



深圳大学

大学物理实验 (一)

等厚干涉



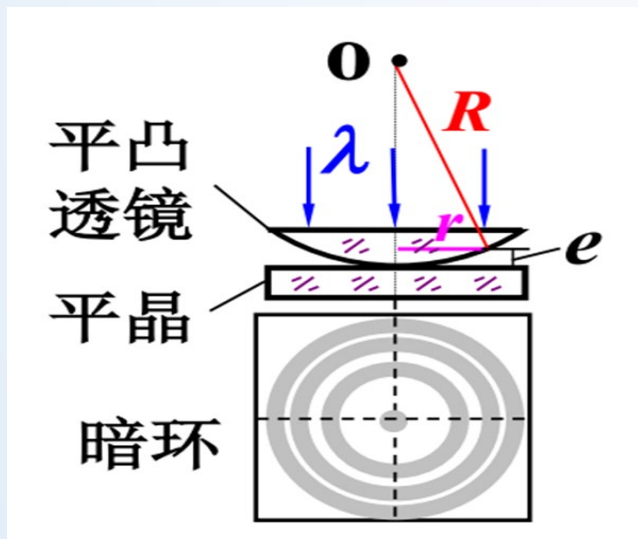
物理实验教学中心



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

背景简介

- **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。





一、实验目的

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

二、实验原理

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。

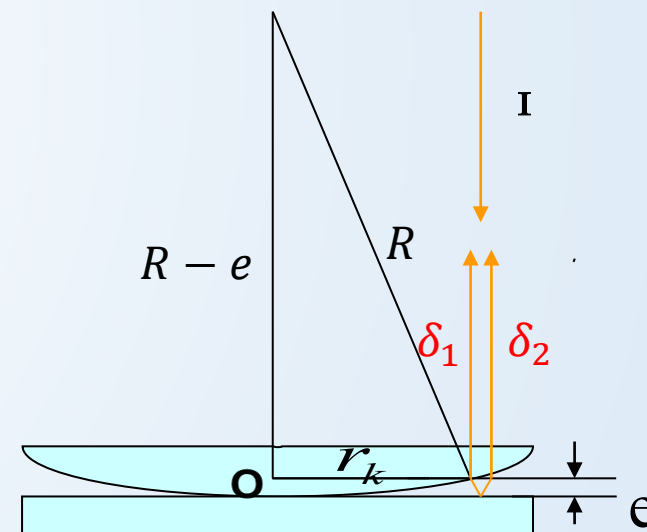


图1 牛顿环等厚干涉光路图

二、实验原理

- 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，即得： $r_k^2 = 2Re$
- 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 δ_2 存在半波损失，故应有 $\lambda / 2$ 的附加光程差，两束相干光的光程差为：
- $\Delta = \delta_2 - \delta_1 = 2ne + \frac{\lambda}{2}$
- 根据干涉原理（由于是空气， $n=1$ ）可得：
- $$\Delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & (k = 1, 2, 3 \dots) \quad \text{明环} \\ \frac{(2k+1)\lambda}{2} & (k = 1, 2, 3 \dots) \quad \text{暗环} \end{cases}$$

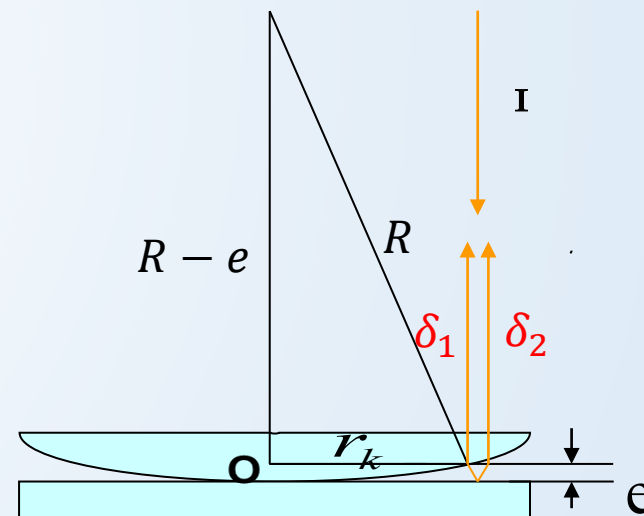
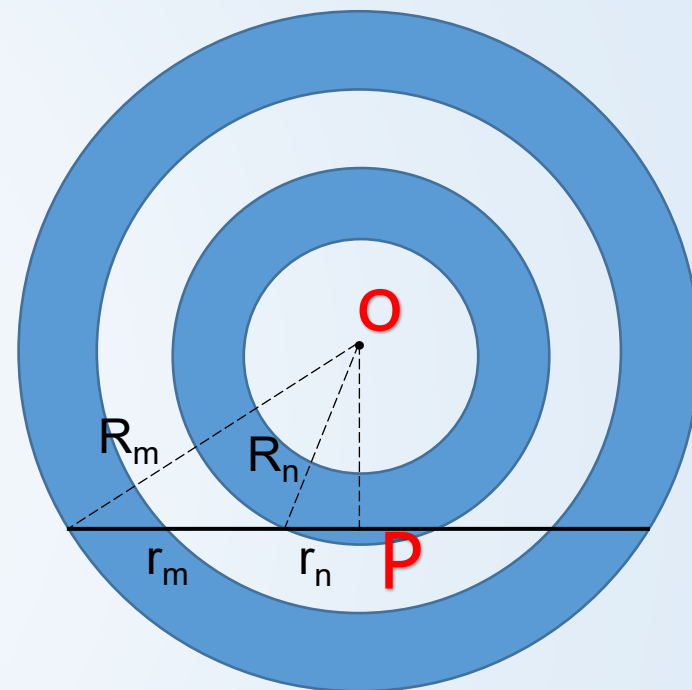


图1 牛顿环等厚干涉光路图

二、实验原理

由 $r_k^2 = 2Re$, $\Delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$ 和干涉条件得:

- $r_k^2 = (k + \frac{1}{2})R\lambda$, $k = 0, 1, 2, \dots$ r_k 为 k 级明环半径
- $r_k^2 = kR\lambda$, $k = 0, 1, 2, \dots$ 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。

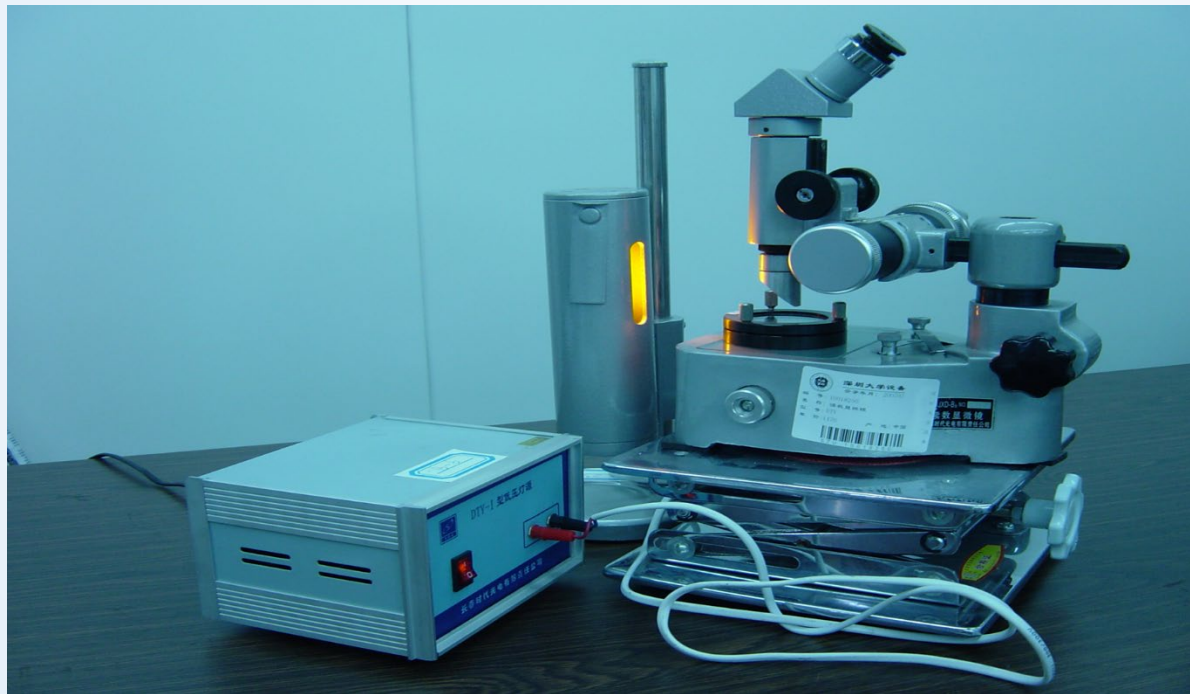


$$R_m^2 - r_m^2 = R_n^2 - r_n^2 = OP^2$$

不必确定某一环的级数; 不必确定牛顿环的中心

三、实验仪器

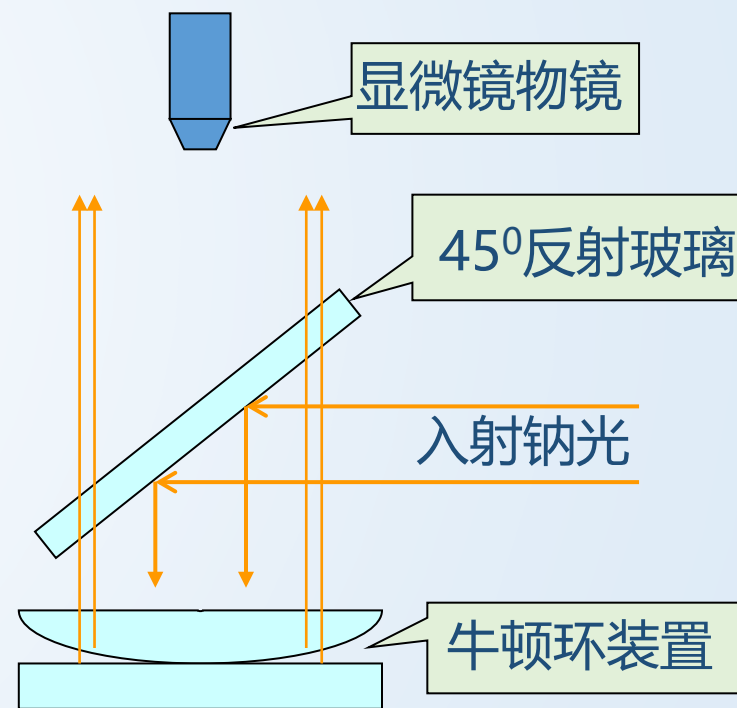
牛顿环装置、读数显微镜、钠光灯、稳压源



四、实验内容与步骤

1、调节仪器

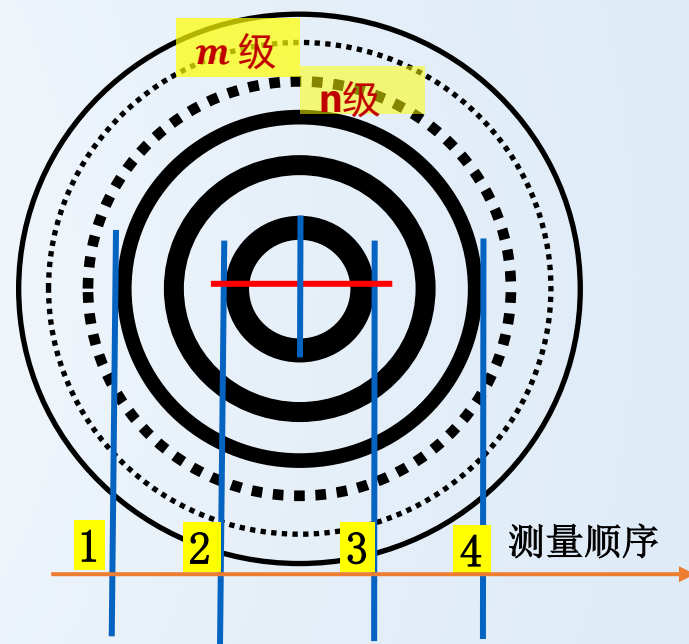
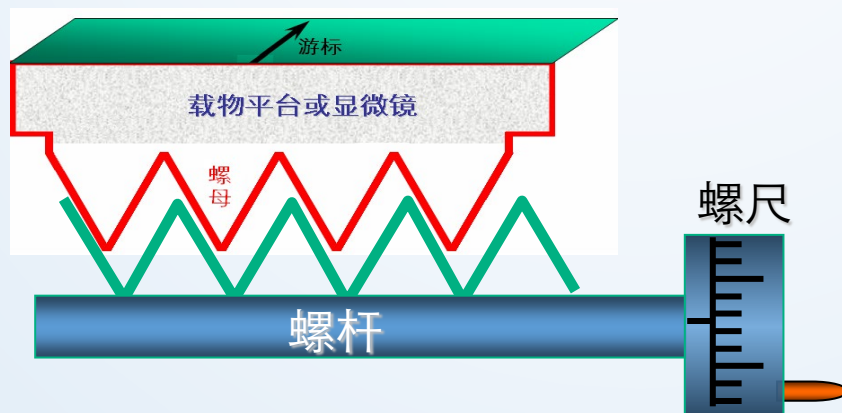
- ① 调整牛顿环装置金属框上的螺丝，使干涉条纹呈圆形并处于牛顿环仪的中心（不可挤压过紧）；
- ② 开启钠光灯，将牛顿环仪置于显微镜筒下方，调节显微镜座架高度，使套在显微镜镜头上的45度反光镜与钠光灯等高，入射光近乎垂直入射，并使钠黄光充满整个视场；
- ③ 调节目镜，使十字叉丝清晰（消除视差）；
- ④ 显微镜聚焦，使干涉条纹清晰（显微镜筒自下而上缓慢移动），摇动测微鼓轮，使十字叉丝交点位置大致再牛顿环中心位置；
- ⑤ 观察待测各环，上下左右是否清晰，光强均匀。



四、实验内容与步骤

2、测量平面凸透镜的曲率半径

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



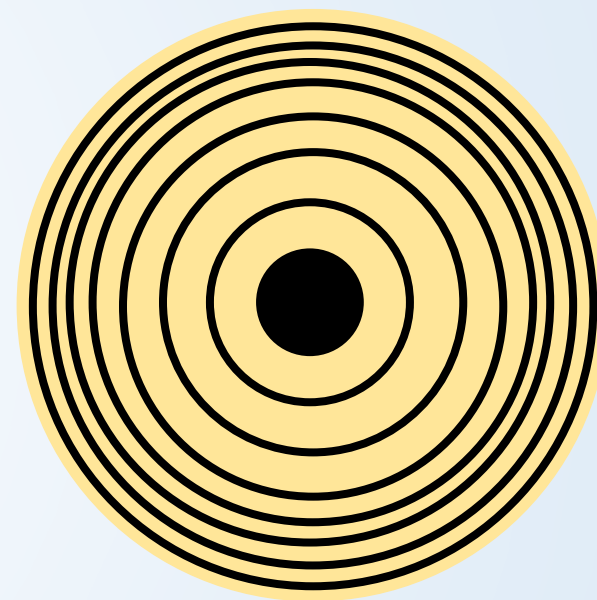
$m = 15 \sim 24$ 环
 $n = 5 \sim 14$ 环

四、实验内容与步骤

测量顺序:

环的级数	m	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15
环的位置	右侧 (mm)						← 4 →				
	左侧 (mm)	→ 1 ←									

环的级数	n	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
环的位置	右侧 (mm)						← 3 →				
	左侧 (mm)	→ 2 ←									





四、实验内容与步骤

已知，钠黄光波长 $\lambda = 589.3nm$

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

曲率半径 R 的结果需规范表示

五、数据处理

任意两环可以确定R

$$R = \frac{1}{4(m-n)\lambda} \times (D_m^2 - D_n^2)$$

$m = 15 \sim 24$ 环

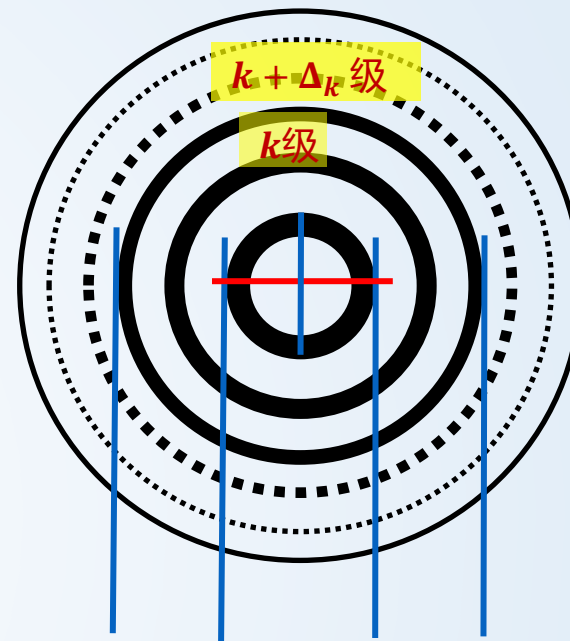
$n = 5 \sim 14$ 环

小环k=5开始, Δ_k 间隔可取10环, 求得R平均值:

$$\bar{R} = \frac{1}{4\Delta_k\lambda} \times \sum_{k=5}^{(N+4)} \frac{(D_{k+\Delta_k}^2 - D_k^2)}{N}$$

$$\Delta\bar{R} = \sqrt{\sum_5^{N+4} \left[\left(\frac{\partial\bar{R}}{\partial D_{k+\Delta_k}} \right)^2 \cdot \Delta D_{k+\Delta_k}^2 + \left(\frac{\partial\bar{R}}{\partial D_k} \right)^2 \cdot \Delta D_k^2 \right]}$$

$$= \frac{1}{4\Delta_k\lambda} \cdot 2 \cdot \Delta D \cdot \sqrt{\sum_5^{N+4} (D_{k+\Delta_k}^2 + D_k^2)}$$



$$\frac{\partial\bar{R}}{\partial D_k} = \frac{1}{4\Delta_k\lambda} \cdot 2D_k$$

$$\Delta D_{k+\Delta_k} = \Delta D_k = \Delta D = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}}$$



五、数据处理

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

$$\Delta D_{15} = \Delta D_5 = \Delta D = \frac{\Delta_{\text{ly}}}{\sqrt{3}}$$

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



六、思考题

- ① 分析本次牛顿环实验误差的可能来源。
- 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（放置牛顿环的装置，包含设计简图），及分析需要注意的事项。



深圳大学

本节完毕，谢谢观看

更多资源：

<http://wlsyzhao.ys168.com/>

