## 11-2

**解：**

已知光程差为$\delta = \lambda/3$，相位差

$$\Delta\varphi_{12} = \frac{\delta}{\lambda} \cdot 2\pi = \frac{2\pi}{3}.$$

设光在光屏的强度为$I$，则$P$点的光强

$$I_P = I + I + 2I\cos\Delta\varphi_{12} = I.$$

干涉相长达到最大光强时

$$I_{max} = I + I + 2I = 4I.$$

故$I/I_{max} = 1/4$.

## 11-3

**解：**

设液体的折射率为$n$.

在空气中，明条纹之间的距离

$$\Delta x = \frac{D}{d}\lambda.$$

液体中波长变为$\lambda/n$，

$$\Delta x' = \frac{D}{nd}\lambda.$$

由题意，$3\Delta x = 4\Delta x'$，解得

$$n = \frac{4}{3}.$$

## 11-7

**解：**

记厚度$h = 1.2 \times 10^{-7}$ m,折射率$n = 1.33$. 因干涉而加强的波长$\lambda$满足

$$2nh + \frac{1}{2}\lambda = k\lambda, k = 1, 2, \cdots.$$

整理出$\lambda$，代入数值，得

$$\lambda = \frac{319.2\ \text{nm}}{k - \frac{1}{2}}, k = 1, 2, \cdots.$$

当且仅当$k = 1$时，$\lambda$在可见光范围

$$\lambda = 638.4\ \text{nm}.$$

## 11-11

**解：**

设明纹之间的距离为$\Delta x$，之间空气劈尖厚度的变化$\Delta h = \theta\Delta x$，两明纹之间光程差为一个波长

$$2n\Delta h = \lambda.$$

整理得$\Delta x = \lambda/(2n\theta)$.已知$\lambda = 500.0$ nm.对于空气劈尖，$n_0 = 1$，$\Delta x_0 = \frac{250}{\theta}$ nm.对于充满液体的劈尖，$n = 1.40$，$\Delta x = \frac{1250}{7\theta}$ nm.劈棱处为暗纹，由题意，有$\left(4 + \frac{1}{2}\right)(\Delta x_0 - \Delta x) = 1.61$ mm，解得

$$\theta = 2.00 \times 10^{-4}\ \text{rad}.$$

## 11-13

**解：**

光程差的变化$\Delta\delta = 7\lambda$，设薄膜厚度为$h$，又有$\Delta\delta = 2nh - 2h$，解得

$$h = \frac{7\lambda}{2(n-1)},$$

代入数值得$h = 5.03\ \mu$m.

## 11-16

**解：**

### (1)

半径为$r$处空气薄膜的厚度

$$h = R - \sqrt{R^2 - r^2} \approx \frac{r^2}{2R}.$$

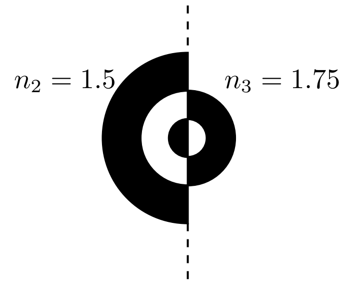
牛顿环中央为暗纹，第$k$个亮环处空气劈尖内产生的光程差为$\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda$，设第$k$级暗环的半径为$r_k$，由

$$\left(k - \frac{1}{2}\right)\lambda = 2\frac{r_k^2}{2R}$$

得$r_k = \sqrt{\left(k - \frac{1}{2}\right)R\lambda}$.

### (2)

折射率为$n_2 = 1.5$的一半在一个介面上产生半波损失，折射率为$n_3 = 1.75$的另一半上有两个介面产生半波损失，牛顿环图样由同心交错的明暗圆环变为接近下图所示：




## 11-17

**解：**

使用菲涅尔半波带法，暗纹的衍射角$\varphi$满足

$$a\sin\varphi = \pm 2k\frac{\lambda}{2}, k = 1, 2, 3, \cdots .$$

其中$k$是暗纹的级数.+3级暗条纹的衍射角$\varphi_3$满足

$$\sin\varphi_3 = \frac{3\lambda}{a}.$$

代入数值得$\sin\varphi_3 = 0.01$.正负三级暗纹之间的距离为

$$d = 2f\tan\varphi_3 \approx 2f\sin\varphi_3,$$

代入数值得$d = 0.008$ m.

## 11-19

**解：**

对于衍射角为$\varphi$，且$\varphi$很小的光，其最大光程差

$$\delta_{max} = a\sin\varphi.$$

中央明纹的角分布的边界对应的$\delta_{max}$为$\pm\lambda$，即$\sin\varphi_0 = \pm\frac{\lambda}{a}$，是第一级暗纹的位置.中央明纹的角宽度$\Delta\varphi_0 = 2\arcsin\frac{\lambda}{a} \approx \frac{2\lambda}{a}$，代入数值得

$$\Delta\varphi_0 = 5.46 \times 10^{-3}\ \text{rad} = 0.313°.$$

第$k$级暗纹的角位置$\varphi_{kd}$满足

$$a\sin\varphi_{kd} = \pm k\lambda.$$

第$k$级明纹的角宽度

$$\begin{aligned}\Delta\varphi_k &= \varphi_{(k+1)d} - \varphi_{kd} \\ &= \arcsin\frac{(k+1)\lambda}{a} - \arcsin\frac{k\lambda}{a} \\ &\approx \frac{\lambda}{a}, k = 1, 2, 3, \cdots .\end{aligned}$$

代入数值得$\Delta\varphi_k = 2.73 \times 10^{-3}$ rad $= 0.156°$.

中央明纹的线宽度

$$\Delta x_0 = f\Delta\varphi_0,$$

代入数值得$\Delta x_0 = 2.73$ mm.同理得第$k$级明纹的线宽度$\Delta x_k = 1.37$ mm.

## 11-20

**解：**

光栅常数

$$d = \frac{1\ \text{cm}}{1000} = 10^{-5}\ \text{m}.$$

第二级明条纹的衍射角$\varphi$满足

$$d\sin\varphi = \pm 2\lambda.$$

解得$\sin\varphi = \pm 2\lambda/d = 0.1$.记光栅到屏的距离为$D$，第二级明条纹到中央明条纹的距离为$x$，则有几何关系

$$x = D\tan\varphi = D\frac{\sin\varphi}{\sqrt{1-\sin^2\varphi}}.$$

代入数值得$x = 0.101$ m.

## 11-22

**解：**

两种光的明条纹的衍射角$\varphi_1$和$\varphi_2$满足

$$d\sin\varphi_1 = \pm k\lambda_1, k = 0, 1, 2, \cdots .$$

$$d\sin\varphi_2 = \pm k\lambda_2, k = 0, 1, 2, \cdots .$$

设两种波长的谱线除中央明纹外第二次重合的级数分别为$k_1$和$k_2$，那么有

$$k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2.$$

代入数值，得$2k_1 = 3k_2$.由于两种波长的谱线是除中央明纹外第二次重合，应有$k_1 = 6$，$k_2 = 4$.光栅常数

$$d = \frac{k_1\lambda_1}{\sin 60°}.$$

代入数值得$d = 3.048\ \mu$m.

## 11-24

**解：**

先考虑多缝干涉，光栅常数$d=(1/500)\ \mathrm{mm}=2\times10^{-6}\ \mathrm{m}$.相邻两缝衍射角为$\theta$的光线的光程差

$$\delta=d\left(\sin\varphi+\sin\theta\right).$$

其中$\varphi=30^\circ$.如题图所示，$\sin\theta$的取值范围是$(-1,1)$，对应$\delta$的取值范围是$\left(-\frac{1}{2}d,\frac{3}{2}d\right)$.由光程差和亮条纹级数的关系

$$\delta=k\lambda,k=0,\pm1,\pm2,\cdots$$

得$k$的取值范围是$\left(-\frac{d}{2\lambda},\frac{3d}{2\lambda}\right)$.同时有

$$\sin\theta=\frac{k\lambda}{d}-\frac{1}{2},k=0,\pm1,\pm2,\cdots. \tag{1}$$

代入数值得$k$的范围是$(-1.7,5.1)$.

设单条狭缝衍射产生的暗纹的衍射角为$\theta_d$，则有$a\left(\sin\varphi+\sin\theta_d\right)=k\lambda,k=0,\pm1,\pm2,\cdots$，即

$$\sin\theta_d=k\frac{\lambda}{a}-\frac{1}{2},k=0,\pm1,\pm2,\cdots. \tag{2}$$

令$\theta=\theta_d$，由(1)和(2)得

$$k=k_d\frac{d}{a}=2k_d.$$

其中$k$和$k_d$分别为多缝干涉的亮纹级数和单缝衍射的暗纹级数.当$k=2k_d,k_d=0,\pm1,\pm2,\cdots$时，发生缺级.

综上，最多能观察到$+5$级谱线，能观察到的谱线有$-1,0,+1,+3,+5$级谱线.

## 11-26

**解：**

设自然光的强度为$I$，线偏光的强度为$kI$.自然光经过偏振片后光强变为$I/2$.由题意有

$$\frac{I}{2}+kI=5\frac{I}{2},$$

解得$k=2$.线偏光强度占总强度的比例

$$\eta_k=\frac{k}{1+k}=\frac{2}{3}.$$

自然光占总强度的比例

$$\eta=\frac{1}{3}.$$

## 11-27

**解：**

设从第一块偏振片透射的偏振光的强度为$I_0$，则$I_1=I_0\cos^2 30^\circ=\frac{3}{4}I_0$.偏振化方向夹角变为$45^\circ$后，透射光强度$I_2=I_0\cos^2 45^\circ=\frac{1}{2}I_0$.比较得$I_2=\frac{2}{3}I_1$.

## 11-29

**解：**

光从水中射向玻璃而反射时，起偏角

$$i_1=\arctan\frac{1.50}{1.33}=48.4^\circ.$$

光从玻璃中射向水而反射时，起偏角

$$i_2=\arctan\frac{1.33}{1.50}=41.6^\circ.$$