***电磁感应：**

1. 截流长直导线激发的磁场：$B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi d}$，载流直螺线管、绕环内磁场：$B=\mu_0 nI=\dfrac{\mu_0 NI}{l}$
2. 法拉第电磁感应定律：$\mathcal{E}_i=-\dfrac{d\Phi}{dt}$。通过回路所包围面积的磁通量发生变化时，回路中产生的感应电动势$\mathcal{E}_i$与磁通量对时间的变化率成正比。

Ex.12-4：两平行导线的平面内，有一矩形线圈，如导线中电流 I 随时间变化，试计算线圈中的感生电动势。
解：

$$B_{\forall}=\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{x}=f(x),dS=l_1dx,d\Phi=BdS=(B_1-B_2)dS=\frac{\mu_0}{2\pi}\left(\frac{I}{d_1+x}-\frac{I}{d_2+x}\right)l_1dx$$

$$\Phi=\int d\Phi=\frac{\mu_0}{2\pi}l_1\int_0^{l_2}\left(\frac{I}{d_1+x}-\frac{I}{d_2+x}\right)dx=\frac{\mu_0 l_1 I}{2\pi}\left(\ln\frac{d_1}{d_1+l_2}-\ln\frac{d_2}{d_2+l_2}\right)$$

$$\mathcal{E}=-\frac{d\Phi}{dt}=\frac{\mu_0 l_1}{2\pi}\left(\ln\frac{d_2+l_2}{d_2}-\ln\frac{d_1+l_2}{d_1}\right)\frac{dI}{dt}$$

3. 自感：$L=\dfrac{\Psi}{I}=N\cdot\mu_0 nS=n^2\mu_0 V=\mu_0\dfrac{N^2}{l}S$，其中 Ψ 是全磁通：$\Psi=n\Phi$

Ex. 12-17：在长为 60cm，直径为 0.5cm 的空心纸筒上多少匝线圈才能得到自感系数为 6×10^{-3}**H** 的线圈？

解：$L=\dfrac{\Psi}{I}=N\cdot\mu_0 nS=n^2\mu_0 V=\mu_0\dfrac{N^2}{l}S\Rightarrow N=\sqrt{\dfrac{Ll}{\mu_0\pi R^2}}=1200$

4. 自感电动势：$\mathcal{E}_L=-L\dfrac{dI}{dt}=-\dfrac{d\Psi}{dI}\cdot\dfrac{dI}{dt}=-\dfrac{d\Psi}{dt}$

Ex.求长直螺线管的自感电动势

思路：$B\rightarrow\Phi\rightarrow\Psi\rightarrow L\rightarrow\mathcal{E}_L$

$$B=\mu_0 ni,\Phi=BS=\mu_0 ni\cdot S,\Psi=N\cdot\Phi=N\cdot\mu_0 niS,L=N\cdot\mu_0 nS=n^2\mu_0 V,\mathcal{E}_L=-L\frac{di}{dt}$$

5. 互感：$M_{21}=\dfrac{\Psi_{21}}{i_1}$，$\Psi_{21}$ 表示第一个线圈在第二个线圈中产生的全磁通

6. 互感电动势：$\mathcal{E}_{21}=-M_{21}\dfrac{dI_1}{dt}=-\dfrac{d\Psi_{21}}{di_1}\cdot\dfrac{dI_1}{dt}=-\dfrac{d\Psi_{21}}{dt}$

Ex. 12-19 圆形线圈 A 由 50 匝绕线绕成，其面积为 4cm^2，放在另一匝数为 100 匝，半径为 20cm 的圆形线圈 B 的中心，两线圈共轴，设线圈 B 中的电流在线圈 A 所在处所激发的磁场可看做是均匀的。求（1）两线圈的互感（2）若线圈 B 中的电流以 50A/s 的变化率减少时，线圈 A 中磁通量的变化率（3）线圈 A 中的感生电动势。

解：

$$(1).M=\frac{\Psi_{AB}}{I_B}=\frac{N_A B S_A}{I_B}=N_A N_B\left(\frac{\mu_0}{2R_B}\right)S_A=6.28\times10^{-6}\,\mathrm{H}$$

$$(2).\frac{d\Psi}{dt}=M\frac{dI_B}{dt}=3.14\times10^{-4}\,\mathrm{V}\quad(3).\mathcal{E}_L=\left|\frac{d\Psi}{dt}\right|=3.14\times10^{-4}\,\mathrm{V}$$

7. 自感磁能（知道即可）：$W_m=\frac{1}{2}LI^2$

8. 磁能密度：单位体积磁场所具有的能量。$w_m=\frac{B^2}{2\mu_0}=\frac{1}{2}\mu H^2=\frac{1}{2}BH$

Ex. 12-27 有一段 10 号铜线，直径为 2.54mm，单位长度电阻为$3.28\times10^{-3}\,\Omega/\mathrm{m}$ ，在着同线上载有 10A 电流，计算铜线表面磁能密度多大。

解：

$$\oint_L \vec{B}d\vec{l}=\mu_0\sum I=B2\pi R\Rightarrow B=\frac{\mu_0 I}{2\pi R},w_m=\frac{B^2}{2\mu_0}=0.987\,\mathrm{J/m^3}$$

***电磁波：**

1. *电磁波的性质：
   a) 电磁波的电场 $\vec{E}$ 和磁场 $\vec{H}$ 都垂直于波的传播方向，三者相互垂直，所以电磁波是横波。$\vec{E}$ 、$\vec{H}$ 和波的传播方向构成右手螺旋关系，即 $\vec{E}$ 向 $\vec{H}$ 转动，其右手螺旋的前进方向即为波的传播方向。
   b) 沿给定方向传播的电磁波，$\vec{E}$ 和 $\vec{H}$ 分别在各自平面内振动，这种特性称为偏振。
   c) $\vec{E}$ 和 $\vec{H}$ 都在做同相周期性变化，而且位相相同，即同时达到最大同时减到最小。
   d) *任一时刻，在空间内任意一点，$\vec{E}$ 和 $\vec{H}$ 在量值上的关系为：
      i. $*\sqrt{\varepsilon}E=\sqrt{\mu}H$ ii. $*\sqrt{\varepsilon_r\varepsilon_0}E=\sqrt{\mu_r\mu_0}H$ iii. $*E=uB$
   e) 电磁波的传播速度为：$*u=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_r\varepsilon_0\mu_r\mu_0}}$；$c_0=\frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0\mu_0}}=n\cdot u$
2. 电磁波能量密度：$w=w_e+w_m=\varepsilon_0E^2$
3. 电磁波能流密度：单位时间通过与传播方向垂直的单位面积的能量。(定义了解)
   a) 矢量式：$\vec{S}=\vec{E}\times\vec{H}$ （说明电磁波性质 a）[瞬时值]
4. *能流密度一周期内的平均值（波强）：
   a) $I=\overline{S_{1T}}=EH=wc=c\varepsilon_0\overline{E^2_{1T}}=c\varepsilon_0E^2_{ms}=\frac{1}{2}c\varepsilon_0E_0^2$，最后的等号中的 E_0 表示峰值

****Ex.13-2*** 设有一平面电磁波在真空中传播，电磁波通过某点时，该点的 $E = 50\text{V/m}$，求该时刻点的 B 和 H 的大小，以及电磁能量密度 w 和能流密度 S 的大小。
解：

$$\because B = \mu_0 H, \sqrt{\varepsilon_0}E = \sqrt{\mu_0}H, c_0 = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$$

$$\therefore B = \frac{E}{c} = \frac{50}{3\times 10^8}\text{T} = 1.67\times 10^{-7}\text{T}, H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{1.67\times 10^{-7}}{4\pi\times 10^{-7}}\text{A/m} = 0.134\text{A/m}$$

$$\therefore w = \varepsilon_0 E^2 = 8.85\times 10^{-12}\times 50^2\text{J/m}^3 = 2.21\times 10^{-8}\text{J/m}^3$$

$$\therefore S = EH = 50\times 0.134\text{J/(m}^2\cdot\text{s)} = 6.7\text{J/(m}^2\cdot\text{s)}$$

****Ex.13-3*** 某广播电台的平均辐射功率为 $\overline{P} = 15\text{kW}$，假定辐射出来的能流均匀地分布在以电台为中心的半个球面上 （1）求在离电台为 $r = 10\text{km}$ 处的能流密度；（2）在 $r = 10\text{km}$ 处一个小的空间范围内电磁波可看做平面波，求该处电场强度和磁场强度的幅值。
解：

$$(1).\overline{S} = \frac{\overline{P}}{2\pi r^2} = \frac{15\times 10^3}{2\pi\times\left(10\times 10^3\right)^2}\text{J/(m}^2\cdot\text{s)} = 2.39\times 10^{-5}\text{J/(m}^2\cdot\text{s)}$$

$$(2).E_0 = \sqrt{\frac{2\overline{S}}{\varepsilon_0 c}} = 0.134\text{V/m}, H_0 = \sqrt{\frac{2\overline{S}}{\mu_0 c}} = 4.47\times 10^{-8}\text{A/m}$$

****Ex. 13-11**.* 有一氦-氖激光管，它所发射的激光功率 10mW。设发出的激光为圆柱形光束，圆柱截面的直径为 2mm，试求激光的最大电场强度 E_0 和磁感应强度 B_0。

解：

$$\overline{S} = \frac{4\overline{P}}{\pi D^2} = \frac{4\times 10\times 10^{-3}}{\pi\times\left(2\times 10^{-3}\right)^2}\text{J/(m}^2\cdot\text{s)} = 3.18\times 10^3\text{J/(m}^2\cdot\text{s)}$$

$$E_0 = \sqrt{\frac{2\overline{S}}{\varepsilon_0 c}} = \sqrt{\frac{2\times 3.18\times 10^3}{8.85\times 10^{-12}\times 3\times 10^8}}\text{V/m} = 1.55\times 10^3\text{V/m}, B_0 = \frac{E_0}{c} = 5.17\times 10^{-6}\text{T}$$

Ex. 13-12 一雷达发射装置发射出一圆锥形的辐射束，而辐射能量均匀分布在锥内各个方向，圆锥立体角为 0.01sr，距发射装置 1km 处电场强度的最大值为 10V/m。求（1）磁场强度的最大值 H（2）这圆锥体内的最大辐射功率。
解：

$$(1).\sqrt{\varepsilon_0}E = \sqrt{\mu_0}H \Rightarrow H = \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}}E = 2.65\times 10^{-2}\text{A/m}$$

$$(2).S_{\max} = EH = E^2\sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}} = 2.6510^{-1}\text{W/m}^2$$

光的偏振：

1. 马吕斯定理：如果入射线偏振光的光强为 I_1，透射光的光强 $I_2 = I_1 \cos^2 \alpha$
2. 起偏振角：当入射角 i 为某一特定角度时，反射光中只有垂直于入射面的振动，平行于入射面的振动为零，这时的反射光为完全偏振光。自然光以 i_B 入射到两种介质的分界面上时，反射光和折射光互相垂直。$i_B + r = 90°$，$\tan i_B = \frac{n_2}{n_1}$

**光的干涉：

1. 杨氏双缝干涉：$\underbrace{\Delta x}_{\text{明纹间距}} = \overset{\text{波长}}{\lambda}\,\frac{D \leftarrow \text{缝到屏的距离}}{d \leftarrow \text{双缝之间的距离}}$

   a) 明纹位置：$x = \pm k\frac{D\lambda}{d}$　　b) 暗纹位置：$x = \pm\left(2k+1\right)\frac{D\lambda}{2d}$

Ex. 杨氏试验中，采用加油蓝绿色滤光片的白光光源，其波长范围为 $\Delta\lambda = 100nm$，平均波长为 490nm，试估算从第几级开始，条纹将变得无法分辨。
解：

设蓝绿光的波长范围为 $\lambda_2 - \lambda_1 = \Delta\lambda = 100\text{nm}, \frac{1}{2}\left(\lambda_1 + \lambda_2\right) = \lambda = 490\text{nm}$

相应于 λ_2 和 λ_1，杨氏双缝干涉中 k 级明纹的位置分别为：$x_1 = k\frac{D}{d}\lambda_1, x_2 = k\frac{D}{d}\lambda_2$

因此，k 级干涉条纹所占宽度为：$x_2 - x_1 = k\frac{D}{d}\left(\lambda_2 - \lambda_1\right) = k\frac{D}{d}\Delta\lambda$

显然，当宽度大于或等于相应与平均波长 λ 的条纹间距时，干涉条纹变得模糊不清：

$k\frac{D}{d}\Delta\lambda \geqslant \frac{D}{d}\lambda \Rightarrow k \quad \frac{\lambda}{\Delta\lambda} = 4.9$，故第五级条纹开始，干涉条纹变的无法分辨。

Ex. 14-2 用很薄的云母片（n=1.58）覆盖在双缝之一，这时屏幕的零级暗纹移动到原来的第七级暗纹的位置上，入射光波长为 550nm，求云母片的厚度。

解：　$\delta = r_2 - r_1 = 7\lambda, \delta' = r_2 - \left[r_1 + ne - e\right] = 0, e = \frac{7\lambda}{n-1} = 6.64$ μm

2. 半波损失：光从光疏介质向光密介质传播时，在界面发生反射现象时，有半波损失。
3. 光的相位差：$\varphi = 2\pi\frac{\delta}{\lambda}$
4. **薄膜干涉：$\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$

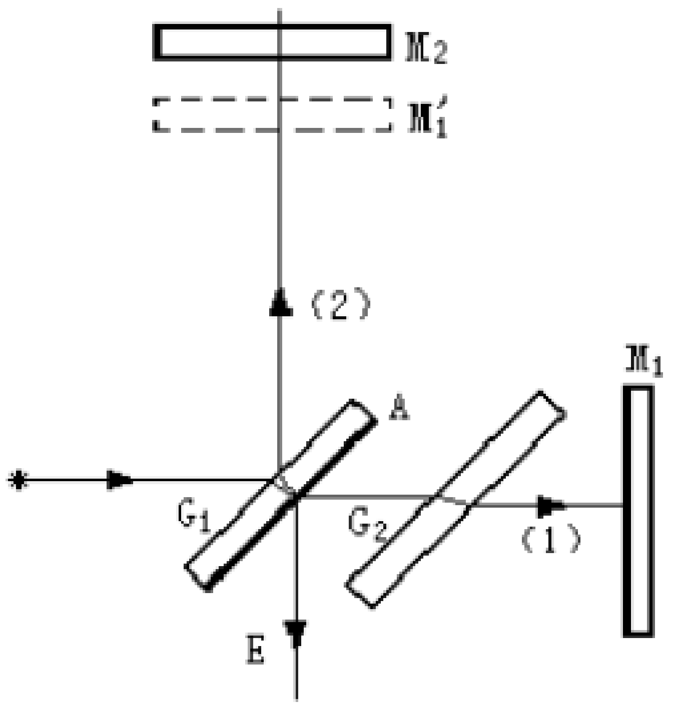
   a) 说明 1：等倾干涉恒成立，对于垂直入射或接收到的光线很少时的等厚干涉亦成立。

   b) 说明 2：涉及到的 $\frac{\lambda}{2}$ 均为半波损失的补充波长。根据实际判断是否加上 $\frac{\lambda}{2}$。

   c) 垂直入射时，$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$

   d) $\delta = k\lambda$ 为加强区，出现明纹。$\delta = \left(2k+1\right)\frac{\lambda}{2}$ 为减弱区，出现暗纹。

5. 麦克尔逊干涉仪



a) 干涉薄膜：M_2和M_1'

b) M_1与M_2垂直时发生等倾干涉，圆条纹

c) M_1与M_2不垂直时发生等厚干涉，线条纹

d) M_2可移动，每移动$\dfrac{\lambda}{2}$，δ变化λ

e) $$\underset{M_2\text{移动的距离}}{d} = \overset{\text{视点移动过的条纹数}}{N}\cdot\frac{\lambda}{2}$$

Ex. 14-15 M_2移动 0.3220mm 时，测得某单色光的条纹移动过 N=1204 条，求波长。

解：$$d = N\cdot\frac{\lambda}{2} \Rightarrow \lambda=\frac{2d}{N} = \mathbf{534nm}$$

Ex.14-5 一平面单色光波垂直照射在厚度均匀的薄油膜上，油膜覆盖在玻璃板上，所用单色光的波长可以连续变化，观察到 500nm 和 700nm 这两个波长的光在反射中消失，油的折射率为 1.30，玻璃的折射率为 1.50，试求油膜的厚度。

解：

$$\delta_{ab} = 2ne = (2k+1)\frac{\lambda_{500}}{2} \Rightarrow e = \frac{(2k+1)\times 500}{2\times 1.30\times 2}\text{nm} = \frac{1250}{13}(2k+1)\text{nm}$$

$$\delta_{ab}' = 2ne = (2k+1)\frac{\lambda_{700}}{2} = \left[2(k+1)+1\right]\frac{\lambda_{700}}{2} \Rightarrow e = \frac{1750}{13}(2k+3)\text{nm}$$

$$\frac{1250}{13}(2k+1) = \frac{1750}{13}(2k+3) \Rightarrow k=-4, e = 6.73\times 10^{-4}\text{mm}$$

Ex.14-6 白光垂直照射在空气厚度为$\mathbf{0.4\mu m}$的玻璃片上，玻璃的折射率为 1.50，试问在可见光范围内（λ=400～700nm），那些波长的光在反射中增强，那些波长的光在透射中增强。

解：$$(1)\delta_{ab} = 2ne+\frac{\lambda}{2} = k\lambda \Rightarrow 400\leqslant\frac{4ne}{2k-1}\leqslant 700, (k=1,2,3\cdots) \Rightarrow k=3, \lambda = 480\text{nm}.$$

当反射减弱时，透射增强，则：

$$(2)\delta_{ab} = 2ne+\frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \Rightarrow 400\leqslant\frac{2ne}{k}\leqslant 700, (k=1,2,3\cdots)$$

$$\Rightarrow k=2, \lambda=600\text{nm}, k=3, \lambda = 400\text{nm}$$

***Ex. 3-21** 在制作珠宝时，为了使人造水晶（n=1.5）具有强反射本领，就在其表面上镀一层一氧化硅（n=2.0），要使波长为 560nm 的光强烈反射，这镀层至少应为多厚。

解：$$\delta_{ab} = 2ne+\frac{\lambda}{2} = k\lambda \Rightarrow e\geqslant\frac{(2k-1)\lambda}{4n} \Rightarrow k=1, e_{min} = 70\text{nm}.$$

Ex. 3-23 白光照射到 n=1.33 的肥皂泡上，若从 45° 角方向观察薄膜呈现绿色（500nm），试求薄膜的最小厚度。若从垂直方向观察，肥皂泡正面呈现什么颜色？

解：

$$\delta_{ab}=2e\sqrt{n_2^2-n_1^2\sin^2 i}+\frac{\lambda}{2}=k\lambda\Rightarrow e\geqslant\frac{1}{2.253}\left(k-\frac{1}{2}\right)\lambda\overset{k=1}{=}111\text{nm}$$

$$\delta'_{ab}=2ne+\frac{\lambda}{2}=k\lambda\Rightarrow 400\leqslant\frac{4ne}{2k-1}\leqslant\text{黄色}\ 700\Rightarrow k=1,\lambda=590\text{nm}(\quad)$$

*****光的衍射：**

1. 惠根斯-菲涅尔原理：在光的传播过程中，从同一波面上各点发出的子波，经传播而在空间某点相遇时，产生相干叠加。
2. 单缝衍射：
   a) 垂直入射时，$a\sin\theta=k\lambda$ 时，出现**暗**条纹。
   b) 垂直入射时，$a\sin\theta=(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$ 时，出现**明**条纹。
   c) 当 $\theta=0^\circ$ 时，对应零级明纹中心，也是几何像中心。90%的能量集中于此。
   d) 应用：光栅缺级出现在 $k\lambda$

Ex. 14-16 有一单缝，宽 a=0.10mm，在缝后放一焦距为 50cm 的会聚透镜，用平行绿光（$\lambda=546.0\text{nm}$）垂直照射单缝，求位于透镜焦面处的屏幕上的中央明纹及第二级明纹宽度。

解：

（1）两个第一级暗纹中心间距即为中央明纹宽度，利用 $a\sin\theta_1=\lambda$ 得：$\sin\theta_1\approx\theta_1=\dfrac{\lambda}{a}$。

则：$\Delta x=2D\tan\theta_1\approx 2D\theta_1=\dfrac{2\lambda D}{a}=\dfrac{2\times5.46\times5\times10^{-2}}{0.10}\text{mm}=5.46\text{mm}$

（2）第二级暗纹中心和第三级暗纹中心即为第二级明纹宽度，为中央暗纹宽度一半

则：$\Delta x=D\tan\theta_1\approx D\theta_1=\dfrac{\lambda D}{a}=\dfrac{5.46\times5\times10^{-2}}{0.10}\text{mm}=2.73\text{mm}$

Ex. 4-1 在一单缝夫琅禾费衍射试验中，缝宽 $a=5\lambda$，缝后透镜焦距 $f=40\text{cm}$，试求中央条纹和第一级亮纹的宽度。

解：

$$a\sin\theta_1=\lambda\Rightarrow\theta_1\approx\sin\theta_1=0.2$$
$$x_1=f\tan\theta_1\approx0.2f=8\text{cm};x_2=f\tan\theta_2\approx2\times0.2f=16\text{cm}$$
$$\therefore\Delta x_0=2x_1=16\text{cm};\Delta x_1=x_2-x_1=8\text{cm}$$

3. 圆孔衍射：
   a) 第一级暗环内的爱利斑的占有 98%的光能
   b) 爱利斑的圆心就是象点
   c) *第一级暗环的衍射角 θ_1 满足：$\theta_1\approx\sin\theta_1=1.22\dfrac{\lambda}{D}$
   d) 光学仪器的最小分辨角 θ_R 满足：$\theta_R=\theta_1\approx1.22\dfrac{\lambda}{D}$

Ex. 14-24 在迎面驶来的汽车上，两盏前灯相距 1.2m，试问汽车离人多远的地方，眼睛才能分辨这两盏前灯？假设夜间人瞳孔直径为 5.0mm，入射光波长 $\lambda = 550.0\text{nm}$

解： $\theta_R = 1.22\dfrac{\lambda}{D} = 1.342\times10^{-4}\text{rad}, \tan\theta_R = \dfrac{1.2}{x} = 1.342\times10^{-4} \Rightarrow x = 8.94\text{km}$

Ex. 14-25 已知天空中两颗星相对于一望远镜的角距离为 $4.84\times10^{-6}\text{rad}$，由他们发出的光波波长为 $\lambda = 550.0\text{nm}$，望远镜物镜的口径至少要多大，才能分辨出这两颗星？

解： $\theta_R = 1.22\dfrac{\lambda}{D} = 4.84\times10^{-6}\text{rad} \Rightarrow D = 13.9\text{cm}$

Ex. 14-27 已知地球到月球的距离是 $3.84\times10^{8}\text{m}$，设来自月球的光的波长为 600nm，若在地球上用物镜直径为 1m 的一天文望远镜观察时，刚好月球正面一环形山上的两点分辨开，则该两点的距离为多少？

解： $\tan\theta_R = \dfrac{x}{3.84\times10^{8}} = 1.22\dfrac{\lambda}{D} \Rightarrow x = 281\text{m}$

Ex. 14-28 一直径为 2mm 的氦氖激光束射向月球表面，其波长为 632.8nm。已知月球和地面的距离为 $3.84\times10^{8}\text{m}$，试求（1）在月球航得到的光斑直径有多大？（2）如果这激光束经扩束器扩展为直径为 2m，则月球表面上得到的光斑直径为多大？在激光测距仪中，通常采用激光扩束器，这是为什么？

解：

$$(1)\ \tan\theta_R = \frac{r}{3.84\times10^{8}} = 1.22\frac{\lambda}{D} \Rightarrow d = 2r = 2\times148\text{km} = 296\text{km}$$

$$(2)\ \tan\theta_R' = \frac{r'}{3.84\times10^{8}} = 1.22\frac{\lambda}{D'} \Rightarrow d' = 2r' = 2\times148\text{m} = 296\text{m}$$

光斑变小，易于测量。

Ex. 4-10 据说间谍卫星上的照相机能清楚识别地面上汽车的牌照号码。(1) 如果需要识别的拍照上的字划间距为 5cm，在 160km 高空的卫星上的照相机角分辨率应多大。(2) 此照相机的孔径需要多大？光的波长按 500nm 计。

解：

$$(1)\ \theta_R = \frac{5\times10^{-2}}{1.6\times10^{5}} = 3.125\times10^{-7}\text{rad}$$

$$(2)\ \tan\theta_R' = 3.125\times10^{-7}\text{rad} = 1.22\frac{\lambda}{D} \Rightarrow D = 1.952\text{m}$$

4. 光栅

a) *平行光垂直入射时光栅方程： $(a+b)\sin\theta = k\lambda, k = 0, \pm1, \pm2\cdots$

i. 上式决定各级亮谱线（主极大）的角位置。

ii. 在复色光入射时，零级谱线无色散，其余各级不同波长单色光出现在不同位置。

iii. 每一级都有一组谱线。

Ex. 14-19 一光栅，宽为 2.0cm，共有 6000 条缝，如用钠光（589.3nm）垂直入射，在哪些角度出现光强极大？

解：

$$a+b=\frac{2.0\times10^{-2}}{6000},(a+b)\sin\theta=k\lambda,k=0,\pm1,\pm2\cdots$$

$$\sin\theta=\frac{k\lambda}{a+b}=0.1768k,k=0,\pm1,\pm2\cdots$$

k	0	±1	±2	±3	±4	±5	±6
$\sin\theta$	0	0.1768	2×0.1768	3×0.1768	4×0.1768	5×0.1768	>1
θ	0	$\pm18^\circ$	$\pm20.71^\circ$	$\pm32^\circ$	$\pm45^\circ$	$\pm62.12^\circ$	——

Ex. 14-20/14-7 已知一个每厘米刻有 4000 条缝的光栅，利用这个光栅可以产生多少个完整的可见光谱？那一级光谱中的哪个波长的光开始和其他谱线重叠？（$\lambda=400$ 760nm）

解：（1）$\frac{k\lambda_{760}}{a+b}<\frac{(k+1)\lambda_{400}}{a+b}\Rightarrow,k=1$，则只有一个完整的可见光谱。

(2)$(k+1)\lambda'=k\lambda_{400}\stackrel{k=2}{\Rightarrow}\lambda'=\frac{3}{2}\lambda_{400}=600\text{nm}$，从第二级光谱中的 600nm 开始重叠。

b) 平行光以 θ' 斜射时光栅方程：$(a+b)(\sin\theta-\sin\theta')=k\lambda,k=0,\pm1,\pm2\cdots$

Ex. 14-8 用每毫米刻有 500 条纹的光栅，观察钠光谱线（$\lambda=589.3\text{nm}$），问平行光垂直入射时，最多看到第几级条纹，总共有多少条条纹。以 30° 角入射时呢？

解：垂直入射时：

$(a+b)\sin\theta=k\lambda\xrightarrow{k_{\max}\Leftrightarrow\sin\theta_{\max}=1}k=\frac{a+b}{\lambda}\sin\theta\Rightarrow k=3.4$ 能看到第三级条纹，7 条

以 30° 入射时，设从上方看到的最大级数为 $k_1,\theta=90^\circ$，从下方为 $k_2,\theta=-90^\circ$

$$k_1=\frac{(a+b)(\sin90^o-\sin30^o)}{\lambda}=1.70,k_2=\frac{(a+b)(\sin-90^o-\sin30^o)}{\lambda}=5.09$$

所以能看到 $k_1+k_2+1=7$ 条明纹，最多从下方看到第五级明条纹。

c) 谱线光强受单缝衍射的阈制，缺级条件：$k=\frac{(a+b)}{a}k',k'=1,2,3\ldots$

Ex. 14-21 波长 600nm 的单色光垂直入射在一光栅上，第二级明条纹分别出现在 $\sin\theta=0.2$ 处，第四级缺级。（1）光栅上相邻两缝的间距有多大？（2）光栅上狭缝可能的最小宽度 a 有多大？（3）按上述选定的 a,b 值，光屏上可能观察到的全部级数是多少？

解：

$$(1).(a+b)\sin\theta = k\lambda \Rightarrow a+b = \frac{k\lambda}{\sin\theta} = 6\ \mu m$$

$$(2).\frac{a+b}{a} = 4 \Rightarrow a = 1.5\ \mu m$$

$$(3).k_{\max} = \frac{(a+b)\sin 90^{o}}{\lambda} = \pm 10$$

逢 4 缺级，$\pm 4, \pm 8$ 观察不到，$\theta = 90^{o}, \pm 10$ 级观察不到共 $20+1-2-4=15$ 级

d) 光栅的分辨本领：$R = kN = \dfrac{\overline{\lambda}}{\lambda_2 - \lambda_1} = \dfrac{\overline{\lambda}}{\Delta\lambda}$

Ex. 4-5 用每毫米内有 500 条缝的光栅，观察钠光谱线。（1）光线以 30° 角入射光栅时，谱线的最高级次是多少？并与垂直入射时比较。（2）若在第三级谱线处恰能分辨出钠双线，光栅必须有多少条缝？（钠双线 $\lambda_1 = 589.0\text{nm}, \lambda_2 = 589.6\text{nm}$）

解 （1）斜入射比垂直入射相比，可以看到更高级次的谱线：

$$k = \frac{(a+b)(\sin\theta - \sin i)}{\lambda} \Rightarrow \theta = -90^{o}, k_{\max} = 5.1; i = 0, \theta = 90^{o}, k = 3.4$$

（2）$R = kN = \dfrac{\overline{\lambda}}{\Delta\lambda} \Rightarrow N = \dfrac{\overline{\lambda}}{\Delta\lambda}\dfrac{1}{k} = \dfrac{589.3}{0.6} \times \dfrac{1}{3} = 327$

5. X 射线衍射时亮点的布拉格公式：$2d\sin\varphi = k\lambda, k = 1,2,3\cdots$

Ex. 4-26 若 $\varphi = 45^{o}$,入射 X 射线包含有从 0.095nm 到 0.130nm 这一波带中的各种波长。已知晶格常数 d=0275nm，问是否会有干涉加强的衍射 X 射线产生？如果有，这种 X 射线波长如何？

解：$2d\sin\varphi = k\lambda \Rightarrow 0.095\text{nm} \leqslant \dfrac{2d\sin\varphi}{k} \leqslant 0.130\text{nm} \Rightarrow k = 3\ 4 \quad \lambda = 0.130\text{nm}\ 0.097\text{nm}$