

《光的干涉》内容概要

理论内容总结：

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ✚ § 2.1 概述 ✚ § 2.2 光波的叠加和干涉 ✚ § 2.3 分波前干涉---杨氏干涉实验 ✚ § 2.4 其他分波前干涉装置 ✚ § 2.5 分振幅干涉---薄膜干涉的一般问题 | <ul style="list-style-type: none"> ✚ § 2.6 等倾干涉 ✚ § 2.7 等厚干涉 ✚ § 2.8 薄膜干涉应用举例 ✚ § 2.9 迈克耳孙干涉仪和马赫德耳干涉仪 ✚ § 2.10 光场的空间相干性和时间相干性 |
|--|--|

练习题总结

- ✧ 两个独立的点光源，甚至同一光源的不同部位发出的波列之间没有固定的相位关系，因此不会产生干涉现象。
- ✧ 相干叠加的三要素：两列波的频率相同，振动方向相同、相位差恒定。
- ✧ 实现三要素的条件——光场中的任意两点的要求：要求光场中的任意两点的横向距离不能太大，即都位于相干孔径角内；两点的纵向光程差也不能太长，应小于波列长度，又称相干长度 L_c ，这样的两点才会相干。

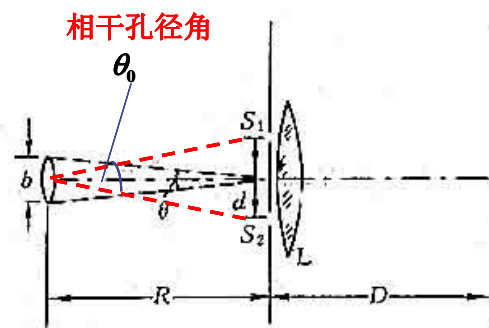


图 2-24 测定光源的角直径

光场中两点的横向距离： $\frac{d}{R} = \frac{\lambda}{b} = \theta_0 \rightarrow b = \frac{\lambda}{d} R$

光场中两点的纵向距离：为光波列的长度 $L_c = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$

✧ 合振动的振幅为： $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos \delta$ ，强度为 $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1I_2} \cos \delta$

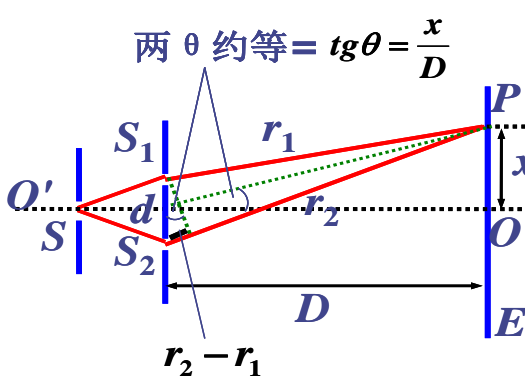
其中相位差为： $\delta = \frac{2\pi}{\lambda} (n_2r_2 - n_1r_1) - (\varphi_2 - \varphi_1)$

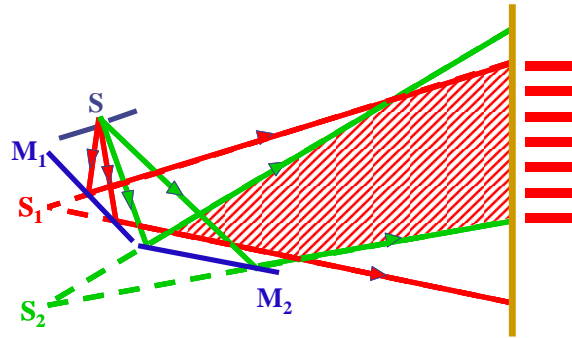
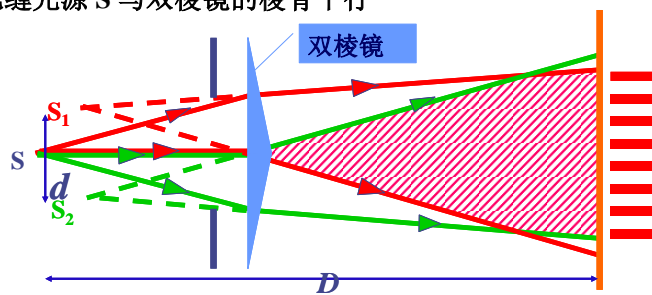
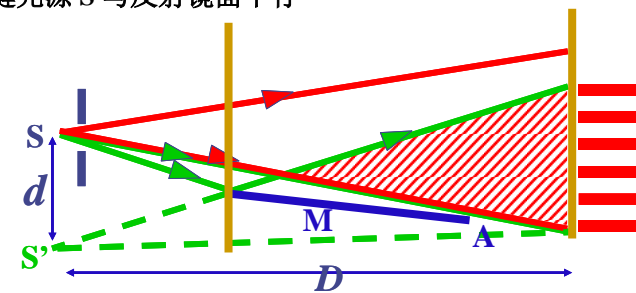
✧ 获得相干光源有两类办法：

第一类

分波前干涉

总原则：杨氏双缝实验，光程差： $\Delta = \frac{x}{D}d(-\frac{\lambda}{2})$

杨氏双缝实验	<p>光路图(单色光点光源)</p> <p>光程差：$\Delta = \frac{x}{D}d$</p>  <p>两 θ 约等 $= \operatorname{tg} \theta = \frac{x}{D}$</p>	
	条纹位置	明纹： $x_k = k\lambda \cdot \frac{D}{d}, k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$
	条纹间距	$\Delta x = \lambda \frac{D}{d}$
	图案特点	均匀分布、明暗相间的双曲面状(接近直线状)
	应用	测波长、薄片厚度、介质折射率
	拓展	<p>复色光点光源</p> <p>① 零级亮纹位置相同，波长越长条纹间距越大</p> <p>② 远处各种彩色条纹交错重叠而不显条纹。</p> <p>波长为 $\lambda + \Delta\lambda/2$ 的 k 级明纹与波长为 $\lambda - \Delta\lambda/2$ 的 $k+1$ 级明纹重合：$k = \frac{\lambda - (\Delta\lambda/2)}{\Delta\lambda} \approx \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$</p>
	光源偏离对称轴向上移动 ξ	<p>即光源关于两个次光源不对称，其中 R 是光源到两个小孔的垂直距离。</p> <p>条纹整体向下平移 $\frac{D\xi}{R}$，其它不变</p>
	用狭缝光源作实验	<p>将双缝看成是由许多双孔组成的。</p> <p>增强了干涉效果，亮的条纹更亮；条纹变直。</p>
	具有一定宽度 b 的光源：看成许多不相干的点光源，每一点光源在幕上形成一套干	<p>它们彼此有一定的平移，幕上的强度是这些干涉强度非相干叠加的结果。</p> <p>干涉条纹的衬比度：$\gamma = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$</p> <p>当条纹的移动 $\Delta x' = b \frac{D}{R}$ 小于条纹间距</p>

		涉条纹	$\Delta x = \lambda \frac{D}{d}$ 时, 即当光源的宽度 $b < \frac{R}{d} \lambda$ 时, 才能形成干涉条纹。
菲涅尔双面镜实验	光路图: 单色缝光源 S 与 M_1 、 M_2 的交线平行。		
			
	原理	从光源 S 发出的光一部分在 M_1 上反射, 另一部分在 M_2 上反射, 在重叠区可产生干涉。 S_1 、 S_2 是光源在两平面镜中的虚像, 干涉条纹同于杨氏干涉, 只是区域变小。	
菲涅尔双棱镜	光路图: 单色缝光源 S 与双棱镜的棱脊平行		
			
	原理	从光源 S 发出的光一部分经棱镜 P_1 折射, 另一部分经棱镜 P_2 折射, 在重叠区可产生干涉。 S_1 、 S_2 是光源对双棱镜所成虚像, 调节夹角 φ 可改变 S_1 、 S_2 的距离。干涉条纹同于杨氏干涉, 只是区域变小。	
劳埃德镜	光路图: 单色缝光源 S 与反射镜面平行		
			
	原理	从光源 S 发出的光一部分经平面反射镜反射, 另一部分直射, 在重叠区可产生干涉。 S' 是光源对平面反射镜所成虚像。	
条纹特点	① 不会出现零级干涉条纹, 除非把幕移到反射镜旁。		
	② 在光程为零的位置不是亮纹, 而是暗纹, 是因为在光从空气射向玻璃的反射过程中发生了半波损。 $\Delta = \frac{d}{D} x + \frac{\lambda}{2}$		

第二类

- ◇ 分振幅干涉，又称薄膜干涉
- ◇ 薄膜可以是任意介质膜，如玻璃、油膜，也可以是两个玻璃片所夹的空气薄膜。
- ◇ 薄膜上下两个表面上的反射光相遇，在满足相干条件时(所有的这样一对反射光线的光程差相等)形成干涉条纹：

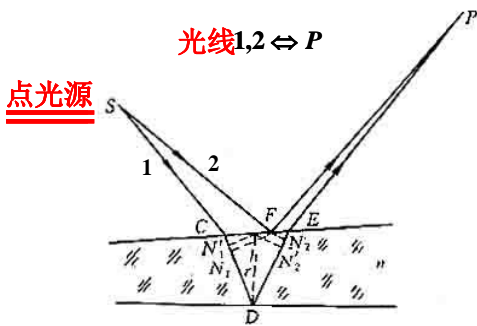
1、点光源 S，发出的两条光线是相干的。干涉定域在全空间

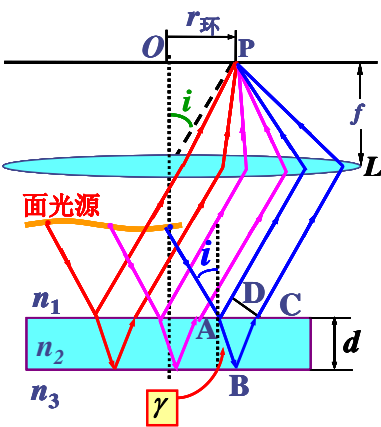
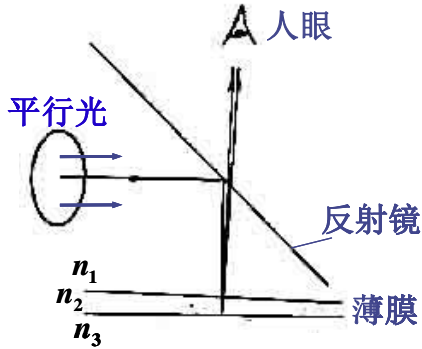
2、扩展光源——有一定大小的光源

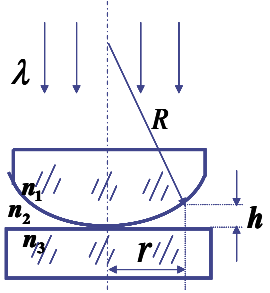
仅当两条反射光线皆来自同一条入射光线，是其在薄膜上下两个表面上的反射光，且不同光源点发出的入射光平行的情况下，光程差才恒定。

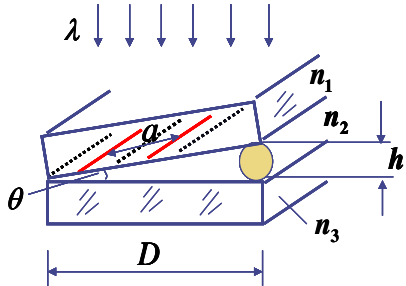
对于均匀薄膜，干涉定域在无限远；对于厚度非均匀薄膜，干涉定域在膜的近旁。

- ◇ 光程差： $\Delta = 2n_2h \cos \gamma \pm \frac{\lambda}{2}$ (玻璃、油膜等，+；玻璃片所夹的空气薄膜，-。)

综 述	光路图	
	 <p style="text-align: center;">图 2-11 薄膜干涉的光程差</p>	
	原理	薄膜上下两个表面上的反射光相遇，在满足相干条件时(所有的这样一对反射光线的光程差相等)形成干涉条纹
	干涉定域	点光源 发出的两条光线是相干的。干涉定域在全空间
		扩展光源 仅当两条反射光线皆来自同一条入射光线，是其在薄膜上下两个表面上的反射光，且不同光源点发出的入射光平行的情况下，光程差才恒定。 对于均匀薄膜，干涉定域在无限远；对于厚度非均匀薄膜，干涉定域在膜的近旁。
光程差	玻璃、油膜等	$\Delta = 2n_2h \cos \gamma + \frac{\lambda}{2}$
	玻璃片所夹的空气薄膜	$\Delta = 2n_2h \cos \gamma - \frac{\lambda}{2}$

等倾干涉	光路图		
	特点	薄膜的折射率和厚度都均匀	
	干涉定域	扩展光源	无限远
	干涉条纹的特征	干涉条纹形状	入射倾角相同的光线组成了一个圆，故等倾干涉的条纹形状是一系列同心圆环
		干涉条纹位置	亮纹: $\Delta_k = 2n_2 h \cos \gamma_k \pm \frac{\lambda}{2} = k\lambda \Rightarrow \gamma_k$
		级次分布	$\gamma \downarrow \rightarrow k \uparrow$ 中心级次最大，外沿级次逐渐降低
		条纹间距	$d\gamma = \gamma_{k+1} - \gamma_k = -\frac{\lambda}{2n_2 h \sin \gamma}$ 内稀疏外密集
		条纹移动规律	$h \uparrow \rightarrow \cos \gamma_k \downarrow \rightarrow \gamma_k \uparrow$ 从中心冒出向边缘移
		应用	测厚度: 从中心冒出 m 个条纹, 增 $\Delta h = m \lambda / 2$
等厚干涉	光路图		
	特点	薄膜的厚度不均匀，单色扩展光源垂直入射	
	干涉定域	扩展光源	膜的近旁
	干涉条纹	干涉条纹形状	膜厚 h 相同的连线为同级干涉条纹

	的特征	干涉条纹位置	亮纹: $\Delta_k = 2n_2 h_k \cos \gamma \pm \frac{\lambda}{2} = k\lambda \Rightarrow h_k$
		级次分布	薄→k 小; 厚→k 大。
		条纹间距	相邻亮纹或暗纹之间的厚度差(要求厚度连续变化) $\Delta h = \frac{\lambda}{2n_2}$
		条纹移动规律	膜厚度变化, 为保持光程差不变, 条纹原来厚度方向移动
		应用	测平凸透镜的曲率半径、细丝直径、平整度等
	牛顿环	光路图	
		特点	一个曲率很大的平凸透镜放在一个平面玻璃板上, 形成一个厚度不均匀的空气薄膜; 平行单色光垂直入射; 中心处始终是暗点
		条纹定域区域	空气层处
		明或暗圆环半径	$\Delta = \begin{cases} k\lambda & \rightarrow r_k = \sqrt{(k + \frac{1}{2})R\lambda}, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots \\ (k + \frac{1}{2})\lambda & \rightarrow r_k = \sqrt{(k + 1)R\lambda}, \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots \end{cases}$ $(\Delta = 2h - \frac{\lambda}{2} = \Delta(h), \quad R^2 = (R - h)^2 + r^2 \Rightarrow)$
		级次分布	中心附近级次较低, 外沿级次较高
		条纹移动规律	当上凸形玻璃板平行上移时, 条纹环向中心陷入。因为第 k 级条纹环对应的厚度 d_k 是确定的
		应用	测平凸透镜的曲率半径 $R = \frac{r_{k+m}^2 - r_k^2}{m\lambda}$

	劈尖干涉	光路图	
		条纹形状	平行棱边的直线
		级次分布	靠棱边→k 小；远离棱边→k 大
		条纹间距	<p>相邻亮纹或暗纹之厚度差 $\Delta h = \frac{\lambda}{2n_2} = \frac{\lambda}{2}$</p> <p>条纹间距: $l \approx \frac{\Delta h}{\theta} = \frac{\lambda}{2n_2\theta} = \frac{\lambda}{2\theta}$</p>
		条纹移动规律	玻璃板平行上移, 条纹向棱边移动. 增大 θ , 条纹也向棱边移动.
薄膜干涉应用	增透膜	作用	消反射、增透
		原理	<p>增透膜必须满足两个条件:</p> <p>一是反射的两束光光强(或振幅)相等, $n_2 = \sqrt{n_1 n_3}$。一般 $n_1 = 1$ (空气), $n_3 = 1.52$ (玻璃)。 $n_2 = 1.38$ (氟化镁 MgF_2)。</p> <p>另一个条件是两束光的光程差满足干涉相消, $\Delta = 2n_2 h = \frac{\lambda}{2}$。通常是对黄绿光 $\lambda = 5500 \text{ \AA}$ 干涉相消, 因此增透膜看起来呈紫红色。</p>
	增反膜	原理	要求降低透射率, 提高反射率, 使反射光达到干涉极大。靠单膜做不到, 需要镀多层膜。

迈克耳逊干涉仪	光路图	
	原理	<p>是光路分开的薄膜干涉。M_2 是 M_2 关于 G_1 的半透膜的虚像。</p> <p>当 M_1、M_2 严格平行时，是等倾干涉，干涉条纹定域于无限远，条纹为同心圆环，当平移 M_1 使间距变大时，圆圈一个个从中心冒出来。</p> <p>当 M_1、M_2 不平行时，是等厚干涉，干涉条纹定域于薄膜的近旁，条纹为平行直线状，当平移 M_1 使间距或夹角变大时，条纹向交线方向移动，每移过一个条纹，厚度改变 $\lambda/2$。</p>
	优点	使相干的两光路分开，从而可在一支光路中插入其它装置进行研究；发光的波长相当稳定，可作为长度的自然标准
马赫-曾德尔干涉仪	光路图	<p style="text-align: center;">图 2-22 马赫-曾德尔干涉仪光路</p>
	原理	<p>当有高速气流进入实验箱 C_2 时，两束相干光造成的光程差可形成干涉条纹，可用相机在处将它拍摄下来。当高速气流进入实验箱 C_2 时，引起空气密度的局域变化，从而引起折射率的局部变化，引起干涉条纹的移动。用高速相机短时间连续拍摄可记录干涉条纹的移动。</p> <p>干涉条纹的移动数：$\Delta m = \frac{1}{\lambda} \int [n'(x, y, z) - n] ds$</p> <p>测出飞行器模型周围各点干涉条纹移动数，可计算出折射率的变化和密度的变化，从而计算出气流的</p>

			压力分布、温度分布、流速场分布等等。
		优点及 缺点	<p>优点：使相干的两光路彻底分开，并可使干涉条纹定域于之间的任意位置；干涉计量本身十分精密，无需引入测量探头和其它部件，不会干扰气体的流动。</p> <p>缺点：只能研究二维和轴对称气流；大型光学平面和平行平面的磨制十分困难。</p>