

课程编号_____

得分	教师签名	批改日期

深 圳 大 学 实 验 报 告

课程名称：_____大学物理实验（一）_____

实验名称：_____等厚干涉_____

学 院：_____数学科学学院_____

指导教师：_____郭树青_____

报告人：_____刘俊熙_____组号：_____18_____

学号_____2023193004_____实验地点_____致原楼 211_____

实验时间：_____2024_____年_____4_____月_____30_____日

提交时间：_____

一、实验目的

1. 利用等厚干涉图像测量平面凸透镜的曲率半径
2. 掌握读数显微镜的调节和使用
3. 学习使用逐差法处理数据

二、实验原理

1. 等厚干涉（牛顿环）

当入射光垂直入射时，经平面凸透镜与平面玻璃之间的空气层，上下表面反射的两束光存在光程差，它们在平面凸透镜的凸面上相遇就会产生干涉现象。

以 O 点为圆心的同心圆的光程差相等，形成等厚干涉，生成一系列明暗相间的同心圆环，成为牛顿环。如图 1 所示。

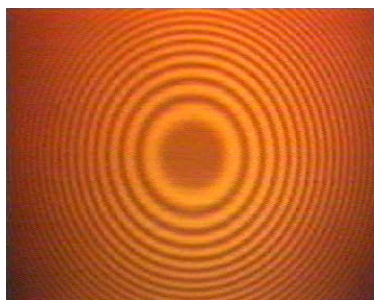


图 1 牛顿环

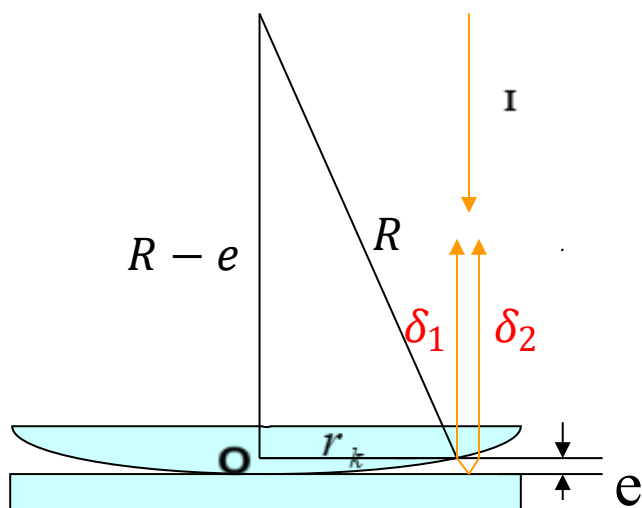


图 2 牛顿环等厚干涉光路图

由几何关系：

$$R^2 = (R - e)^2 + r_k^2 = R^2 + r_k^2 - 2Re + e^2$$

其中， R 为平面凸透镜的曲率半径， r_k 为 k 级圆环半径， e 为 k 级圆环处空气层厚度。

由于 e^2 为高阶无穷小，可舍去，即得：

$$r_k^2 = 2Re$$

由于 δ_2 存在半波损失，故应有 $\frac{\lambda}{2}$ 的附加光程差，两束相干光的光程差为：

$$\Delta = \delta_2 - \delta_1 = 2ne + \frac{\lambda}{2}$$

由于干涉原理知（对于空气， $n=1$ ）：

$$\Delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & (k=1,2,3...) \text{ 明环} \\ \frac{(2k+1)\lambda}{2} & (k=1,2,3...) \text{ 暗环} \end{cases}$$

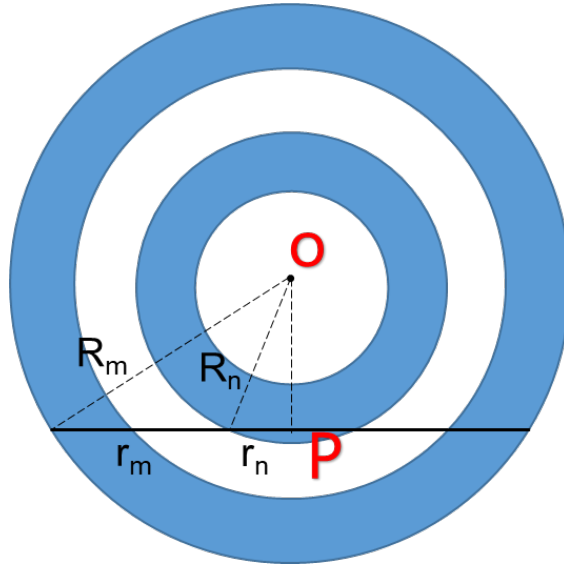


图 3 明暗环示意图

$$R_m^2 - r_m^2 = R_n^2 - r_n^2 = OP^2$$

由

$$r_k^2 = 2Re$$

$$\Delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$$

和干涉条件得：

$$r_k^2 = (k + \frac{1}{2})R\lambda, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

r_k 为 k 级明环半径。

$$r_k^2 = kR\lambda, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

r_k 为 k 级暗环半径。

设 m 级、n 级暗环半径分别为 r_m, r_n

$$r_m^2 = mR\lambda$$

$$r_n^2 = nR\lambda$$

$$r_m^2 - r_n^2 = (m - n)R\lambda$$

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

其中, D_m, D_n 分别为 m 级暗环和 n 级暗环的直径。

故有:

不必需确定某一环的级数; 不必需确定牛顿环的中心。

三、实验仪器:

牛顿环装置、读数显微镜、钠光灯、稳压源

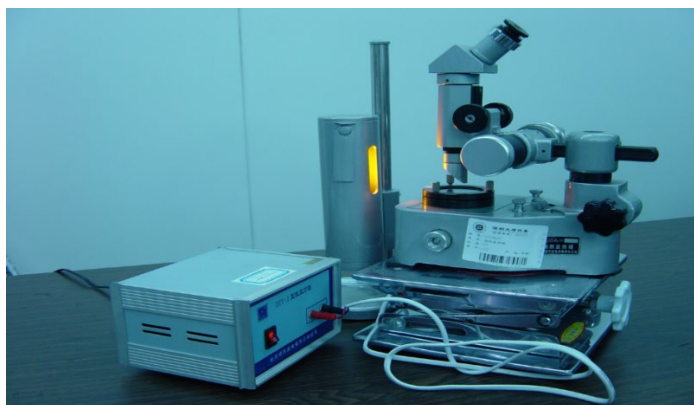


图 4 实验仪器

四、实验内容:

1. 调节仪器

- 1.1. 调整牛顿环装置金属框上的螺丝, 使干涉条纹呈圆形并处于牛顿环仪的中心 (不可挤压过紧);
- 1.2. 开启钠光灯, 将牛顿环置于显微镜筒下方, 调节显微镜座架高度, 使套在显微镜镜头上的 45 度反光镜与钠光灯等高, 入射光近乎垂直入射, 并使钠黄光充满整个视场;
- 1.3. 调节目镜, 使十字叉丝清晰 (消除视差);
- 1.4. 显微镜聚焦, 使干涉条纹清晰 (显微镜筒自下而上缓慢移动), 摇动测微鼓轮, 使十字叉丝交点

位置大致再牛顿环中心位置；

- 1.5. 观察待测各环，上下左右是否清晰，光强均匀。

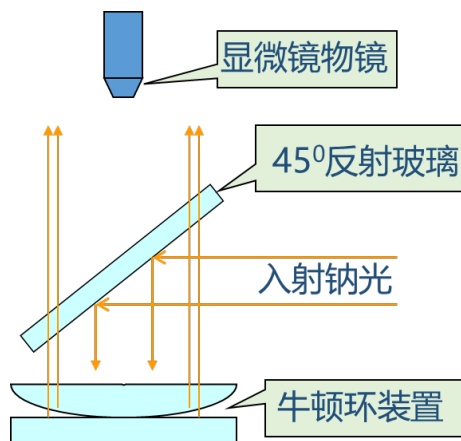


图 5 仪器调节示意图

2. 测量平面凸透镜的曲率半径

- 2.1. 调节目镜镜筒，使一根十字叉丝与显微镜移动方向垂直，另一根和显微镜移动方向一致
- 2.2. 旋转显微镜测微鼓轮，使十字叉丝由牛顿环中央缓慢移动到一侧，然后自此开始，单方向移动，依次测出显微镜十字叉丝与各条纹相切的位置读数 $x_{24}, x_{23}, \dots, x_5$ ，继续越过中央暗斑，读取

$$x'_5, x'_6, x'_7, \dots, x'_{24}$$

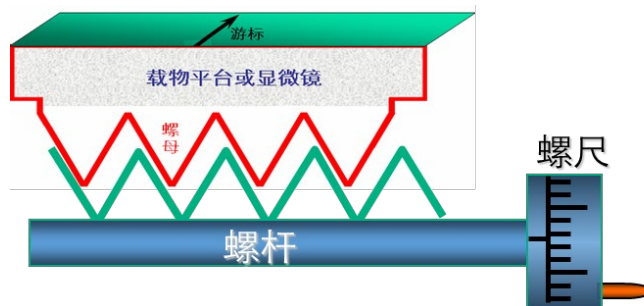


图 6 螺尺螺杆示意图

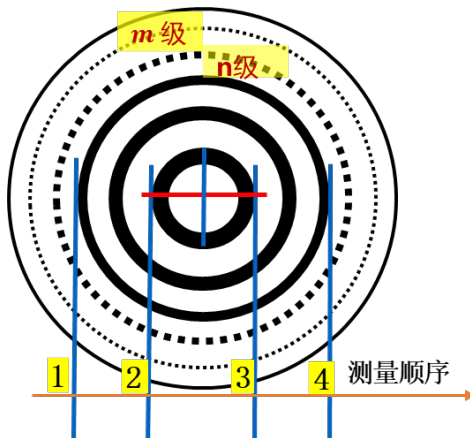


图 7 测量示意图

五、数据记录：（原始数据再抄一份附在这部分）

组号： 18 ； 姓名 刘俊熙

环的级数	m	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15
环的位置	右侧 (mm)	20.528	20.609	20.708	20.787	20.898	21.020	21.151	21.255	21.381	21.485
	左侧 (mm)	29.570	29.475	29.369	29.255	29.160	29.045	28.952	28.835	28.732	28.605

环的级数	n	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
环的位置	右侧 (mm)	21.605	21.738	21.858	21.990	22.135	22.280	22.441	22.608	22.772	22.979
	左侧 (mm)	28.490	28.365	28.232	28.210	27.960	27.798	27.652	27.480	27.312	27.108

六、数据处理

已知公式

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

其中 λ 取钠双黄线平均波长 589.3nm.

R 平均值:

$$\bar{R} = \frac{1}{4(m-n)\lambda} \cdot \left[\frac{(D_{15}^2 - D_5^2) + (D_{16}^2 - D_6^2) + \cdots + (D_{24}^2 - D_{14}^2)}{10} \right]$$

可得

$$\frac{\partial \bar{R}}{\partial D_{15}} = \frac{1}{40(m-n)\lambda} \cdot 2D_{15} = \frac{1}{20(m-n)\lambda} \cdot D_{15}$$

又

$$\Delta D_{15} = \Delta D_5 = \Delta D = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.00577(\text{m})$$

$$\Delta R_i = \sqrt{\left(\frac{\partial \bar{R}}{\partial D_m} \right)^2 \cdot \Delta D_m^2 + \left(\frac{\partial \bar{R}}{\partial D_n} \right)^2 \cdot \Delta D_n^2}$$

综合以上步骤计算，可得下表：

环的级数	m	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15
环的位置	右侧 (mm)	20.528	20.609	20.708	20.787	20.898	21.020	21.151	21.255	21.381	21.485
	左侧 (mm)	29.570	29.475	29.369	29.255	29.160	29.045	28.952	28.835	28.732	28.605
环的直径 D_m	(mm)	9.042	8.866	8.661	8.468	8.262	8.025	7.801	7.580	7.351	7.120
D_m²	(mm ²)	81.758	78.606	75.013	71.707	68.261	64.401	60.856	57.456	54.037	50.694
环的级数	n	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
环的位置	右侧 (mm)	21.605	21.738	21.858	21.990	22.135	22.280	22.441	22.608	22.772	22.979
	左侧 (mm)	28.490	28.365	28.232	28.210	27.960	27.798	27.652	27.480	27.312	27.108
环的直径 D_m	(mm)	6.885	6.627	6.374	6.220	5.825	5.518	5.211	4.872	4.540	4.129
D_m²	(mm ²)	47.403	43.917	40.628	38.688	33.931	30.448	27.155	23.736	20.612	17.049
D_m²-D_n²	(mm ²)	34.355	34.689	34.385	33.019	34.330	33.952	33.701	33.720	33.426	33.646
R	(m)	1.457	1.472	1.459	1.401	1.456	1.440	1.430	1.431	1.418	1.427
ΔR	(m)	0.00146	0.00147	0.00147	0.00148	0.00149	0.00150	0.00151	0.00152	0.00153	0.00154

计算得：

$$\bar{R} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} R_i = 1.439(\text{m})$$

$$\Delta \bar{R} = \sqrt{\left(\frac{\partial \bar{R}}{\partial D_{15}}\right)^2 \cdot \Delta D_{15}^2 + \left(\frac{\partial \bar{R}}{\partial D_5}\right)^2 \cdot \Delta D_5^2 + \dots} = 0.005(m)$$

故结果为

$$R = (1.439 \pm 0.005)\text{m}$$

七、实验结果与总结

7.1 结果陈述

在本次等厚干涉实验中，我们成功利用牛顿环装置和读数显微镜测量了平面凸透镜的曲率半径。通过对不同级数的明暗环进行精确测量，并应用等厚干涉原理，我们得到了以下结果：

首先，我们测量了右侧和左侧多个环的位置数据，并记录了这些环的级数。通过对比 m 级和 n 级环的位置数据，我们选取了 m 级环（级数从 24 至 15）和 n 级环（级数从 14 至 5）的位置数据，利用逐差法计算出了相邻环之间的直径差，并根据等厚干涉原理的公式，推导出了平面凸透镜的曲率半径。

根据实验数据和理论公式的计算，我们得出了平面凸透镜的曲率半径的具体数值 $(1.439 \pm 0.005)\text{m}$ 。这一结果与预期相符，证明了等厚干涉原理在测量曲率半径方面的有效性和准确性。

综上所述，本次实验通过利用等厚干涉原理和牛顿环装置，成功测量了平面凸透镜的曲率半径，并得到了与理论预测相符的实验结果。

7.2、实验总结

通过本次等厚干涉实验，我掌握了读数显微镜的调节和使用方法，学会了如何通过调节显微镜和钠光灯来获得清晰的干涉条纹，也深入理解了等厚干涉原理及其在测量曲率半径方面的应用。

在实验过程中，我也发现了一些可以改进的地方。例如，在测量环的位置时，由于暗环是有一定宽度的，在测量级数较小的环时，由于十字叉丝比环的宽度小得多，容易产生误差。本次实验中的很大一部分误差来源于此。故测量时可以只测量环固定一边的位置，可以减少误差。

此外，由于级数较大时干涉环较密，不容易数，故可以从比预定值更大的级数开始测量，以确保目标环的数据被记录。

另外，需要尤其注意测量过程中不能向反方向旋转显微镜测微鼓轮，会对实验数据造成不可挽回的破坏。

八、思考题

1. 试分析本次牛顿环实验误差的可能来源：
 - a) 十字叉丝未调平
 - b) 回调显微镜测微鼓轮
 - c) 读数时未固定环的测量位置
 - d) 读数人为误差
 - e) 因微小震动导致的牛顿环位移
2. 若测量某种透明液体光学介质的折射率，设计具体的实验装置，并分析需注意的事项，请简要概述。

实验装置：

- i. 光源：单色光源（如激光），保证光线的单色性。
- ii. 样品池：用于放置待测液体，要求池壁透明且平整。
- iii. 折射角测量装置：如测角仪或类似的测量设备，用于测量光线经过液体后的折射角。
- iv. 支架与调节装置：用于固定和调节光源、样品池和测量装置。

需注意的事项:

- i. **光源选择:** 确保使用单色光源, 以减少色散的影响。
- ii. **样品池:** 确保样品池清洁、干燥、无气泡, 且池壁平整, 以减少误差。
- iii. **测量过程:** 保持环境温度稳定, 减少温度对折射率的影响。同时, 确保测量过程中光线稳定, 避免抖动或偏移。
- iv. **数据处理:** 使用多次测量取平均值的方法, 提高测量精度。同时, 注意分析并剔除异常数据。

概述:

通过搭建包含单色光源、样品池和折射角测量装置的实验系统, 可以测量透明液体光学介质的折射率。在测量过程中, 需注意光源选择、样品池准备、测量环境和数据处理等方面的事项, 以确保测量结果的准确性。

指导教师批阅意见:

成绩评定:

预习 (20分)	操作及记录 (40分)	数据处理与结果陈述 30 分	思考题 10 分	报告整体 印象	总分