

实验报告

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 光的干涉 实验日期: 2024 年 9 月 29 日 上午

班 级: 吴晓雨班 教学班级: XXXXXXXXXX

页 数: 1/7

座 号: 13

- 一、实验目的: (1) 观察劈尖干涉和牛顿环这两种光的干涉现象;
(2) 练习利用劈尖干涉原理测量玻璃丝的直径; 用牛顿环测量球面曲率半径。

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, 而且相位差保持恒定的单色光相遇后, 相遇的区域内有些地方由于两列波的叠加, 振动总是加强的, 而另一些地方由于振动的叠加总是减弱, 形成的这种稳定的强度不均匀的现象, 称为光的干涉。

干涉在科研和工程技术方面有广泛应用如利用光的干涉方法可精确地测量长度及变化, 检测光学元件表面的光洁度, 测定谱线的波长及其精细结构等。

1. 劈尖干涉

如图10-1所示, 放置玻璃丝于两平面玻璃之间, 且平行于相交之棱边。当单色的平行光垂直 ($i=0$) 入射到两平面玻璃形成的空气劈 ($n=1$) 时, 在劈尖C点处的两束反射光 a' 、 b' 产生干涉, 形成明暗相间的条纹, 根据薄膜干涉的公式, 有:

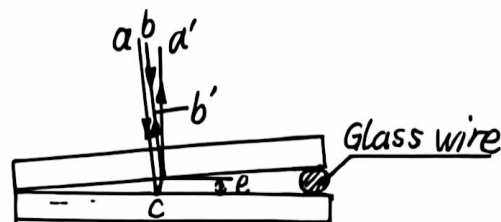


图10-1

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

同一干涉条纹所在处的各点空气劈的厚度都是相等的, 因此称为等厚干涉条纹。在两块玻璃相接处, $e=0$, 两光束的光程差为 $\delta = \lambda/2$, 所以应看到暗纹。设第 k_1 条暗纹处的劈尖厚度为 e_1 , 第 $k_1 + \Delta k$ 暗纹处的劈尖厚度为 e_2 , 这两条暗纹间的横向水平距离为 Δd , 而两暗纹处劈尖厚度差为 Δe :

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

$$\tan \alpha = \Delta e / \Delta d = \Delta k \lambda / 2 \Delta d \quad (3)$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: 物理实验II 实验名称: 光的干涉 实验日期: 2024 年 9 月 29 日上午

班级: 吴晓丽班 教学班级:

页数: 2/7

玻璃丝直径 $D = l \cdot \tan \alpha \approx l \Delta k / 2\pi$.

2. 牛顿环

牛顿环装置如图10-2所示,当平行光垂直照射到曲率半径很大的透镜下表面与平面玻璃上表面形成的空气劈时产生光的干涉现象,干涉条纹是属于等厚干涉的许多同心圆环,称为牛顿环。

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

$$R = \frac{r_k^2}{k\lambda} \quad (k=0, 1, 2, \dots) \quad (4)$$

注意: 牛顿环中心不是理论上的一个暗点而是一个暗斑,这样造成牛顿环的中心及级数 k 无法确定,因此可以使 k 分别取任意的 m 与 n 值,例如取 $m=11, n=1$,则:

$$\begin{cases} r_m^2 = mR\lambda \\ r_n^2 = nR\lambda \end{cases} \quad (5)$$

可得:

$$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n) \cdot \lambda} \quad (6)$$

实验所用钠光灯的波长为 $\lambda = 589.3\text{nm}$.

四、实验内容和步骤

在实验系统的显微镜下面有一个半反射镜可以将平行光线反射到显微镜工作台上,旋转两个鼓轮可以使工作台分别在 x 轴、 y 轴方向移动,鼓轮上有刻度,每个小格为 0.01mm .

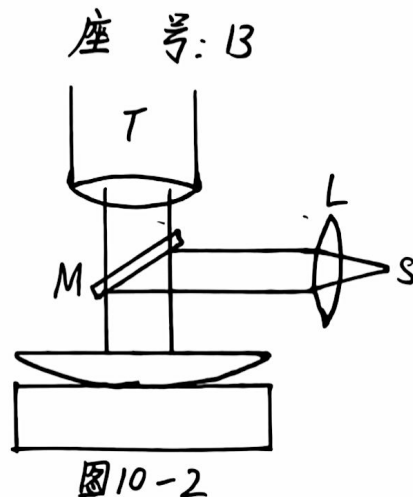
1. 观测劈尖的干涉

(1) 将玻璃片放在显微镜工作台上,在两玻璃之间夹上一根玻璃丝。

注意: ① 让玻璃丝平行于棱台; ② 远离劈尖; ③ 劈尖的移动方向与工作台移动方向垂直。

联系方式:

指导教师签字:



实验报告

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 光的干涉 实验日期: 2024 年 9 月 29 日 上午

班级: 吴晓雨班

教学班级:

页数: 3/7

座号: 13

(2) 给显微镜调焦,直到看到清晰的干涉条纹。

(3) 使叉丝的交点移到靠近劈尾一边,注意空程的影响,记录某一暗纹的位置,然后数30条暗纹(Δk 取30)记录位置,同时测量30条暗纹间的距离 x ,本实验要求重复5次,可以连续朝一个方向不断数下去,共数5个30条,这样可以避免来回数时每次都要考虑空程的影响。

(4) 测量从劈尖到玻璃丝的距离 L 。

2. 观测牛顿环干涉

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

(2) 调整目镜,使能看清叉丝,将镜筒降低靠近牛顿环,然后再向上调节直到牛顿环清晰为止。

(3) 调节鼓轮,使叉丝通过干涉圆斑中心。

(4) 转动鼓轮,使叉丝的交点对准牛顿环圆斑外第一个环,然后再转动鼓轮,数到右边第11个环处,为了消除空程的影响,必须多移一些距离,然后再返回到第11个环处,记下此处的位置(x_{11}),然后再向左移动数到第1个环,记下位置(x_1),再继续向左移动到圆斑另外一侧第一环处(记为 x_1'),继续向左,再到左边第11个环处(记为 x_{11}')。这样就测到了4个位置,由 $(x_{11}-x_1)/2$ 和 $(x_1-x_1')/2$ 可得到 r_{11} 及 r_1 。按以上步骤重复测6次,测量过程中注意消除空程的影响。

五. 思考题

1. 在牛顿环实验中,反射光与透射光所形成的干涉条纹有什么不同?

2. 劈尖干涉实验中所得到的干涉条纹并不与棱完全平行,解释这是什么原因造成的。

3. 在测量牛顿环的平凸透镜曲率半径 R 时,如果在实验中测 r_m 与 r_n 时,未通过干涉圆条纹中心,是否仍可以使用公式 $R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m-n)\lambda}$?

联系方式:

指导教师签字:

实验报告

吴

课程名称: 物理实验II 实验名称: 光的干涉 实验日期: 2024 年 9 月 29 日 上午

班级: 吴晓丽班

教学班级:

页数: 4/7

座号: 13

六、原始数据:

单位: mm

次数	X_{11}	X_1	X'_1	X'_{11}	$D_{11} = X_{11} - X'_1 $	$D_1 = X_1 - X'_1 $
1	22.296	23.654	26.512	27.848		
2	22.303	23.646	26.501	27.850		
3	22.305	23.649	26.508	27.842		
4	22.299	23.648	26.506	27.845		
5	22.301	23.652	26.518	27.852		

单位: mm

次数	$X_{初}$	$X_{末}$	$X_1 = X_{末} - X_{初}$	$L_{初}$	$L_{末}$	$L_1 = L_{末} - L_{初}$	$\bar{L}(u_L)$	$\bar{X}(u_X)$
1	28.321	36.389		10.987	40.064			
2	19.769	28.321		10.972	40.086			
3	11.146	19.769		10.978	40.082			
4	24.315	32.636		10.989	40.076			
5	15.881	24.315		10.975	40.069			

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 光的干涉 实验日期: 2024 年 9 月 29 日上午

班级: 吴晓雨班 教学班级:

页数: 5/7

座号: 13

七、数据处理:

(1) 牛顿环:

单位: mm

被测量 次数	X_{11}	X_1	X_1'	X_{11}'	$D_{11} = X_{11} - X_{11}' $	$D_1 = X_1 - X_1' $
1	22.296	23.654	26.512	27.848	5.552	2.858
2	22.303	23.646	26.501	27.850	5.547	2.855
3	22.305	23.649	26.508	27.842	5.537	2.859
4	22.299	23.648	26.506	27.845	5.546	2.858
5	22.301	23.652	26.518	27.852	5.551	2.866

1. 平均值: $\overline{D_{11}} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 D_{11i} = \frac{1}{5} (5.552 + 5.547 + 5.537 + 5.546 + 5.551) = 5.5466 \text{ mm}$

$\overline{D_1} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 D_{1i} = \frac{1}{5} (2.858 + 2.855 + 2.859 + 2.858 + 2.866) = 2.8592 \text{ mm}$

2. 曲率半径: $R = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda} = \frac{\overline{D_{11}}^2 - \overline{D_1}^2}{4 \cdot (11-1) \cdot \lambda}$, 其中 $\lambda = 589.30 \text{ nm}$

代入上述数据: $R = 0.9583297 \text{ m}$

3. 不确定度的推导与计算:

① 对 D_m, D_n , A类不确定度: $u_A(D) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (D_i - \overline{D})^2}{5 \cdot (5-1)}}$, B类不确定度 $u_B(D) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$, 其中 $\Delta = 0.005 \text{ mm}$

② 于是对 D_m, D_n , 合成不确定度为: $u(D) = \sqrt{u_A^2(D) + u_B^2(D)}$

③: 则曲率半径 R 不确定度为: $u(R) = \frac{\sqrt{D_m^2 u^2(D_m) + D_n^2 u^2(D_n)}}{2(m-n)\lambda}$

④ 代入上述数据, 得 $u(R) = 0.0013 \text{ m}$

4. 最终结果: $R = 0.9583(0.0013) \text{ m}$

联系方式:

指导教师签字:

实验报告

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 光的干涉 实验日期: 2024 年 9 月 29 日上午

班级: 吴晓丽班 教学班级: [REDACTED]

页数: 6/7

座号: 13

(2) 劈尖干涉

被测量 次数	$X_{初}$	$X_{末}$	$X_i = X_{末} - X_{初}$	$L_{初}$	$L_{末}$	$L_i = L_{末} - L_{初}$
1	28.321	36.389	8.068	10.987	40.064	29.077
2	19.769	28.321	8.552	10.972	40.086	29.114
3	11.146	19.769	8.623	10.978	40.082	29.104
4	24.315	32.636	8.321	10.989	40.076	29.087
5	15.881	24.315	8.434	10.975	40.069	29.094

1. 平均值: $\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^5 X_i}{5} = \frac{1}{5}(8.068 + 8.552 + 8.623 + 8.321 + 8.434) = 8.3996$

$\bar{L} = \frac{\sum_{i=1}^5 L_i}{5} = \frac{1}{5}(29.077 + 29.114 + 29.104 + 29.087 + 29.094) = 29.0952$

2. 直径: $D = \frac{\bar{L}}{2\bar{X}} \Delta k$, 其中 $\lambda = 589.30\text{nm}$, $\Delta k = 30$

代入上述数据: $D = 3.0619 \times 10^{-5}\text{m}$

3. 不确定度的推导与计算:

①: 对 X 与 L : A类不确定度: $U_A(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (X_i - \bar{X})^2}{5(5-1)}}$, $U_A(L) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (L_i - \bar{L})^2}{5(5-1)}}$

B类不确定度: $U_B(X) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$, $U_B(L) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$, 其中 $\Delta = 0.005\text{mm}$

②: 于是合成不确定度: $U(X) = \sqrt{U_A^2(X) + U_B^2(X)}$, $U(L) = \sqrt{U_A^2(L) + U_B^2(L)}$

③: 测直径 D 不确定度: $U(D) = \sqrt{(\frac{\lambda}{2X} \Delta k)^2 U^2(L) + (\frac{L\lambda}{2X^2} \Delta k)^2 U^2(X)} = \frac{\lambda}{2} \Delta k \sqrt{\frac{1}{X^2} U^2(L) + \frac{L^2}{X^4} U^2(X)}$

④: 代入上述数据: $U(D) = 4 \times 10^{-7}\text{m}$

4. 最终结果: $D = 3.06(0.04) \times 10^{-5}\text{m}$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实 验 报 告

课程名称: 物理实验BII 实验名称: 光的干涉 实验日期: 2024 年 9 月 29 日 上午

班 级: 吴晓丽班 教学班级: [REDACTED]

页 数: 7/7

座 号: 13

八、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: 反射光与透射光形成的干涉条纹明暗程度刚好相反, 即前者干涉形成的光场中亮条纹出现位置恰是后者干涉形成的光场中暗条纹的位置。两者呈现一种“互补”关系。

该现象的成因是: 由于半波损失, 两者光程^差恰好^{相差}半个波长。

联系方式: _____

指导教师签字: _____