

## 实验目的: 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: fu

## 一、实验目的与要求

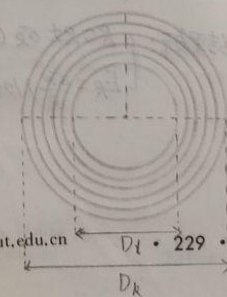
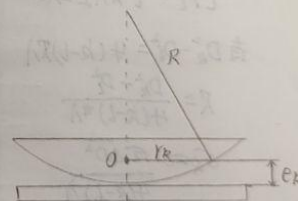
- (1) 理解牛顿环的成因及特点
- (2) 观察和研究等厚干涉现象及其特点
- (3) 练习用干涉法测量透镜的曲率半径、微小直径(或厚度)

## 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平凸透镜,两者之间有一厚度逐渐增大的空气薄层,在以接触点 $O$ 为中心,任意值 $r$ 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 $e$ 仅是几分之一毫米,由几何整理得 $e \approx \frac{r^2}{2R}$



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

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

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

若入射光波长  $\lambda$  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 
$$R = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda}$$

其中,  $D_m$  是第  $m$  级暗纹的直径,  $D_n$  是第  $n$  级暗纹的直径。

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  $\delta = 2e_k + \frac{\lambda}{2}, R^2 = (R - e_k)^2 + r_k^2$   ~~$r_k^2 = D_k^2 = 4(k-L)R\lambda$~~

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

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

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

有  $D_k^2 - D_l^2 = 4(k-l)R\lambda$

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

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

结果表示:  $\begin{cases} R = R \pm \sigma_R (m) \\ E_R = \frac{\sigma_R}{R} \times 100\% \end{cases}$

## 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°反光镜
- (5) 调节显微镜
  - ① 调节目镜, 看清十字叉丝
  - ② 调节物镜

## 2. 调节牛顿环直径

- (1) 旋转识别微鼓轮, 使镜筒从中心向左向右移动, 两边都能看到50环以上
- (2) 旋转识别微鼓轮, 使镜筒从中央暗斑开始沿一个方向移动
- (3) 反向转动识别微鼓轮, 按规定读数记录
- (4) 继续转动识别微鼓轮, 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 $m$		25	30	35	40
$m$ 环位置	$x_{m右}/\text{mm}$		15.869	16.305	16.791
	$x_{m左}/\text{mm}$		26.251	25.771	25.321
$m$ 环直径 $D_m =  x_{m右} - x_{m左} /\text{mm}$			10.382	9.466	8.530
$D_m^2/\text{mm}^2$			107.786	89.605	72.761
环数 $n$		25	20	15	10
$n$ 环位置	$x_{n右}/\text{mm}$		17.331	17.961	18.780
	$x_{n左}/\text{mm}$		24.780	24.152	23.321
$n$ 环直径 $D_n =  x_{n右} - x_{n左} /\text{mm}$			7.449	6.191	4.541
$D_n^2/\text{mm}^2$			55.478	38.328	20.621
$\Delta D^2 =  D_m^2 - D_n^2 /\text{mm}^2$			52.298	51.277	52.140
$\overline{\Delta D^2}/\text{mm}^2$				51.905	
$\bar{R} = \frac{\overline{\Delta D^2}}{4(m-n)\lambda} / \text{m}$				1.467	



六、数据处理(要有详细过程,包括不确定度计算等)

$$m-n=15$$

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

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

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

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

$$= 1.20 \times \sqrt{\frac{0.1544 + 0.3944 + 0.5523}{12}}$$

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

$$= 1.20 \times 0.303$$

• 232 •

$$= 0.3 \text{ mm}$$

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

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>

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

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

$$\therefore \begin{cases} R = R \pm \sigma_R = (1.467 \pm 0.008) \text{ m} \\ E_R = \frac{\sigma_R}{R} \times 100\% = 0.5\% \end{cases}$$

七、实验分析

1. 本实验已含很多知识点, 共有光的干涉、半波损失、显微镜的使用、读数等
2. 在测量环时, 计数环数要有耐心
3. 为了避免引入空程差, 在测量过程中以微鼓轮中只能从一方向转动, 不能倒转。

思考题与思维拓展:

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

能形成干涉纹。

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 50mm 分度值 1mm

环数 $m$		45	30 <del>40</del>	25 <del>35</del>	20 <del>30</del>
m环位置	$x_{m右}/\text{mm}$		15.869	16.305	16.791
	$x_{m左}/\text{mm}$		26.251	25.771	25.321
m环直径 $D_m =  x_{m右} - x_{m左} /\text{mm}$			10.382	9.466	8.530
$D_m^2/\text{mm}^2$			107.786	89.605	72.761
环数 $n$		25	20 <del>15</del>	15 <del>10</del>	10 <del>5</del>
n环位置	$x_{n右}/\text{mm}$		17.331	17.961	18.780
	$x_{n左}/\text{mm}$		24.780	24.152	23.321
n环直径 $D_n =  x_{n右} - x_{n左} /\text{mm}$			7.449 <del>55.488</del>	6.191	4.541
$D_n^2/\text{mm}^2$			55.488	38.328	20.621
$\Delta D^2 =  D_m^2 - D_n^2 /\text{mm}^2$			52.298	51.277	52.140
$\overline{\Delta D^2}/\text{mm}^2$			51.905		
$\bar{R} = \frac{\overline{\Delta D^2}}{4(m-n)\lambda} / \text{mm}$			1.467		

12. 9.15