



南 京 大 学

作 业 纸

2212266

系别 工科试验班

班级 电光5班

姓名 张恒石 第 1 页

组别座号: 63

日期: 4月21日, 星期五下午

光学实验报告: 牛顿环

预习部分

目的要求: 观察等厚干涉现象, 并利用等厚干涉测量凸透镜表面的曲率半径
了解读数显微镜的使用方法

仪器用具: 牛顿环装置, 钠灯, 读数(测距)显微镜

原理: 用单色光照射牛顿环, 出现明暗相间的同心圆环; 用白光照射则是彩色圆环, 这是等厚薄膜干涉的现象。

① K级干涉环的半径: $2dk + \frac{\lambda}{2} = \Delta k = (K \pm \frac{1}{2})\lambda$ $r_K = \sqrt{R^2 - (R-d)^2} \approx \sqrt{2Rdk} \approx \sqrt{K\lambda R}$
R: 曲率半径
dk: K级干涉环所对应空气间隙的厚度
先由光疏介质入射到光密介质时的反射半波损失

② 牛顿环: 中心暗环级次为0, 向外逐次增加, 亮环第一个为1级

$r_K^2 = 4(R-d)^2 = 4K\lambda R - 4\lambda^2$

拟合法: $K = 4\lambda R$

逐差法: $L_n - L_m = 4(n-m)\lambda R$

③ 读数显微镜: 回空差 → 单向测量

仪器调节与测量

① 具体调节步骤

1) 放置好实验装置, 点燃钠灯

2) 调节透半反镜的倾角和左右方向, 使显微镜的视场达到最亮

3) 调节显微镜的物镜, 使自己能清楚地看到叉丝

4) 对显微镜进行调焦, 找到干涉条纹, 尽量使叉丝与干涉环中心重合

② 测量

为测量R, 须测出圆环的半径, 实际测量弦长来代替, 对结果有影响

在测量过程中,为消除测距显微镜的回空差,应逐条用逐条逐条测量,即自中心暗环数到暗环⁴⁵环。然后依5环为间隔逐步减小环数,测出各环位置,最后通过中心暗环。再逐渐增大环数,测出对应各环位置。再统一算出各环弦长。为减小中心圆环附近的误差,要对高级次的圆环进行测量。
将测得的结果依级次为横坐标, $(lk)^2$ 为纵坐标作图,由斜率和截距算出透镜的曲率半径 R 。

③ 自光下观察到彩色圆环,各环从里到外颜色排列顺序为紫到红,最多级。

实验部分

光源波长 589.3 nm

干涉级数	10	15	20	25	30	35	40
干涉环位置 (mm) 左	17.540	17.026	16.517	16.126	15.798	15.463	15.154
干涉环位置 (mm) 右	22.598	23.150	23.601	23.996	24.349	24.682	25.009
直径 (弦长) (mm)	5.058	6.114	7.034	7.820	8.551	9.211	9.850
直径 (弦) 平方 (mm ²)	25.583	37.503	49.477	61.152	73.120	84.990	97.023

最小二乘法:

$$y_i = a + b x_i \Rightarrow \begin{cases} b = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\bar{x}^2 - (\bar{x})^2} \\ a = \bar{y} - b \bar{x} \end{cases}$$

弦长平方

干涉级数

$$\overline{xy} \approx 1769.412$$

$$\bar{x} = 25$$

$$\bar{y} = 61.264$$

$$\bar{x}^2 = 725$$

$$\therefore b = \frac{1769.412 - 25 \cdot 61.264}{725 - (25)^2} = \frac{237.812}{100} \approx 2.378 \text{ mm}^2$$

$$\overline{b^2} = 4k\lambda R$$

$$b = 4k\lambda R$$

$$R = \frac{b}{4\lambda} = \frac{2.378 \text{ mm}^2}{4 \cdot 589.3 \text{ nm}} \approx 1.0088 \text{ m}$$

$$a = 61.264 - 2.378 \times 25 = 1.814 \text{ mm}^2$$

不确定度:

$$u_{yi} = \left[\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$s_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$u_b = u_{yi} / \sqrt{s_{xx}}$$

$$\therefore u_{yi}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2}{n-2} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - 1.814 - 2.378x_i)^2}{7-2} = \frac{1.21 + 3.61 + 1.0609 + 1.2544 + 1.156 + 2.916 + 7.921}{5} \times 10^{-6}$$

$$u_{yi} = 1.71256 \times 10^{-6} \approx 84.41 \times 10^{-3}$$

$$s_{xx} = \sum_{i=1}^7 (x_i - 25)^2 = 700$$

$$= 7125.6 \times 10^{-6}$$

$$\therefore u_b = \frac{u_{yi}}{\sqrt{s_{xx}}} = \frac{84.41 \times 10^{-3}}{\sqrt{700}} \approx 3.1904 \times 10^{-3}$$

$$\therefore 4\lambda R = b = 2.378 \pm 0.003 \text{ mm}^2$$

$$\therefore R = \frac{2.378 \pm 0.003}{4\lambda} = \frac{2.378 \pm 0.003 \text{ mm}^2}{4.589.3 \text{ nm}} \approx (1.0088 \pm 0.0013) \text{ m}$$

考查题

1. 无法准确测量 r_k 半径, 用 k 弦长代替, 不能使用该式计算
2. 先沿一个方向调过测量范围, 实验中为暗条纹 45 环, 再沿逆向调回, 测量各级干涉环的左、右位置, 其间不再改变方向
3. 中心部分有形变, 造成测量误差
4. 使反射光在通过牛顿环后的路径垂直镜筒
5. 按照 2 中方法, 一次性从左侧 40 环测到右侧 40 环。

思考题

1. 略 $\Delta k = \frac{(k-\frac{1}{2})\lambda}{2}, \Delta k = k\lambda, r_k^2 \approx 2R\Delta k$

2. 可以

$$\Delta k = \frac{(k-\frac{1}{2})\lambda}{2}, \Delta k = k\lambda$$

$$r_k^2 \approx 2R\Delta k, r_k = \sqrt{R(k-\frac{1}{2})\lambda}$$

$$l_k^2 = 4(r_k^2 - s^2) = 4R(k-\frac{1}{2})\lambda - 4s^2 = 4Rk\lambda - 2R\lambda - 4s^2$$

$$l_m^2 - l_n^2 = 4R\lambda(m-n)$$

公式不变, 测量方法也一致

3. 用凹球面模板填补空气部分, 使光程差恒为半波损失 $\frac{\lambda}{2}$, 此时模板与牛顿环的曲率半径应相同

图像如下:

