

《大学基础物理实验》课程实验报告

姓名及学号:2211082 蒋丰毅 专业:工科试验班 年级:22 级 座号:10

学院:软件学院 实验组别:C 组 实验时间:2023 年 5 月 19 日 星期五 上午

牛顿环

[实验目的]

1. 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。
2. 了解读数显微镜的使用方法。

[实验器材]

牛顿环装置, 钠灯, 读数显微镜

[实验原理]

牛顿环原理

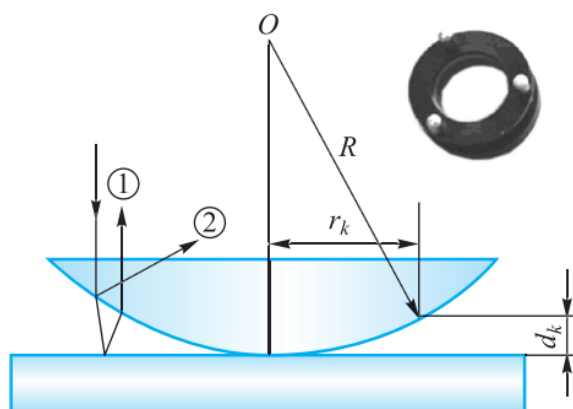


图 1: 牛顿环原理

测量原理

在图 1 中, 在图 4-1-1 中, R 为待测透镜凸面的曲率半径, r_k 是第 k 级干涉环的半径, d_k 是第 k 级干涉环所对应的空气间隙的厚度。如果入射光的波长为 λ , 则第 k 级干涉环所对应的光程差为

$$\Delta_k = 2d_k + \frac{\lambda}{2}$$

其中, $\frac{\lambda}{2}$ 为光由光疏介质入射到光密介质时, 反射光的半波损失。因此, 在接触点处 ($d_0=0$) 的光程差为

$$\Delta_0 = \frac{\lambda}{2}$$

在理想情况下, 牛顿环的中心是一个几何暗点。但在实际情况中, 透镜和平板玻璃接触时, 由于有重力和压力存在, 透镜的凸面和平板玻璃均发生形变, 两者的接触不再是点接触, 而是面接触。因此, 牛顿环的零级暗条纹不是个点, 而是一个较大的暗斑。

第 k 级干涉暗环处的光程差为

$$\Delta_k = 2d_k + \frac{\lambda}{2} = (k + \frac{1}{2})\lambda$$

所对应的空气间隙的厚度为

$$d_k = k\frac{\lambda}{2}$$

由于 $R \gg d_k$, 所以有

$$r_k^2 = R^2 - (R - d_k)^2 \approx 2Rd_k$$

可知第 k 级别的干涉暗环的半径为

$$r_k = \sqrt{k\lambda R}$$

但是在实际测量中, 无法确定干涉环圆心的位置, 但是可以获得弦长

$$l_k^2 = 4(r_k^2 - s^2)$$

代入之前的公式, 得到

$$l_k^2 = 4k\lambda R - 4s^2$$

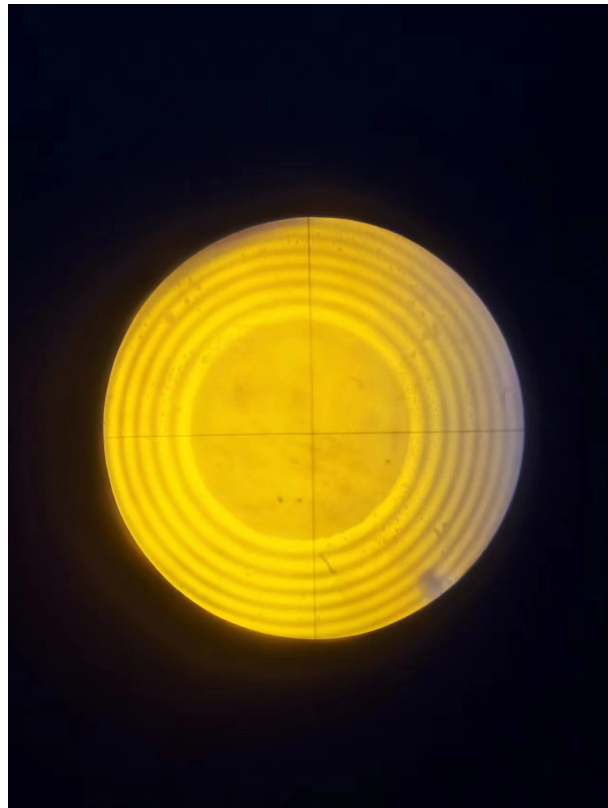
为了得到斜率求出 R , 测量不同数据利用最小二乘法计算出斜率。

[实验内容]

调节牛顿环装置

一、点燃钠灯 几分钟后它将发出明亮的黄光。调节半透半反镜的倾角和左右方向, 使显微镜的视场达到最亮。

二、找到暗纹 调节目镜, 使得能够清晰的看清叉丝, 将物镜的位置移动到最低, 眼睛看着目镜, 从下网上移动目镜, 知道能够看清条纹, 最后根据条纹的方向将叉丝移动到最中心的暗环处



牛顿环图片

三、测量 通过旋钮移动叉丝的位置，测量不同级次的干涉环的弦长，**注意：**在实验过程中，为了避免回程差，需从 45 级次开始，一直向同一个方向进行测量。

数据处理

光源波长:589.3nm

干涉级数		10	15	20	25	30	35	40
干涉位置	左	25.679	26.117	26.527	26.842	27.139	27.434	27.744
	右	19.878	19.395	18.921	18.559	18.205	17.901	17.57
弦长		5.801	6.722	7.606	8.283	8.934	9.533	10.174
弦长平方		33.651	45.185	57.851	68.608	79.816	90.878	103.510

表 1: 实验数据记录表 (单位:mm)

使用最小二乘法处理数据

$$l_k^2 = 4k\lambda R - 4s^2$$

目的: 求出直线斜率 $4\lambda R$

根据最小二乘法列出公式

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^7 y_i = 7a + b \sum_{i=1}^7 x_i \\ \sum_{i=1}^7 x_i y_i = a \sum_{i=1}^7 x_i + b \sum_{i=1}^7 x_i^2 \end{cases}$$

解得:

$$\begin{cases} a = \bar{y} - b\bar{x} \\ b = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2} \end{cases}$$

解得 $a = 2.306$, 故

$$R' = \frac{K}{4\lambda} = 0.9785mm$$

不确定度的计算

$$\mu_{y_i} = \sqrt{\sum_1^7 \frac{(y_i - a - bx_i)^2}{5}} = 0.5669$$

$$S_{xx} = \sum_1^7 (x_i - \bar{x})^2 = 700$$

$$\mu_b = \frac{\mu_{y_i}}{\sqrt{S_{xx}}} = 0.0214$$

则最终 $R = R'(1 \pm \mu_b) = 0.9785 \pm 0.0210(mm)$

[思考题]

可以. 此时每一级的波程差为

$$\Delta_k = 2d_k = (k+1)\lambda$$

空气间隙为

$$d_k = \frac{(k+1)\lambda}{2}$$

由于 $R \gg d_k$, $r_k^2 = R^2 - (R - d_k)^2 \approx 2Rd_k$

$$r_k = \sqrt{(k+1)\lambda R}$$

$$l_k^2 = 4(r_k^2 - s^2)$$

$$l_k^2 = ((k+1)\lambda R - s^2)$$

测量方法：

与暗环类似，先找到最中央的圆，移动叉丝到第 45 个暗纹后，反方向转动鼓轮，每隔五个记录一次数据。**注意：**转动之后不能再改变方向！

考察题目

第一题

因为不能保证叉丝移动轨迹刚好经过圆心，所以只能通过弦长的公式来计算。

第二题

先往一个方向移动超过需要测量的距离更多的距离，这样子再往回移动的过程中可以先移动一段距离然后再测量，可以避免回空差。

第三题

1. 低级次条纹容易受到牛顿环装置接触面的灰尘、形变等影响，往往不呈比较理想的圆环形。
2. 低级次条纹比较粗不利于准确测量
3. 此外，由于牛顿环装置接触面的灰尘、形变等影响，低级次的条纹往往会混杂在一起，造成分辨不清，难以计数。

第四题

便于观察牛顿环现象且易于测量. 如果视场过暗，则会导致无法看清干涉条纹，测量就会出现错误

第五题

1. 测量时应先数 45 级次，然后从 45 级次开始测量，按级次从大到小再变大测量. 测量时鼓轮必须朝一个方向转动：
2. 45 到 10 级次记录暗环外圈数值，10 到 45 级次记录内圈数值，这样就能得到相对准确的弦长值。