

实验报告

座位号: 16.

课程名称: 物理实验B 实验名称: 光的干涉 实验日期: 2024 年 9 月 21 日
班 级: 63012318 教学班级: 07152301 学 号: 1120232535 姓 名: 汪隽宁

一、实验目的

- (1) 观察劈尖干涉和牛顿环
- (2) 练习用劈尖干涉原理测玻璃丝直径; 用牛顿环测球面曲率半径.

二、实验仪器

测量显微镜, 钠光灯, 牛顿环, 光学平面玻璃

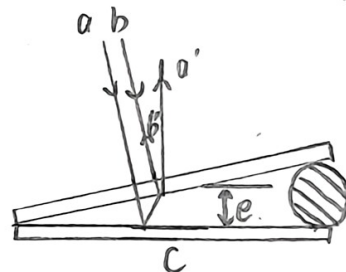
三、实验原理

当两列振动方向相同, 频率相同, 相位差恒定的单色光相遇后, 相遇的区域内有些地方由于两列波叠加, 振动总是加强, 另一些则总是减弱, 形成的这样稳定的强度不均匀的现象, 为光的干涉。

1. 劈尖干涉

如图 10-1, 放玻璃丝于两平面玻璃之间, 且平行于相交棱边。当单色的平行光垂直 ($i=0$) 入射到两玻璃形成的空气劈 ($n=1$) 时, 在劈尖 C 点的两束反射光 a' 、 b' 干涉, 形成明暗相间条纹, 有

$$\begin{cases} \delta = 2e + \frac{\lambda}{2} = 2k \cdot \frac{\lambda}{2} & k = 1, 2, 3, \dots \quad \text{明} \\ \delta = 2e + \frac{\lambda}{2} = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2} & k = 0, 1, 2, \dots \quad \text{暗} \end{cases}$$



同一干涉条纹所在处各点空气劈厚度相等, 称为等厚干涉 10-1.

条纹。在两块玻璃相接处, $e=0$, 光程差为 $\delta = \frac{\lambda}{2}$, 故为暗纹。设第 k_1 条暗纹处劈尖厚度 e_1 , $k_1 + k$ 暗纹劈尖厚 e_2 , 两暗纹水平距离 x , 而两暗纹劈尖厚度差为 Δd :

联系方式: _____

指导教师签字: _____



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

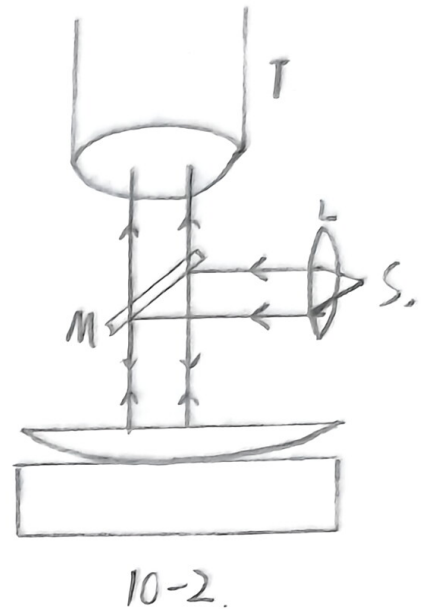
$$\Delta d = e_2 - e_1 = \Delta k \cdot \frac{\lambda}{2}$$

$$\tan \alpha = \Delta d / x = \frac{\Delta k \lambda}{2x}$$

$$\text{玻璃丝直径 } D = 1 - \tan \alpha = 1 - \lambda \Delta k / 2x.$$

2. 牛顿环

装置如图 10-2, 当平行光束垂直照射到曲率半径很大的透镜下表面与平面玻璃下上表面形成的空气劈时产生光的干涉现象, 干涉现象条纹是属于等厚条纹的许多牛顿同心圆环, 称为牛顿环。



干涉原理同劈尖, 分析可得牛顿环第 k 级暗纹半径 r_k 与透镜曲面半径 R 关系为:

$$R = \frac{r_k^2}{k\lambda} \quad (k = 0, 1, 2, \dots).$$

注: 牛顿环中心不是理论上的一个暗点而是一个暗斑, 造成中心和级数无法确定, 因此可使 k 取任意 m, n 值, 例如取 $m=11, n=1$, 则有

$$\begin{cases} r_m^2 = mR\lambda \\ r_n^2 = nR\lambda \end{cases} \quad \text{可得: } R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda}$$

实验所用钠光灯波长 $\lambda = 589.3 \text{ nm}$ 。

四. 实验内容和步骤

在实验系统的显微镜下有一半反射镜可将平行光反射到显微镜工作台上, 旋转两个鼓轮可使工作台分别在 X, Y 方向移动, 鼓轮上有刻度, 每小格为 0.01 mm 。

联系方式: _____

指导教师签字: _____



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

1. 观察劈尖干涉

(1) 将玻璃片放于显微镜工作台上, 在两玻璃间夹上-玻璃丝。

注: ① 玻璃丝平行于棱边 ② 远离劈尖 ③ 劈尖移动方向与工作台移动方向垂直

(2) 给显微镜调焦, 直到看到清晰干涉条纹。

(3) 使叉丝交点移到靠近尾劈尾一边, 注意空程的影响, 记录某-暗纹位置, 数30条暗纹 ($\Delta k=30$) 记录位置, 同时测量30条暗纹间距 X , 重复5次, 可朝一个方向不断数, 以避免来回数时每次都考虑空程。

(4) 测 从劈尖到玻璃丝距离 L 。

2. 观察牛顿环干涉

(1) 把牛顿环放到工作台上, 打开钠光灯, 转动半透镜, 使从目镜中的视野最亮。

(2) 调目镜, 使能看清叉丝, 降低镜筒靠近牛顿环, 再向上调节到牛顿环清晰为止。

(3) 调节鼓轮, 使叉丝通过干涉圆斑王中心。

(4) 转动鼓轮, 使叉丝的支点对准牛顿环圆斑王外第一个环, 再转动鼓轮, 数到右边第11个环处, 为消除空程影响, 必须多移一些距离, 再返回第11环, 记下此处位置 (X_{11}), 再向左移动数到第1个环, 记下位置 (X_1)。再向左移动至圆斑王另一侧第一环处 (X_1'), 继续向左至左11环 (X_{11}')。这样得到4个位置, 由 $\frac{1}{2}(X_{11}'' - X_{11}')$ 和 $\frac{1}{2}(X_1 - X_1')$ 可得 r_{11} 、 r_1 。重复6次, 注意消除空程。

联系方式: _____

指导教师签字: _____



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

数据处理

1. 用牛顿环测曲率半径不确定度计算

(1) D_{11} 和 D_1 平均值

$$\bar{D}_{11} = \frac{\sum_{i=1}^5 \bar{D}_{11i}}{5} = \frac{1}{5} (5.131 + 5.115 + 5.120 + 5.124 + 5.128) = 5.124 \text{ mm},$$

$$\bar{D}_1 = \frac{\sum_{i=1}^5 \bar{D}_{1i}}{5} = \frac{1}{5} (2.278 + 2.274 + 2.282 + 2.267 + 2.272) = 2.275 \text{ mm},$$

(2) D_{11} 和 D_1 的 A 类不确定度

$$u_A(D_{11}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (D_{11i} - \bar{D})^2}{n(n-1)}} = 2.846 \times 10^{-3} \text{ mm}.$$

$$u_A(D_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (D_{1i} - \bar{D})^2}{n(n-1)}} = 2.569 \times 10^{-3} \text{ mm}.$$

(3) D_{11} 和 D_1 的 B 类不确定度

$$u_B = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 2.887 \times 10^{-3} \text{ mm}.$$

(4) D_{11} 和 D_1 的合成不确定度

$$u(D_{11}) = \sqrt{u_A(D_{11})^2 + u_B^2} = 4.054 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$u(D_1) = \sqrt{u_A(D_1)^2 + u_B^2} = 3.865 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

(6) 曲率半径 R 计算

$$R = \frac{\bar{D}_{11}^2 - \bar{D}_1^2}{4(m-n)\lambda}$$

$$= 894.27 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow R(u_A) = 894.3(1.9) \text{ mm}$$

(5) 曲率半径 R 的不确定度:

$$u(R) = \frac{\sqrt{D_m^2 u^2(D_m) + D_n^2 u^2(D_n)}}{2(m-n)\lambda}$$

$$= \frac{\sqrt{5.124^2 \times (4.054 \times 10^{-3})^2 + 2.275^2 \times (3.865 \times 10^{-3})^2}}{2 \times (11-1) \times 589.3 \times 10^{-6}} = 1.9 \text{ mm}$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

2. 利用劈尖测量细铜丝直径的不确定度计算

(1) X 的平均值

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^5 x_i}{5} = \frac{1}{5} \times (6.767 + 6.787 + 6.735 + 6.777 + 6.743) = 6.762 \text{ mm}$$

(2) X 的 A 类不确定度

$$u_A(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} = 9.912 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

(3) X 的 B 类不确定度

$$u_B(x) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 2.887 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

(4) X 的合成不确定度

$$u(x) = \sqrt{u_A^2(x) + u_B^2(x)} = 1.0324 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

(5) 同理, 计算 L 不确定度

$$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^5 L_i}{5} = \frac{1}{5} \times (28.453 + 28.613 + 28.549 + 28.561 + 28.569) = 28.549 \text{ mm}$$

$$u_A(L) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (L_i - \bar{L})^2}{n(n-1)}} = 2.632 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$u_B(L) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 2.887 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$u(L) = \sqrt{u_A^2(L) + u_B^2(L)} = 2.648 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

(6) 直径 D 的不确定度

$$u(D) = \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2\lambda} \Delta k\right)^2 (u_L)^2 + \left(\frac{L\lambda}{2\lambda^2} \Delta k\right)^2 u_x^2} = \frac{\lambda}{2} \Delta k \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} u_L^2 + \frac{L^2}{\lambda^4} u_x^2} = 6 \times 10^{-5} \text{ mm}$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____



实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

(7) 计算 D .

$$D = \frac{L\lambda}{2x} \Delta k = \frac{28.549 \times 589.3 \times 10^{-6}}{2 \times 6.762} \times 30 = 3.732 \times 10^{-2} \text{ mm}$$

$$\Rightarrow D(uD) = 3.732(0.006) \times 10^{-2} \text{ mm}$$

思考题

在牛顿环实验中, 反射光与透射光形成的干涉条纹有什么区别? 为什么?

答: 在牛顿环干涉中, 两种光产生的干涉条纹强度相反, 呈明暗互补关系, 原因在于反射光和透射光产生干涉时光程差恰好相差半个波长。

联系方式: _____

指导教师签字: _____

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088



实验报告

吴

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

实验数据

一、牛顿环

单位: mm

	x_{11}	x_1	x_1'	x_{11}'	$D_{11} = x_{11} - x_{11}' $	$D_1 = x_1 - x_1' $
1	27.034	25.619	23.341	21.903	5.131	2.278
2	27.101	25.679	23.405	21.986	5.115	2.274
3	27.021	25.605	23.323	21.901	5.120	2.282
4	27.108	25.674	23.407	21.989	5.124	2.267
5	27.030	25.602	23.330	21.902	5.128	2.272

$$R = \frac{D_{11}^2 - D_1^2}{4(m-n)\lambda}$$

$$R(u_R) = \{894.3(1.9)\}$$

二、劈尖

单位: mm

	$x_{初}$	$x_{末}$	$x_k = x_{末} - x_{初} $	$L_{初}$	$L_{末}$	$L_k = L_{末} - L_{初} $
1	17.278	24.045	6.767	6.086	34.539	28.453
2	24.045	30.832	6.787	6.026	34.639	28.613
3	19.131	25.866	6.735	6.011	34.560	28.549
4	21.141	27.918	6.777	5.984	34.545	28.561
5	20.242	26.985	6.743	6.072	34.641	28.569

$$D = \frac{L\lambda}{2X} \triangle k$$

$$D(u_D) = 3.732(0.006) \times 10^{-2}$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088

