



等厚干涉

物理实验（一）



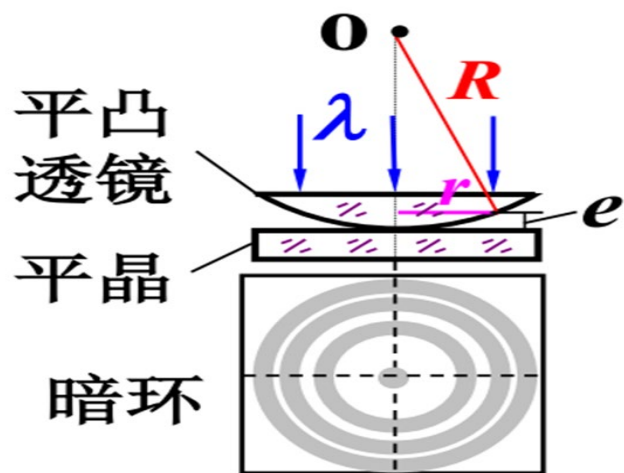
今日提问:

1. 光的干涉形成的条件是什么?
2. 如何消除显微镜的视差?
3. 怎么样消除螺旋测微器的空程差?
4. 干涉条纹明纹与暗纹的条件是什么?



历史背景

牛顿环是牛顿在1675年首先观察到的。将一块曲率半径较大的平凸透镜放在一块玻璃平板上，用单色光照射透镜与玻璃板，就可以观察到一些明暗相间的同心圆环。

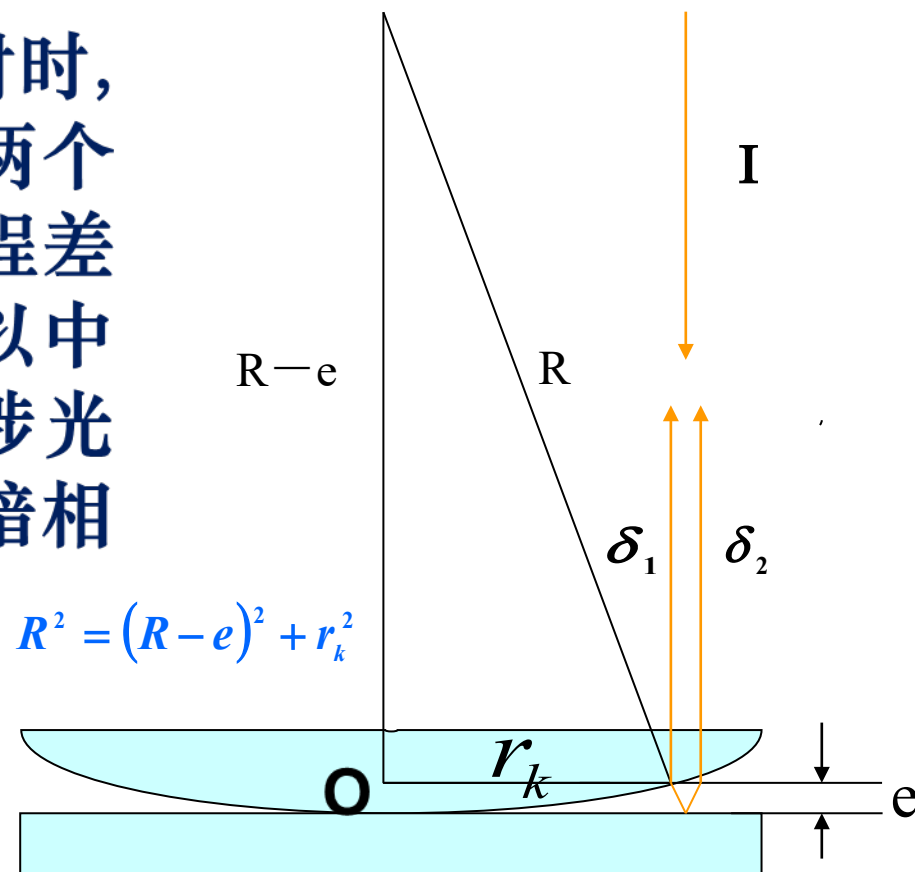


实验目的

1. 了解读数显微镜的调节和使用
2. 利用等厚干涉图像测量玻璃的曲率半径
3. 学习使用逐差法处理数据

二. 实验原理/ 2.1 牛顿环

当入射光I(钠黄光波长589.3nm) 垂直入射时, 经平凸透镜与平面玻璃之间的空气层上、下两个表面反射的两束反射光 δ_1 和 δ_2 频率相同, 光程差恒定, 是相干光产生干涉。由于平凸镜凸面以中心O为圆心的同一个同心圆上所有点两束干涉光光程差相同, 形成等厚干涉, 生成一系列明暗相间的同心圆环。(干涉条件?)



牛顿环等厚干涉光路图

由几何关系： $R^2 = (R - e)^2 + r_k^2 = R^2 + r_k^2 - 2Re + e^2$

由于 e^2 为高阶无穷小，可舍去。得 $r_k^2 = 2Re$

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

两束相干光的光程差： $\Delta = \delta_2 - \delta_1 = 2ne + \lambda/2$

由于 δ_2 存在半波损失，故应有 $\frac{\lambda}{2}$ 的附加光程差。

根据干涉原理：（由于是空气， $n = 1$ ）

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

由 $r_k^2 = 2 R e \Delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$ 和干涉条件得:

$$r_k^2 = \left(k - \frac{1}{2}\right) R \lambda \quad k = 1.2.3..... \quad r_k \text{ 为 } K \text{ 级明环半径}$$

$$r_k^2 = k R \lambda \quad k = 0.1.2.3..... \quad r_k \text{ 为 } K \text{ 级暗环半径}$$

以 r_m . r_n 分别表示m级.n级暗环的半径,则:

$$r_m^2 = m R \lambda \quad r_n^2 = n R \lambda$$

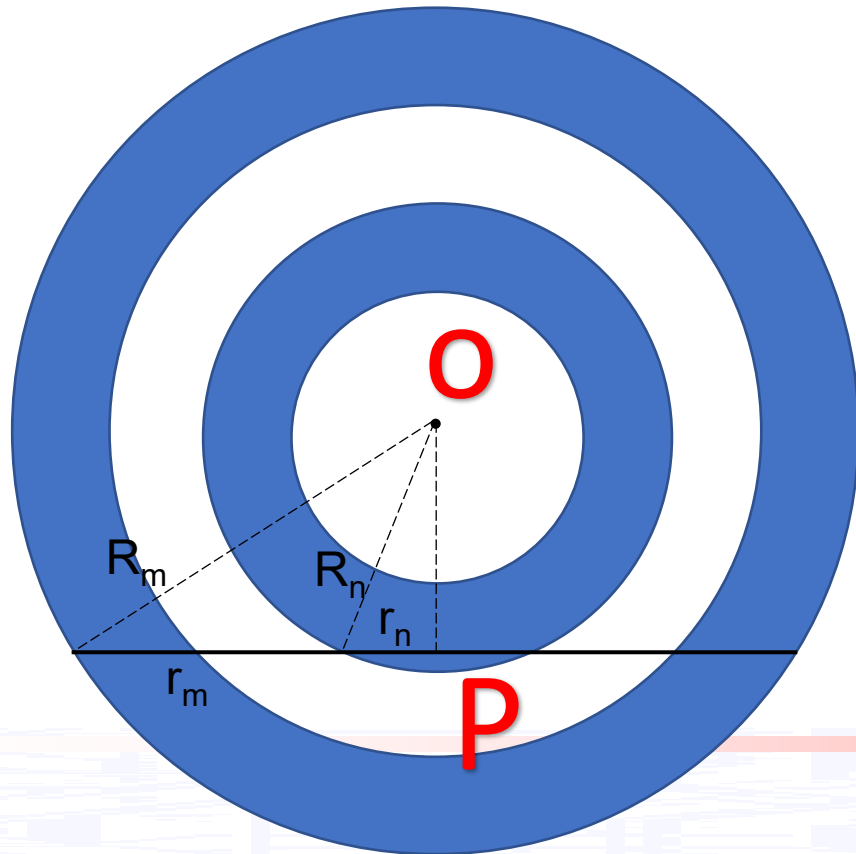
$$r_m^2 - r_n^2 = (m - n) R \lambda$$

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

不必确定某一环的级数
不必确定牛顿环的中心

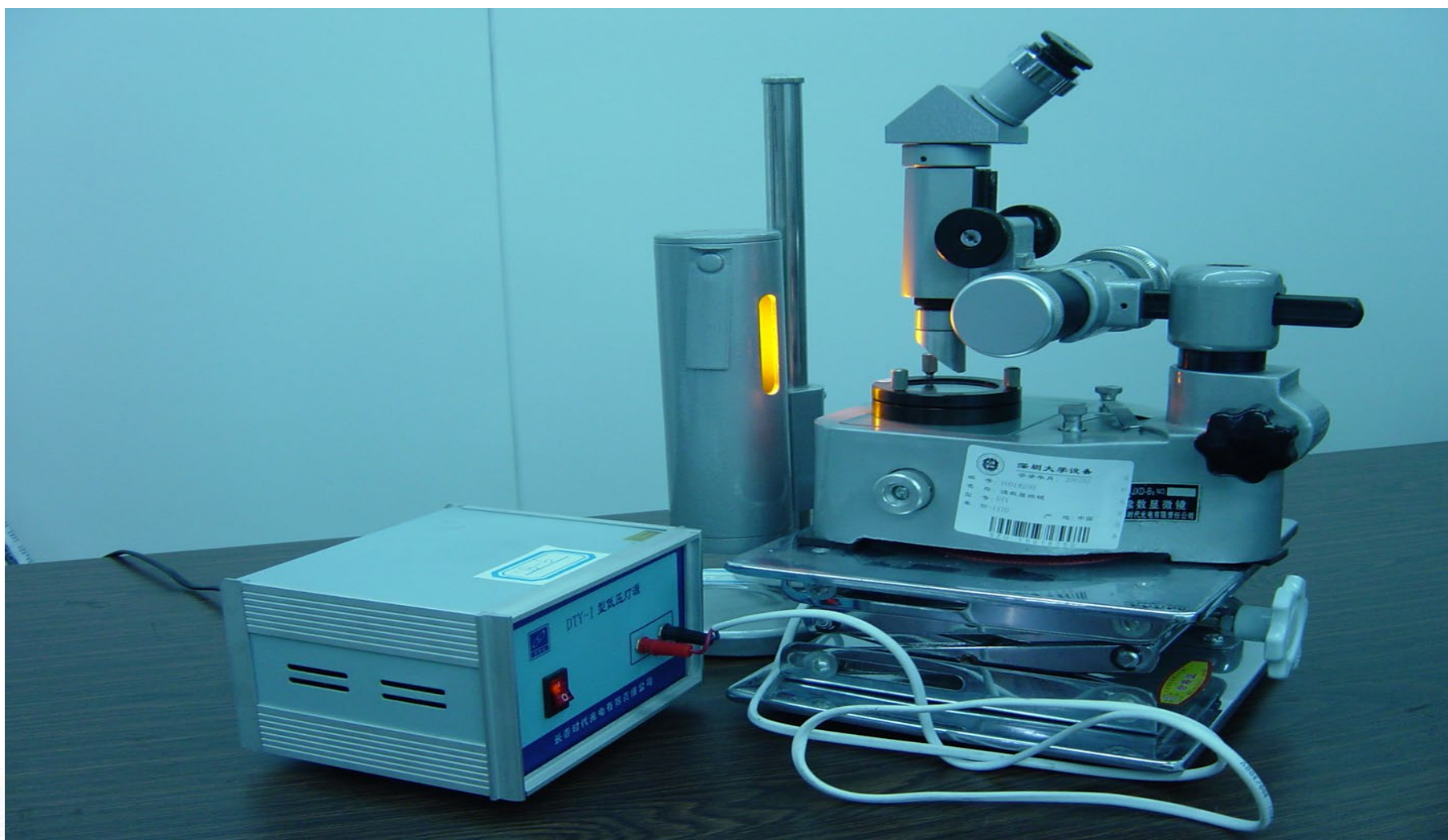


$$R_m^2 - r_m^2 = R_n^2 - r_n^2 = OP^2$$



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

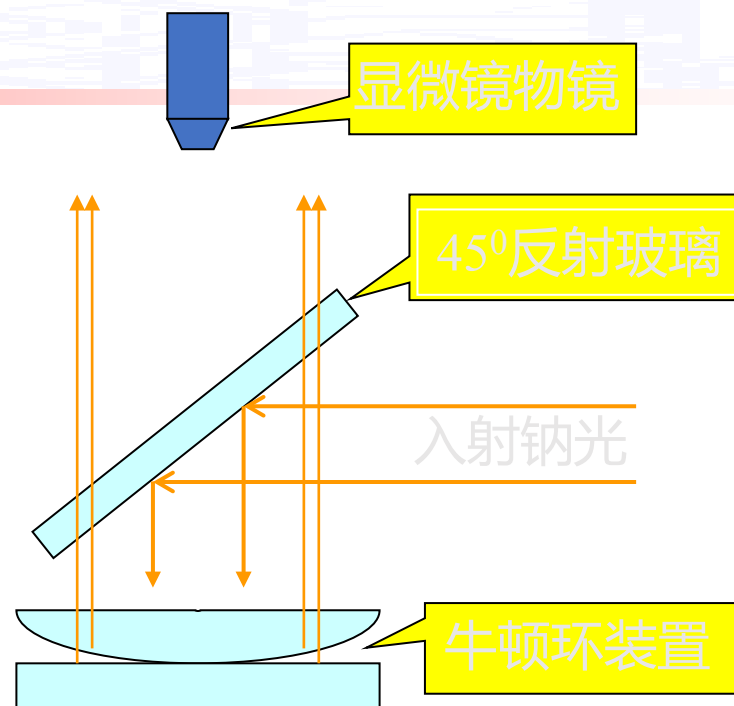
实验仪器



三.实验步骤

1. 调整仪器:

- a. 调节牛顿环装置金属框上的 螺丝, 使平凸透镜自然地放在平板玻璃上。
- b. 调整 45° 反射平面玻璃及读数显微镜的位置,使入射光近乎 垂直入射,并使钠黄光充满整 个视场。



牛顿环干涉光路图

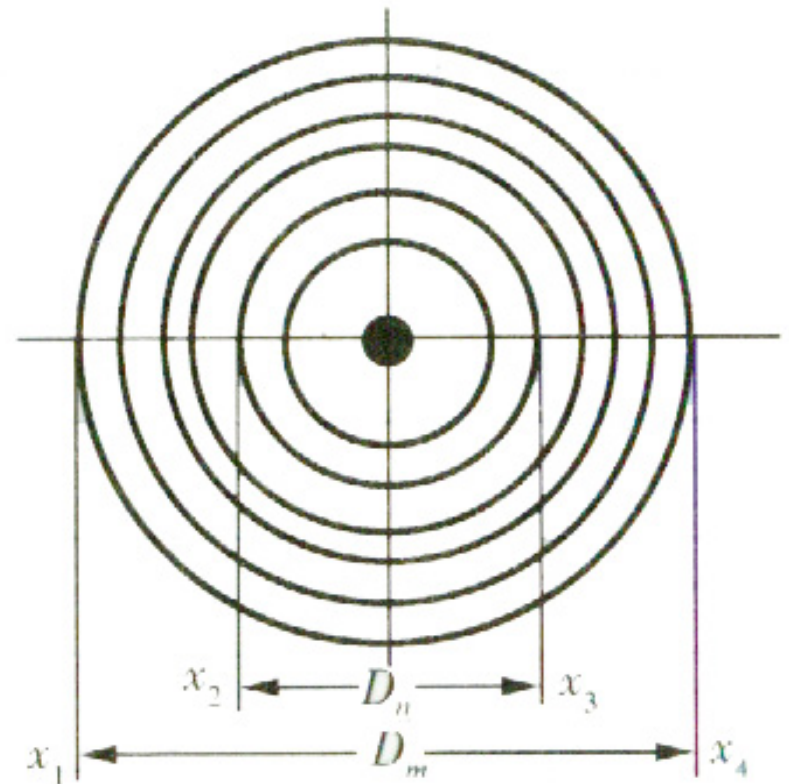
- c. 调节目镜,使十字叉丝清晰 (消除视差);显微镜调焦,看清干涉条纹,摇动 测微鼓轮,使叉丝交点大致在牛顿环环心位置。
- d. 观察待测各环,其左右.上下是否清晰, 光强均匀。



2. 定量测量:

测量时,测微鼓轮只能沿一个方向旋转, 切忌反转, 以免产生空程差。

干涉条纹如何定位?
(在实验报告上说明你的定位方法)



$$\lambda = 589.3 \text{ nm}$$

环的级数	m	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15
环的位置	右侧 (mm)										
	左侧 (mm)										
环的直径D _m	(mm)										
D _m ²	(mm ²)										
环的级数	n	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
环的位置	右侧 (mm)										
	左侧 (mm)										
环的直径D _n	(mm)										
D _n ²	(mm ²)										
D _m ² -D _n ²	(mm ²)										
$R = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m-n)\lambda}$	(m)										
ΔR	(m)										

结果表示 $R = \bar{R} \pm \Delta R$, $\Delta R_A = \sqrt{\sum_{i=1}^k (R_i - \bar{R})^2 / (k(k-1))}$, $\Delta R_B = \frac{\Delta_{\text{仪器}}}{\sqrt{3}}$, $\Delta R = \sqrt{\Delta R_A^2 + \Delta R_B^2}$



思考题

- 分析本次牛顿环实验误差的可能来源。
- 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（放置牛顿环的装置，包含设计简图），及分析需要注意的事项。