光学期中小结

1. 几何光学

（1） 光线的实验定律：

（i） 均匀媒质中，光沿直线传播。

（ii） 反射定律 $i' = i$。

（iii） 折射定律 $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$ 。

（iv） 反射光线、折射光线均在由**入射光线**和入射点处界面的**法线**构成的**入射面**内；且与入射光线分别处在法线的两侧。

（2） 光线的成像定理：在做了符号约定的前提下，物像之间的对应关系。

（i） 单折射球面：$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n'-n}{r}$，$\Phi = \frac{n'-n}{r}$ 为折射面的**光焦度**；横向放大率 $\beta = -\frac{n}{n'}\frac{s'}{s}$。

（ii） 单反射球面：$\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} = \frac{-2}{r}$，$\Phi = \frac{-2n}{r}$ 为反射面的光焦度；横向放大率 $\beta = -\frac{s'}{s}$。

（iii） 单薄透镜：$\frac{n}{s} + \frac{n'}{s'} = \frac{n_L - n}{r_1} + \frac{n' - n_L}{r_2}$，$\Phi = \frac{n_L - n}{r_1} + \frac{n' - n_L}{r_2}$ 为薄透镜的光焦度；横向放大率 $\beta = -\frac{n}{n'}\frac{s'}{s}$。

（iv） **物方焦距** $f = \frac{n}{\Phi}$，**像方焦距** $f' = \frac{n'}{\Phi}$；**高斯公式** $\frac{f}{s} + \frac{f'}{s'} = 1$。

（v） 球面半径 $r = \infty$，成为平面，平面的光焦度 $\Phi = 0$。

（vi） 光具组成像：逐次成像，递推公式 $s_2 = d_{12} - s_1'$；物像之间距离（设共有 m 次成像）$\Delta = s_1 + d_{1m} + s_m'$

2. 光的波动模型

（1） 产生光波的微观机制：光波由原子等微观粒子的热运动产生（**热辐射**）或偶极振荡产生（**电偶极辐射**，也就是荧光辐射，亦即跃迁辐射）。因而任何实际的光源都发出数量巨大的且初相位完全随机的波列，这样的光波列之间是**非相干**的；只有从一列光波分出的波列才是**相干**的；因而总是通过**分波列**的方式获得相干光。

（2） 定态光波的数学表达式：波面就是等相位面，是振动相同的面

（i） 球面光波 $E(r,t) = \frac{a}{r}\cos(\omega t - kr + \varphi_0)$（发散），$E(r,t) = \frac{a}{r}\cos(\omega t + kr + \varphi_0)$（会聚）。

（ii） 平面光波：$E(r,t) = A\cos(\omega t - \boldsymbol{k}\cdot\boldsymbol{r} + \varphi_0)$。

（3） 光波的**复指数**表达式：$E(P,t) = A\mathrm{e}^{\pm i(\omega t - \varphi_P)} = A\mathrm{e}^{\mp i\varphi_P}\mathrm{e}^{\pm i\omega t}$

（4） 光波的**复振幅**与**振幅矢量**表示：复振幅是复指数表达式中的定态部分，即 $\tilde{U}(P) = A(P)\mathrm{e}^{i\varphi(P)}$；复振幅在复平面的矢量就是光波的振幅矢量。

3. 光波的相干叠加与非相干叠加

（1） 相干叠加：两列相干光的叠加强度 $I = A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi$。

（2） 非相干叠加：如光波不相干，相遇的光波光强相加，不产生干涉。

（3） 从每一列波分出的波列是相干的。

（4） 波长不同的分立光波列叠加形成**光学拍**。

（5） 波长连续变化的非单色光叠加形成**波包**，非单色光的相干长度（也称波包的相干长度）$\Delta L = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda} = \frac{c}{\Delta\nu}$，相干时间 $\Delta\tau = \frac{L}{c} = \frac{1}{\Delta\nu}$。

（6） 光的干涉：分立的（可数的）光波列之间的相干叠加。

（i）干涉相长（亮纹）：相位差 $\Delta\varphi = 2j\pi$，光程差 $\Delta L = j\lambda$，j 为**亮纹的级数**。

（7） 光的衍射：次波之间的相干叠加

（i） 惠更斯次波模型；

（ii） 惠更斯-菲涅耳原理：次波的倾斜因子与相位滞后；

（iii） 菲涅耳-基尔霍夫衍射积分公式；

（iv） 菲涅耳衍射：半波带法 $A(P) = \frac{1}{2}[A_1 + (-1)^{n-1}A_n]$；半波带方程 $\frac{1}{r_0} + \frac{1}{R} = \frac{n\lambda}{\rho^2}$；菲涅耳波带片，主焦距 $f = \frac{\rho_n^2}{n\lambda}$。

（v） 夫琅禾费单缝衍射：$A_\theta = A(\theta_0)\frac{\sin u}{u}$，$I_\theta = I(\theta_0)\frac{\sin^2 u}{u^2}$，其中 $u = \frac{\pi a(\sin\theta \pm \sin\theta_0)}{\lambda}$，$a$ 为缝宽；中央主极大的角宽度 $\Delta\theta_0 = \frac{2\lambda}{a}$；其他极大的角宽度 $\Delta\theta = \frac{\lambda}{a}$，**衍射的反比关系**。

（vi） 夫琅禾费圆孔衍射：**艾里斑**的半角宽度 $\Delta\theta_0 = 0.610\frac{\lambda}{R} = 1.220\frac{\lambda}{D}$。

（vii） 瑞利判据与望远镜的分辨本领：分开的角距离大于艾里斑的半角宽度。

4. 光的干涉装置

（1） 分波前的干涉装置：

（i） 杨氏双缝（或双孔）干涉装置：傍轴条件下，缝后的光程差 $\Delta L = \frac{d}{D}x$，

相邻条纹的间隔 $\Delta x = \frac{D}{d}\lambda$。

（ii） 菲涅耳双棱镜、菲涅耳双面镜；

（iii） 劳埃德镜（有半波损失）；

（iv） 梅斯林对切透镜，比累对切透镜，等等

（2） 分振幅的干涉装置（薄膜干涉）：

（i） 等倾干涉：相邻反射光波之间的光程差（不包含半波损失）$\Delta L = 2n_2h\cos i_2 = 2h\sqrt{n_2^2 - n_1^2\sin^2 i_1}$ 。

（ii） 迈克耳孙干涉仪 $\Delta L = 2h\cos i$。

（iii） 等厚干涉：正入射时相邻亮纹处薄膜的厚度差 $\Delta h = \frac{\lambda}{2n_2}$。

（iv） 牛顿环：$\Delta h = \frac{r_j^2}{2R}$，$\frac{r_{j+m}^2}{R} - \frac{r_j^2}{R} = m\lambda$。

（3） 干涉条纹的反衬度：$\gamma = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$。

（4） 光波的空间相干性：扩展光源导致干涉花样反衬度下降，$b < \frac{l}{d}\lambda$；**相干孔径** $\Delta\theta_0 = \frac{\lambda}{b}$，**空间相干性的反比关系**。

（5） 光波的时间相干性：光的非单色性导致不同级数的干涉条纹重叠或交叉，干涉条纹不重叠的最大光程差被称作**相干长度** $\Delta L = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$，相应的**相干时间**为 $\Delta\tau = \frac{L}{c} = \frac{1}{\Delta\nu}$，**时间相干性的反比关系**。

（6） 菲涅耳公式：电介质界面处光波的电场强度（也是复振幅）的反射率和透射率，可用于判断半波损失；能够明确半波损失的三种情形。

（7） 斯托克斯倒逆关系：光的可逆性原理，$\begin{cases}\tilde{r}^2 + \tilde{t}\tilde{t}' = 1\\ \tilde{r} + \tilde{r}' = 0\end{cases}$，$\begin{cases}|\tilde{r}|^2 = |\tilde{r}'|^2\\ \tilde{r}^2 = 1 - \tilde{t}\tilde{t}'\end{cases}$，

（8） 法布里-珀罗干涉仪与标准具：高反射率薄膜导致的多光束干涉

（i） 相邻波列之间的光程差 $\Delta L = 2n_2h\cos i_2$，相位差 $\Delta\varphi = \frac{4\pi n_2 h\cos i_2}{\lambda}$

（ii） 透射光的干涉花样是暗背景上的细锐亮条纹，反射光的干涉花样是亮背景上的细锐暗条纹。

（iii） 半值的相位差范围 $\varepsilon = \frac{2(1-\rho)}{\sqrt{\rho}}$，半值角宽度 $\Delta i = \frac{\lambda}{4\pi n_2 h\sin i_2}\varepsilon$；

半值波长范围 $\Delta\lambda = \frac{\lambda^2\varepsilon}{4\pi n_2 h\cos i_2}$；角距离 $\delta i = \frac{j}{2n_2h\sin i_2}\delta\lambda$，泰勒判据 $\delta i_{\min} = \Delta i$，可分辨最小波长间隔 $\delta\lambda_{\min} = \frac{\lambda\varepsilon}{2j\pi}$，波长分辨本领 $A = \frac{\lambda}{\delta\lambda_{\min}} = \frac{2j\pi}{\varepsilon} = \frac{j\pi\sqrt{\rho}}{1-\rho}$