

《大学物理 BII》作业 No.04 光的干涉

班级 _____ 学号 _____ 姓名 _____ 成绩 _____

*****本章教学要求*****

1. 掌握光的相干性、光程、光程差的概念，并掌握其计算方法。理解什么情况下有半波损失，理解薄透镜不引起附加光程差的意义。
2. 掌握获得相干光的分波阵面法和分振幅法，及其干涉条纹分布规律与计算方法。
3. 了解光的空间相干性和时间相干性。

一、选择题(6 小题，每题 4 分)

1. 若将牛顿环玻璃夹层中的填充介质由空气换成油，干涉环将：[B]

(A). 变大 (B). 缩小 (C). 不变 (D). 消失

解：油的折射率大于空气折射率，根据明暗环半径公式

$$r = \begin{cases} \sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2n}} & (k=1,2,3,\dots) \text{(明纹)} \\ \sqrt{\frac{kR\lambda}{n}} & (k=0,1,2,3,\dots) \text{(暗纹)} \end{cases}, n \text{ 变大, } r \text{ 缩小}.$$

2. 两盏普通白炽灯发出的光相遇时，我们观察不到干涉条纹，这是因为：[C]

(A). 灯光亮度不同 (B). 灯光波长太短
(C). 灯光不满足相干条件 (D). 灯光不稳定

解：两束光若要发生干涉，则必须满足相干条件（振动方向相同、频率相同、相位差恒定）

3. 白光通过双缝后在白屏上观察到干涉条纹，除中间条纹为白色外，两侧为彩色条纹，其原因是：[A]

(A). 各色光的波长不同 (B). 各色光的强度不同
(C). 各色光的偏振态不同 (D). 都不是

解：由双缝干涉光强分布公式可知：光的波长不同时，除零级明纹外，相同级数的条纹在屏上的位置不同。

4. 光从光疏介质射到光密介质反射时，附加光程差为 [B]

(A). λ (B). $\lambda/2$ (C). $3\lambda/4$ (D). 0

解：光从光疏到光密介质反射时，发生半波损失，附加光程差为 $\lambda/2$ 。

5. 在杨氏双缝干涉实验中，如果其他条件不变，增加光的波长，则条纹的间距会 [B]

(A). 变窄 (B). 变宽 (C). 不变 (D). 消失

解：杨氏双缝干涉条纹间距 $\Delta x = \frac{D\lambda}{d}$ ，波长 λ 变大，条纹间距 Δx 变宽。

6. 用劈尖检测工件的表面，当波长为 λ 的单色光垂直入射时，观察到的干涉条纹如图。图中每一条纹弯曲部分的顶点恰与左边相邻的直线部分相切，这说明工件表面：[A]

- (A). 有一深为 $\lambda/2$ 的凹槽 (B). 有一深为 λ 的凹槽
(C). 有一高为 λ 的凸起 (D). 有一高为 $\lambda/2$ 的凸起

解: 由于等厚干涉条纹形状就是介质等厚线的形状, 干涉条纹向左边弯曲说明空气膜的等厚线是向左边弯曲的, 即与条纹弯曲部分相对应出, 工件表面由一凹槽。而纹路深度 $H = \frac{a}{b} \cdot \frac{\lambda}{2}$ (该公

式详细推导见教材 96 页), 且此时 $a = b$, 所以凹槽深度为 $\lambda/2$ 。



二、判断题 (6 小题, 每题 2 分) (用 “T” 表示正确和 “F” 表示错误)

[T] 1. 若把牛顿环装置由空气搬到真空中时, 则干涉条纹半径变大。

解: 真空折射率小于空气, 根据明暗环半径公式

$$r = \begin{cases} \sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2n}} & (k=1,2,3,\dots)(\text{明纹}), \text{ 折射率 } n \text{ 变小, } r \text{ 变大。} \\ \sqrt{\frac{kR\lambda}{n}} & (k=0,1,2,3,\dots)(\text{暗纹}) \end{cases}$$

[F] 2. 光从光密到光疏介质发生反射时有半波损失。

解: 光从光疏到光密介质反射时, 才会发生半波损失。

[T] 3. 杨氏双缝实验中若把红光换成蓝光, 则条纹变窄。

解: 红光换成蓝光, 光的波长变小, 根据条纹宽度公式 $\Delta x = \frac{D\lambda}{d}$, 波长 λ 变小, 条纹宽度 Δx 变窄。

[F] 4. 同一光源不同部位发出的光是相干的。

解: 在实际光源中, 有大量原子在发光, 由于各个原子的各次跃迁完全独立、随机, 所以同一时刻各个原子发出的光的频率、振动方向、初相各不相同, 因此, 同一光源不同部位发出的光是不相干的。

[T] 5. 薄透镜不引起附加光程。

解: 薄透镜物点与像点间等光程。

[T] 6. 发生半波损失时附加光程差可为 $-\lambda/2$ 。

解: $-\lambda/2$ 与 $\lambda/2$ 相差 λ , 用附加光程 $-\lambda/2$ 计算和用 $\lambda/2$ 分别计算相位时, 相位差为 2π , 并不影响最终结果。

三、填空题 (6 小题, 每空 2 分)

1. 劈尖干涉中, 若薄膜折射率 $n > n_1$, $n > n_2$, 这时反射光光程差存在半波损失, 附加光程差为 $\lambda/2$ 。

解：若薄膜折射率 $n > n_1$, $n > n_2$, 当光由 n_1 射向 n 并反射时, 则为从光疏到光密介质反射, 有半波损失, 附加光程差为 $\lambda/2$ 。而当光由 n 射向 n_2 并反射时, 则为从光密到光疏介质反射, 无半波损失。因此, 两束反射光光程差存在半波损失, 附加光程差为 $\lambda/2$ 。

2. 光的相干条件是**振动方向相同、频率相同和相位差恒定**; 利用普通光源获得相干光的方法可分为:**分波阵面法**和**分振幅法**。

解：基本概念见教材 85 页。

3. 若光在折射率为 n 的介质中传播的几何路程为 x , 则其相位改变与真空中经过 nx 的等效真空程产生的相位改变相同, 该等效真空程称为 光程。

解：光的几何路程与介质折射率的乘积定义为等效真空程, 又称光程 (基本概念见教材 86 页)。

4. 将整套杨氏双缝实验装置浸入水中干涉条纹将**变窄**, 若再将两缝分别用红色和绿色滤光片遮挡则干涉条纹将**消失**。

解：浸入水中后由于介质变成水, 介质折射率 n 变大, 由条纹宽度公式 $\Delta x = \frac{D\lambda}{nd}$, 折射率 n 变大条纹 Δx 变窄。若放入红色和绿色滤光片, 则从两缝射出的光线将有不同的频率, 因而不满足相干条件, 条纹消失。

5. 在空气劈尖干涉实验中, 从反射光中观测, 劈尖的边缘是**暗纹**, 条纹间距**相等**; 如果上移上玻璃片, 条纹的变化为**向棱边移动**。在牛顿环实验中, 从反射光中观测, 条纹间距**不等**, 中心条纹分布较边缘条纹**疏**; 如果上移平凸透镜, 条纹的变化为**向中心收缩**。

解：劈尖边缘厚度差为 0, 但反射时由于半波损失产生附加光程差 $\lambda/2$, 因此边缘处光程差为 $\lambda/2$, 为暗纹中心。劈尖干涉的条纹间距 $L = \frac{\lambda}{2n \sin \theta}$, 在 n 、 θ 、 λ 不变的情况下, L 不变, 条纹等间距。若上移上玻璃片, 空气膜整体变厚, 等厚线 (条纹) 向棱边移动。牛

顿环半径
$$r = \begin{cases} \sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2n}} & (k=1,2,3,\dots)(\text{明纹}) \\ \sqrt{\frac{kR\lambda}{n}} & (k=0,1,2,3,\dots)(\text{暗纹}) \end{cases}$$
 与级数有关, 因此条纹间距不等, 并且条纹内疏外

密。若上移凸透镜, 空气膜整体变厚, 等厚线 (条纹) 向中心收缩。

6. 在真空中放入厚度为 3cm 折射率为 1.4 的介质时, 将会增加 **1.2cm** 的光程。

解：介质中的光程为 $3\text{cm} \times 1.4 = 4.2\text{cm}$ 。真空折射率为 1, 若无介质, 真空中光程为 $3\text{cm} \times 1 = 3\text{cm}$ 。因此, 放入介质将增加 $4.2\text{cm} - 3\text{cm} = 1.2\text{cm}$ 的光程。

四、计算题 (3 小题)

1. 一片玻璃 ($n=1.5$) 表面附有一层油膜 ($n=1.32$), 今用一波长连续可调的单色光束垂直照射油面。当波长为 485nm 时, 反射光干涉相消。当波长增为 679nm 时, 反射光再次干涉相消。求油膜的厚度。(12 分)

解：由薄膜干涉的暗纹条件可知（下列公式中的 n 是油膜的折射率）：

当波长 $\lambda_1 = 485 \text{ nm}$ 的光入射时满足 k 级暗纹条件

$$2ne = (2k+1)\frac{\lambda_1}{2} \quad (5 \text{ 分})$$

当波长为 $\lambda_2 = 679 \text{ nm}$ 的光入射时必满足 $k-1$ 级暗纹条件

$$2ne = [2(k-1)+1]\frac{\lambda_2}{2} \quad (5 \text{ 分})$$

联立以上两式则有

$$e = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{2n(\lambda_2 - \lambda_1)} = 643 \text{ (nm)} \quad (2 \text{ 分})$$

2. 用很薄的云母片（ $n=1.58$ ）覆盖在双缝实验的一条缝上，这时屏幕上的零级明条纹移到原来第七级明条纹的位置上。如果入射光波长为 550 nm ，试问云母片厚度是多少？（10 分）

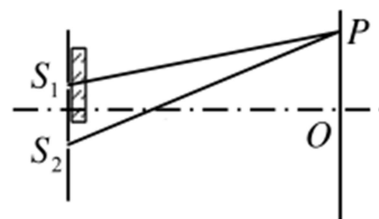
解： 设云母片厚度为 l 。

$$\text{有云母时，光程差为：} \Delta = \frac{xd}{D} - (n-1)l \quad (4 \text{ 分})$$

$$x=0 \text{ 处的光程差为：} \Delta = -(n-1)l \quad (2 \text{ 分})$$

$$x=0 \text{ 处为 } k=-7 \text{ 级明纹时：} \Delta = -(n-1)l = k\lambda,$$

$$l = -k \frac{\lambda}{n-1} = 6.64 \times 10^{-6} \text{ (m)} \quad (4 \text{ 分})$$



3. 用波长 $\lambda=500 \text{ nm}$ 的单色光垂直照射在由两块玻璃板（一端刚好接触成为劈棱）构成的空气劈尖上。劈尖角 $\theta=2 \times 10^{-4} \text{ rad}$ ，如果劈尖内充满折射率为 $n=1.4$ 的液体。求从劈棱数起第五个明条纹在充入液体前后移动的距离。（10 分）

解： 设第五个明纹处膜厚为 e ，则有 $2ne + \frac{1}{2}\lambda = 5\lambda$ （3 分）

设该处至劈棱的距离为 L ，则有近似关系 $e = L\theta$ （2 分）

$$\text{由上两式得：} 2nL\theta = \frac{9}{2}\lambda, \quad L = \frac{9\lambda}{4n\theta} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{充入液体前第五个明纹位置：} L_1 = \frac{9\lambda}{4\theta} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{充入液体后第五个明纹位置：} L_2 = \frac{9\lambda}{4n\theta} \quad (1 \text{ 分})$$

$$\text{充入液体前后第五个明纹移动的距离 } L = L_2 - L_1 = 1.61 \text{ (mm)} \quad (2 \text{ 分})$$