

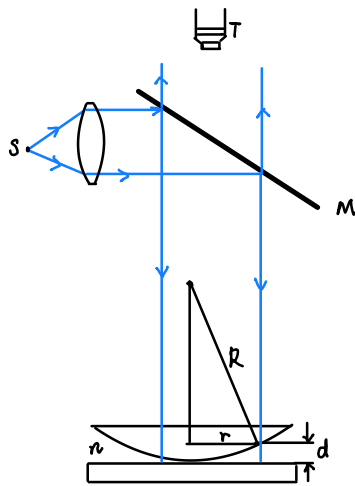
班级\_\_\_\_\_ 学号\_\_\_\_\_ 姓名\_\_\_\_\_ 教师签字 张敬  
 实验日期 2024/9/19 预习成绩 2 总成绩\_\_\_\_\_

## 实验名称 光的等厚干涉现象与应用

### 一、预习

预习指导书, 设牛顿环的第  $m$  级暗环半径为  $r_m$ , 该处对应的空气隙厚度为  $d$ , 凸透镜的凸面曲率半径为  $R$ , 空气隙折射率取  $n=1$ , 推导出牛顿环的第  $m$  级暗环半径  $r_m$  的表达式

$$r_m = \sqrt{m\lambda \left( R - \frac{m\lambda}{4} \right)}$$



光垂直入射厚度  $d$  处, 则  $\Delta = 2nd + \frac{\lambda}{2}$

由图得  $r^2 = R^2 - (R-d)^2 = 2Rd - d^2$

故  $r = \sqrt{2Rd - d^2} = \sqrt{\frac{\Delta - \frac{\lambda}{2}}{2n} \left( 2R - \frac{\Delta - \frac{\lambda}{2}}{2n} \right)}$

由干涉减弱点条件  $\Delta = (2k+1) \frac{\lambda}{2} \quad k=0, 1, 2, \dots$

解得暗环半径  $r = \sqrt{\frac{k\lambda}{n} \left( R - \frac{k\lambda}{4n} \right)} \quad k=0, 1, 2, \dots$

故第  $m$  级暗环半径  $r_m = \sqrt{m\lambda \left( R - \frac{m\lambda}{4} \right)}$

## 二、原始数据记录

1.

牛顿环测透镜曲率半径数据记录

环的序数	$m$	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
环的位置读数	左	29.018	28.930	28.862	28.801	28.733	28.664	28.595	28.526	28.441	28.361	28.285
/mm	右	20.941	21.012	21.080	21.140	21.214	21.291	21.349	21.410	21.491	21.560	21.633

环的序数	$n$	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
环的位置读数	左	28.198	28.121	28.040	27.968	27.845	27.761	27.653	27.555	27.455	27.341	27.230
/mm	右	21.710	21.802	21.871	21.960	22.041	22.128	22.219	22.321	22.402	22.524	22.599

2.

劈尖干涉测磁带厚度数据记录(选做)

测量次数	第 $i$ 条干涉条纹位置 $x_1$ (mm)	第 $(i+10)$ 条干涉条纹位置 $x_2$ (mm)
1		
2		
3		
4		
5		

教师	姓名
签字	陆安宇

## 三、数据处理

用逐差法求  $D_m^2 - D_n^2$  的平均值；计算曲率半径  $R$  的平均值及不确定度；计算磁带的厚度（选做），要有完整的计算过程。

m	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
$D_m^2$	65.24	62.69	60.56	58.69	56.54	54.36	52.50	50.64	48.44	46.25	44.25
n	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10
$D_n^2$	42.09	39.96	38.06	35.86	33.69	31.73	29.53	27.39	25.53	23.20	21.82
$D_m^2 - D_n^2$	23.15	22.73	22.5	22.83	22.85	22.63	22.97	23.25	22.91	23.05	22.43
$[(D_m^2 - D_n^2) - \overline{(D_m^2 - D_n^2)}]^2$	0.0961	0.0121	0.1156	0.0001	0.0001	0.0441	0.0169	0.1681	0.0049	0.0041	0.1681

$$\text{由逐差法得 } \overline{(D_m^2 - D_n^2)} = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} (D_m^2 - D_n^2) = 22.84 \text{ mm}^2$$

$$\text{故平凸透镜的曲率半径 } \bar{R} = \frac{\overline{(D_m^2 - D_n^2)}}{4m\lambda} = \frac{22.84 \text{ mm}^2}{44 \times 589.3 \text{ nm}} = 880.9 \text{ nm}$$

$$\text{不确定度 } U_{\overline{(D_m^2 - D_n^2)}} \approx S_{\overline{(D_m^2 - D_n^2)}} = \sqrt{\frac{1}{11 \times 10} \sum_{i=1}^{11} [(D_m^2 - D_n^2) - \overline{(D_m^2 - D_n^2)}]^2} = 0.07806 \text{ mm}^2$$

$$\text{则不确定度 } U_{\bar{R}} = \frac{U_{\overline{(D_m^2 - D_n^2)}}}{4(m-n)\lambda} = \frac{0.07806 \text{ mm}^2}{44 \times 589.3 \text{ nm}} = 3.010 \text{ mm}$$

$$\text{相对误差 } E = \frac{U_{\bar{R}}}{\bar{R}} \times 100\% = \frac{3.010 \text{ mm}}{880.9 \text{ nm}} \times 100\% = 0.3417\%$$

## 四、实验结论及现象分析

$$\text{逐差法得 } \overline{(D_m^2 - D_n^2)} = 22.84 \text{ mm}^2$$

$$\text{曲率半径 } \bar{R} = 880.9 \text{ nm}, \text{ 不确定度 } U_{\bar{R}} = 3.010 \text{ mm}, \text{ 相对误差 } E = 0.3417\%$$

$$\text{故 } R = (880.9 \pm 3.1) \text{ mm}$$

## 五、讨论题

1. 理论上牛顿环中心是个暗点，实际上看到的往往是个忽明忽暗的班，其原因是什么？对透镜曲率半径 $R$ 测量有无影响？

因为平凸透镜和底板玻璃接触时，由于接触压力引起形变，使接触处并非一个点而是一圆面；且装置也不可能完全密封，可能有微尘进入，引入附加光程差。所以牛顿环中心的光程差不一定对应 $\frac{\lambda}{2}$ ，可能略大或略小，当它恰好等于半波长偶数倍的时候，此处就出现亮条纹了。

对透镜的曲率半径测量无影响。因为在数据处理中，已经去除了附加厚度的影响。推导如下：假定该实验装置圆心处附加厚度为 $a$ ，则图中第 $k$ 级条纹对应空气层的厚度为 $d_k + a$ 。形成暗纹的条件为 $\Delta = 2(d_k + a) + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$ ，得 $d_k + a = \frac{1}{2}k\lambda$ 。

由勾股定理仍然有 $R^2 = (R - d_k)^2 + r_k^2$ ，故仍有 $2Rd_k - d_k^2 = r_k^2$ ，忽略 $d_k^2$ 可得 $r_k^2 = 2Rd_k = 2R(\frac{1}{2}k\lambda - a) = Rk\lambda - 2Ra$ 。

此时取 $k = m, k = n$ 代入得 $r_m^2 - r_n^2 = (m - n)R\lambda$ ，则 $R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m - n)\lambda}$ ，由此可知 $R$ 的表达式不含 $a$ ，所以对曲率半径测量无影响。

2. 实验中，若平板玻璃上有微小的凸起，则凸起处的干涉条纹会发生如何变化？

凸起处的干涉条纹会向外背离劈尖方向弯曲。