

物理实验报告

实验题目：光的干涉实验（一）薄膜干涉（牛顿环）

学号： 姓名： 班级： 成绩：10
同组人： 实验日期、时段： 9月15日 三时段 教师签名：孙

一、实验目的与要求

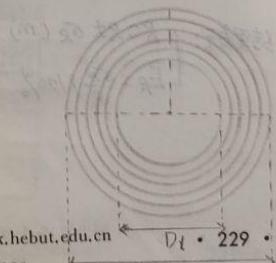
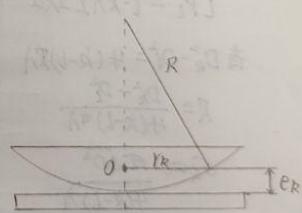
- (1) 理解牛顿环的成因及特点。
- (2) 观察和研究等厚干涉现象及其特点。
- (3) 练习用干涉法测量透镜的曲率半径、微小直径(或厚度)。

二、实验仪器

牛顿环装置、读数显微镜、钠光灯。

三、实验原理(用自己语言组织)

如图所示，在一块平面玻璃上放置一曲率半径很大的凸透镜，两者之间有一厚度逐渐增大的空气薄层，在以接触点O为圆心，半径值r为半径的圆周上，各点的空气层厚度e相等。实际上R是很大的(几米)，而已仅是几分之一毫米，由几何整理得 $e \approx \frac{r}{2R}$



河北工业大学物理实验中心网址：<http://wlzx.hebut.edu.cn>
网上选课地址：<http://202.113.124.190>

当以单色平行光垂直照射时，进入平凸透镜的光束一部分由透镜的凸透面反射回光，另一部分透过空气层后遇平面玻璃反射，这两束反射光形成等厚干涉。

其方程为：

$$8 = \frac{r_k^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & k=1, 2, \dots \text{(亮纹)} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & k=0, 1, 2, \dots \text{(暗纹)} \end{cases}$$

其中， $\frac{\lambda}{2}$ 为半波损失， k 为干涉条纹级次。

干涉条纹是一组以接触点 O 为中心的间隔相间的中央边缘密的同心圆环，称为牛顿环。

若入射光波长已知，测出牛顿环第 k 级暗纹的半径 r ，便可算出透镜的曲率半径 R 。

实际测量时，可通过测量离中心较远的两个暗纹环的直径来计算透镜的曲率半径，由上式可知

$$R = \frac{D_m^2 - D_l^2}{4(m-n)\lambda}$$

其中， D_m 是第 m 级暗环的直径， D_l 是第 l 级暗环的直径。

即：几何关系： $R^2 = r_k^2 + (R - e_k)^2 \rightarrow r_k^2 = 2e_k R - e_k^2$

光程差： $\delta = 2e_k + \frac{\lambda}{2}$

干涉条件：见上。

① $\delta = 2e_k + \frac{\lambda}{2}, R^2 = (R - e_k)^2 + r_k^2 \quad \boxed{D_k^2 - D_l^2 = 4(k-l)\lambda}$

② $R^2 = 2e_k R - e_k^2, \text{略去 } e_k^2$

$e_k = \frac{r_k^2}{2R}, e_k \pm a = \frac{r_k^2}{2R} \text{ (考虑 } a)$

③ $\delta = 2c \left(\frac{r_k^2}{2R} \pm a \right) + \frac{\lambda}{2} = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$

$\therefore \begin{cases} r_k^2 = k \cdot R \lambda \pm 2R a \\ r_l^2 = l \cdot R \lambda \pm 2R a \end{cases}$

有 $D_k^2 - D_l^2 = 4(k-l)\lambda$

$R = \frac{D_k^2 - D_l^2}{4(k-l)\lambda}$

$\sigma_R \approx \frac{\sigma_{\Delta D^2}}{4(k-l)\lambda}$

结果表示：

$$\begin{cases} R = R \pm \sigma_R \text{ (m)} \\ E_R = \frac{\sigma_R}{R} \times 100\% \end{cases}$$

四、实验内容与步骤

1. 调节实验装置，获得并观察牛顿环

- (1) 在自然光下观察并调节牛顿环装置
- (2) 将显微镜筒置于标尺中央
- (3) 打开钠光灯
- (4) 调节45°光镜
- (5) 调节显微镜
 - ① 调节目镜，看清十字丝
 - ② 调节物镜

2. 调节牛顿环直径

- (1) 旋转测微鼓轮，使镜筒从中心向左向右移动，两边都能看到50环以上。
- (2) 旋转测微鼓轮，使镜筒从中央暗斑开始沿一个方向移动。
- (3) 反向转动测微鼓轮，按起定读数记录。
- (4) 继续转动测微鼓轮，越过牛顿环中心暗斑，记录读数。

五、数据记录（数据表格自拟）

表1. 测定平凸透镜曲率半径的原始数据及计算结果。

$\lambda = 589.3 \text{ nm}$ 仪器型号 20071264 量程 50mm 分度值 1mm

| 环数 m | 45 | 30 | 25 | 20 |
|---|----|---------|--------|--------|
| m 环位置 $X_{m\text{右}} / \text{mm}$ | | 15.869 | 16.305 | 16.791 |
| $X_{m\text{左}} / \text{mm}$ | | 26.251 | 25.771 | 25.321 |
| m 环直径 $D_m = X_{m\text{右}} - X_{m\text{左}} / \text{mm}$ | | 10.382 | 9.466 | 8.530 |
| D_m^2 / mm^2 | | 107.786 | 89.605 | 72.781 |
| 环数 n | 25 | 20.15 | 15.10 | 12.5 |
| n 环位置 $X_{n\text{右}} / \text{mm}$ | | 17.331 | 17.961 | 18.780 |
| $X_{n\text{左}} / \text{mm}$ | | 24.780 | 24.152 | 23.321 |
| n 环直径 $D_n = X_{n\text{右}} - X_{n\text{左}} / \text{mm}$ | | 7.449 | 6.191 | 4.541 |
| D_n^2 / mm^2 | | 55.488 | 38.328 | 20.621 |
| $\Delta D^2 = D_m^2 - D_n^2 / \text{mm}^2$ | | 52.298 | 51.277 | 52.140 |
| $\Delta D^2 / \text{mm}^2$ | | | 51.905 | |
| $R = \frac{\Delta D^2}{4(m-n)\lambda} / \text{m}$ | | | 1.467 | |

六、数据处理(要有详细过程,包括不确定度计算等)

$$m-n=15$$

$$R = \frac{\Delta D^2}{4(m-n)\lambda} = \frac{51.905}{4 \times 15 \times 589.3 \times 10^{-9}} = 1.467 \text{ m}$$

$$\sigma_{\Delta D^2} = t_p \sqrt{\frac{\sum (\Delta D_i^2 - \bar{\Delta D}^2)^2}{n(n-1)}}$$

$$= 1.20 \times \sqrt{\frac{(52.298 - 51.905)^2 + (51.277 - 51.905)^2 + (52.140 - 51.905)^2}{3 \times 2}}$$

$$= 1.20 \times \sqrt{\frac{0.393^2 + 0.628^2 + 0.235^2}{12}}$$

$$= 1.20 \times \sqrt{\frac{0.1544 + 0.3944 + 0.0523}{12}}$$

$$= 1.20 \times \sqrt{0.0918}$$

$$= 1.20 \times 0.303$$

河北工业大学物理实验中心网址: <http://wlzx.hebut.edu.cn>

• 232 •

网上选课地址: <http://202.113.124.190>

$$= 0.3 \text{ mm}$$

$$= 3 \times 10^{-4} \text{ m}$$

物理实验报告

$$\sigma_R = \frac{\delta D^2}{4(m-n)\lambda} = \frac{0.3}{4 \times 15 \times 589.3 \times 10^{-6}} \approx \underline{\underline{0.3}} 8 \text{ mm} = 0.008 \text{ m}$$

$$E_R = \frac{\sigma_R}{R} \times 100\% = \frac{0.008}{1.467} \times 100\% = 0.5\%$$

∴ $\left\{ \begin{array}{l} R = R \pm \sigma_R = (1.467 \pm 0.008) \text{ m} \\ E_R = \frac{\sigma_R}{R} \times 100\% = 0.5\% \end{array} \right.$

七、实验分析

1. 本实验包含很多知识点，共有光的干涉、半波损失、显微镜的使用、读数等。
2. 在测量多环时，计数环数要有耐心。
3. 为了避免了入射程差，在测量过程中测微鼓轮中只能从一端向转动，不能倒转。

思考题与思维拓展：

③从牛顿环装置的下方透射出来的光能否形成干涉条纹？如果能的话，它和反射光形成的干涉条纹有何不同？

能形成干涉条纹。

每不同：明暗相反。



河北工业大学

HEBEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

表1. 测定平凸透镜曲率半径的原始数据及计算结果。

$\lambda = 589.3 \text{ nm}$ 仪器型号 20071264 量程 50 mm 分度值 1 mm

| 环数 m | 40 | 30 | 25 | 30 20 |
|---|----|---------------------------|-----------------|-----------------|
| m 环位置 $x_{m\text{右}} / \text{mm}$ | | 15.8930 | 16.3025 | 16.79120 |
| m 环位置 $x_{m\text{左}} / \text{mm}$ | | 26.251 | 25.771 | 25.321 |
| m 环直径 $D_m = x_{m\text{右}} - x_{m\text{左}} / \text{mm}$ | | 10.382 | 9.466 | 8.530 |
| D_m^2 / mm^2 | | 107.786 | 89.605 | 72.761 |
| 环数 n | 25 | 20 15 | 10 | 8 5 |
| n 环位置 $x_{n\text{右}} / \text{mm}$ | | 17.331 | 17.961 | 18.780 |
| n 环位置 $x_{n\text{左}} / \text{mm}$ | | 24.780 7.449 15.488 | 24.152 6.191 | 23.321 4.541 |
| n 环直径 $D_n = x_{n\text{右}} - x_{n\text{左}} / \text{mm}$ | | 55.488 | 38.328 | 20.621 |
| D_n^2 / mm^2 | | 52.298 | 51.277 | 52.140 |
| $\Delta D^2 / \text{mm}^2$ | | 51.905 | | |
| $\bar{R} = \frac{\overline{D^2}}{4(m-n)} \text{ mm}$ | | 1.467 | | 1.915 |