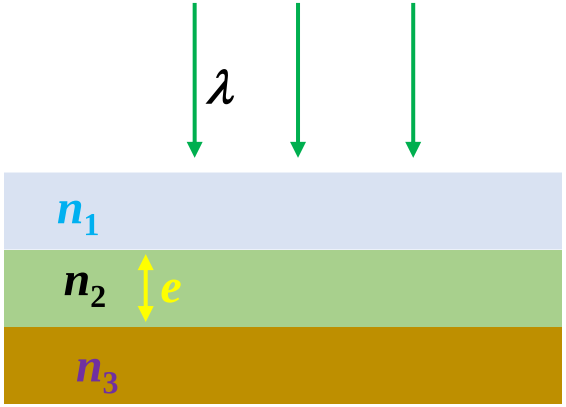


2. 如图所示，折射率为n_2、厚度为e的透明介质薄膜的上方和下方的透明介质的折射率分别为n_1和n_3，已知$n_1<n_2<n_3$。若用波长为λ的单色平行光垂直入射到该薄膜上，则从薄膜上、下两表面反射的光束的光程差是：

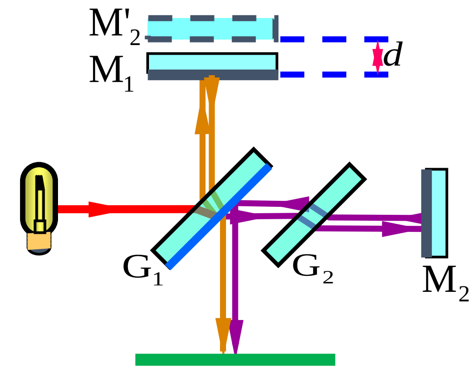
解析：如图所示：对于上表面发生的反射，由于$n_2>n_1$，所以发生发射时，会存在半波损失；对于下表面发生的反射，由于$n_3>n_2$，同样会发生半波损失。

所以上、下表面发生反射的相干光的光程差为：$2n_2e$

故选A



3. 在迈克尔逊干涉仪的一条光路中，放入一折射率为n，厚度为d的透明薄片，放入后，这条光路的光程改变了：



解析：如图所示：若在其中一个光路中放入折射率为n的介质，

每一条光路，光线都会来回2次，

光程的变化为：$\delta = 2\,(n\text{-}1)\,d$

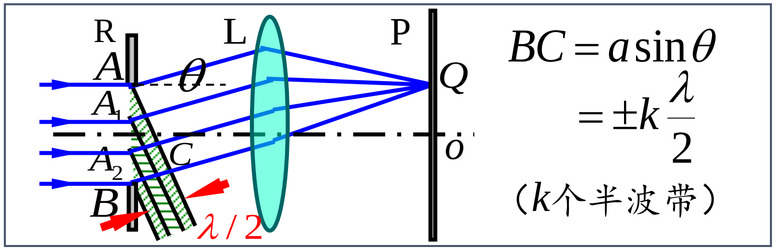
故选A

4. 在夫琅禾费衍射实验中，波长为λ的单色光垂直入射在宽度为$a = 4\lambda$的单缝上，对应于衍射角为30°的方向，单缝处波阵面可分成的半波带数目为：

解析：如图所示：由费单缝衍射：$a\sin\theta = 4\lambda\sin 30^\circ = 2\lambda$

即为4个半波带。

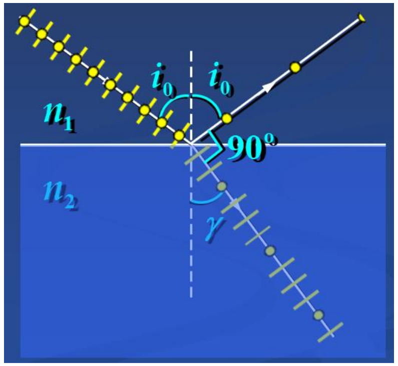
故选B



5. 自然光以60°的入射光照射到某两介质交界面时，反射光为完全线偏振光，则知折射光为：

解析：当以布儒斯特角$i_0 = 60°$入射时，反射光是垂直于入射面振动得完全线偏振光，而折射光为部分偏振光，且折射角为$90° - 60° = 30°$。

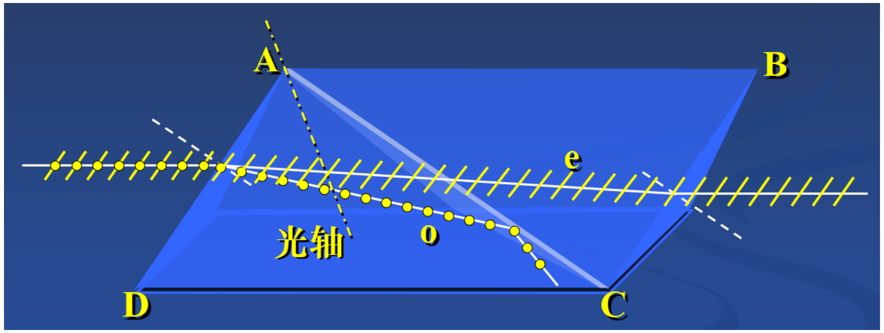
故选D



6. *ABCD*为一块方解石的一个截面，*AB*为垂直于纸面的晶体平面与纸面的交线。光轴方向在纸面内且与*AB*成一锐角θ，如图所示。一束平行的单色自然光垂直于*AB*端面入射。在方解石内折射光分解为*o*光和*e*光，*o*光和*e*光的：

解析：如图所示，由于光线是垂直入射的，此时光线的入射面和晶体关于该表面的主截面重合，因此寻常光*o*光和非寻常光*e*光的振动方向垂直，沿着不同方向传播。

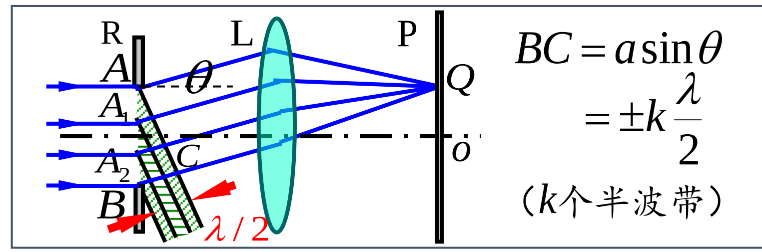
故选C



7. 波长为λ的单色平行光垂直入射到一狭缝上，若第一级暗条纹的位置对应的衍射角为：$\theta = \pm\pi/6$，则缝宽的大小为：

解析：如图所示，对于单缝衍射暗条纹的条件为：$a\sin\theta = \pm 2k\dfrac{\lambda}{2} = \pm k\lambda$ 干涉相消（暗纹）

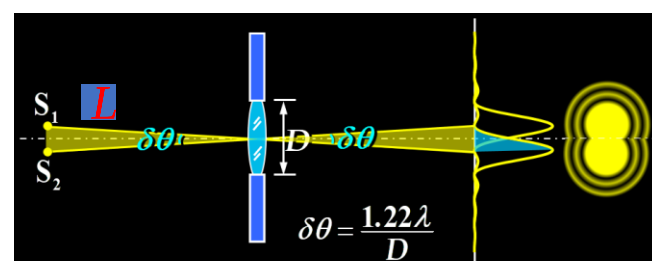
则对于第一个暗条纹为：$a\sin\theta_1 = \pm\lambda$　　即：缝宽的大小为：$a = 2\lambda$



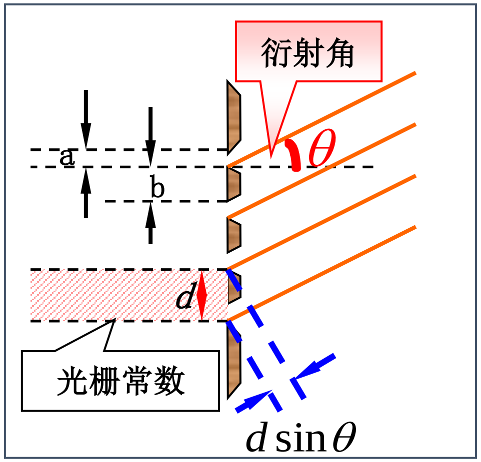
8. 若星光的波长按550 nm计算，孔径为127 cm的大型望远镜所能分辨的两颗星的最小角距离θ是：

解析：如图所示，对于圆孔衍射：由Rayleigh判据知：$\delta\theta = \dfrac{1.22\lambda}{D}$

即：$\theta \sim \delta\theta = 5.28\times10^{-7}\,rad$



9. 波长λ=550 nm的单色光垂直入射于光栅常数d=2×10^{-4} cm的平面衍射光栅上，可能观察到的光谱线的最大级次为：



解析：如图所示，由光栅衍射知：$d\sin\theta = \pm k\lambda$ 其中k=1, 2, 3…

则衍射的级次为：$k = \pm\dfrac{d\sin\theta}{\lambda} \le \pm\dfrac{d}{\lambda} = \pm 3.64$

所以可能观察到的最大的级次为3级。

10. 一束光强I_0的自然光，相继通过三个偏振片P_1、P_2、P_3后，出射光的光强为$I=I_0/8$。已知P_1和P_3的偏振化方向相垂直，若以入射光线为轴，旋转P_2，要使射出的光强为0，P_2最少要转过的角度是：

解析：首先：当P_2与P_1之间的夹角为45°时，最后射出的光强为：$I=I_0/8$

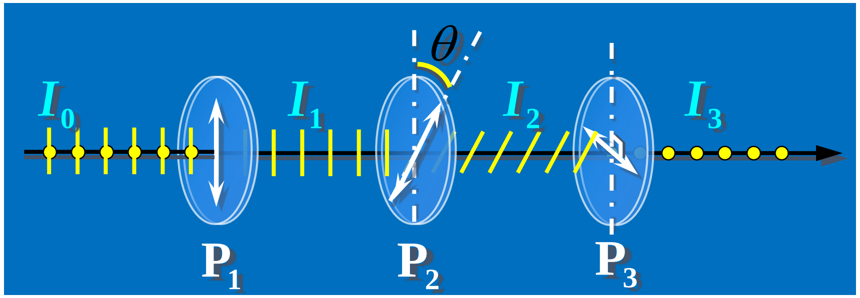
对于自然光通过P_1之后的光强为：$I_1 = \dfrac{I_0}{2}$ 。

透过P_1之后变成了线偏振光，

由马吕斯定律：$I_2 = I_1\cos^2\alpha$

得：$I_2 = \dfrac{I_0}{2}\cos^2\alpha = 0$

即：$\alpha = 90°$。所以至少要转过45°



11. 一衍射光栅，每厘米200条透光缝，每条透光缝宽为$a=2\times10^{-3}$cm，在光栅后放一焦距f=1 m的凸透镜，现以λ=600 nm的单色平行光垂直照射光栅，求:(1)透光缝a的单缝衍射中央明纹宽度为多少？(2)在该宽度内，有几个光栅衍射主极大？

解析：如图所示，光栅常数为：d =1/200 cm; 对中央明纹由：$a\sin\theta_1 \sim a\theta_1 = a\dfrac{x_1}{f} = \pm\lambda$

则线宽为：$2x_1 = 2f\lambda/a = 6$ cm。

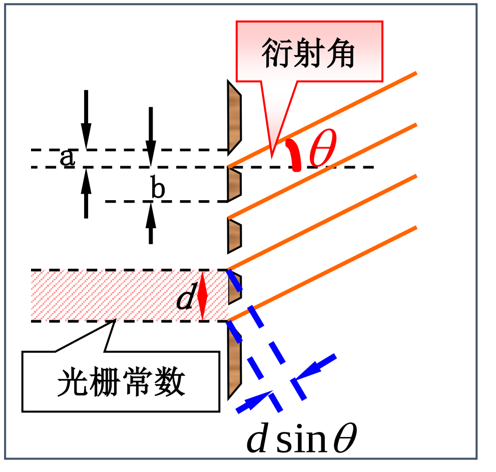
在此宽度范围内：$\theta \sim \tan\theta \sim \sin\theta = x_1/f = 0.03$ rad

由：$d\sin\theta = \pm k\lambda$ ，得：$k = d\sin\theta/\lambda = 2.5$

又因为出现缺级的位置为：$k = \dfrac{d}{a}k'$ ，$k' = 1,2,3\ldots$

中央明带内主极大的级数满足：$|k|<d/a=2.5$;

所以出现的主极大为：±2，±1，0，共5条。



12. 一束平行光垂直入射到某个光栅上，该光束有两种波长的光，λ_1=440 nm，λ_2=660 nm。实验发现，两种波长的谱线第二次重合于衍射角φ=60°的方向上。求此光栅的光栅常数d。

解析：如图所示，由光栅衍射明纹的条件为：$d\sin\theta = \pm k\lambda$，　其中$k$=1, 2, 3…

则对于λ_1波长的光：$d\sin\theta_k = \pm k\lambda_1$

对于λ_2波长的光：$d\sin\theta_{k'} = \pm k'\lambda_2$

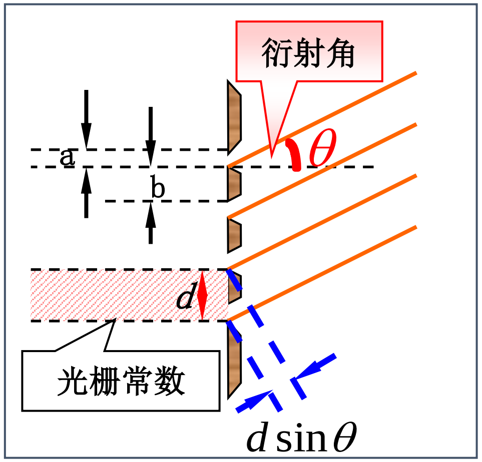
当谱线重合时：$\sin\theta_k = \sin\theta_{k'}$，　即：$k = \dfrac{3}{2}k'$，其中$k' = 1, 2, 3\ldots$

所以：当第一次重合时的条件为：k'=2，k=3;

第二次重合时的条件为：k'=4，k=6;

对于第二次重合时的衍射角为60°.

则：$d = \dfrac{k'\lambda_2}{\sin\theta_{k'}} = \dfrac{4\times 660}{\sin 60^\circ} = 3.05\times 10^{-6}\,m$



13. 有三个偏振片叠在一起，已知第一个与第三个的偏振化方向相互垂直。一束光强为I_0的自然光垂直入射在偏振片上，求第二个偏振片与第一个偏振片的偏振化方向之间的夹角为对大时，该入射光连续通过三个偏振片之后的光强为最大。

解析：首先：对于自然光通过P_1之后的光强为：$I_1 = \dfrac{I_0}{2}$ 。

透过P_1之后变成了线偏振光，由马吕斯定律：

$$I_2 = I_1 \cos^2\alpha = \frac{I_0}{2}\cos^2\alpha$$

当I_2通过P_3后： $I_3 = I_2 \cos^2(\dfrac{\pi}{2} - \alpha) = \dfrac{I_0}{2}\cos^2\alpha \cos^2(\dfrac{\pi}{2} - \alpha) = \dfrac{I_0}{8}\sin^2 2\alpha$

即当$\alpha = (2k+1)\pi/4$ 时，即π/4的奇数倍时，I_3最大为：

$$I_3 = \frac{I_0}{8}\sin^2 2\alpha = \frac{I_0}{8}$$