

## 干涉法测几何量

通过本次实验，学习、掌握利用光的干涉原理检验光学元件表面几何特征的方法，用劈尖的等厚干涉测量细丝直径的方法，同时加深对光的波动性的认识。

### 实验原理

#### 1. 用牛顿环测平凸透镜的曲率半径

当曲率半径很大的平凸透镜的凸面放在一平面玻璃上时，见图 1，在透镜的凸面与平面之间形成一个从中心 O 向四周逐渐增厚的空气层。当单色光垂直照射下来时，从空气层上下两个表面反射的光束 1 和光束 2 在上表面相遇时产生干涉。因为光程差相等的地方是以 O 点为中心的同心圆，因此等厚干涉条纹也是一组以 O 点为中心的明暗相间的同心圆，称为牛顿环。由于从下表面反射的光多走了二倍空气层厚度的距离，以及从下表面反射时，是从光疏介质到光密介质而存在半波损失，故 1、2 两束光的光程差为

$$\Delta = 2\delta + \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

式中  $\lambda$  为入射光的波长， $\delta$  是空气层厚度，空气折射率  $n \approx 1$ 。

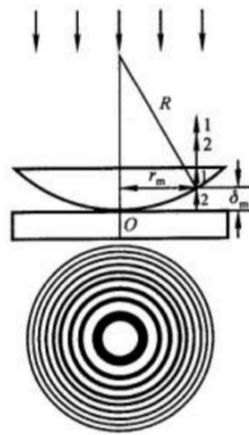


图 1 牛顿环干涉条纹示意图

当光程差  $\Delta$  为半波长的奇数倍时为暗环，若第  $m$  个暗环处的空气层厚度为  $\delta_m$ ，则有

$$\Delta = 2\delta_m + \frac{\lambda}{2} = (2m + 1)\frac{\lambda}{2}, m = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

$$\delta_m = m\lambda/2$$

由图 1 中的几何关系  $R^2 = r_m^2 + (R - \delta_m)^2$ ，以及一般空气层厚度远小于所使用的平凸透镜的曲率半径  $R$ ，即  $\delta_m \ll R$ ，可得

$$\delta_m = \frac{r_m^2}{2R} \quad (3)$$

式中  $r_m$  是第  $m$  个暗环的半径。由式 (2) 和式 (3) 可得

$$r_m^2 = mR\lambda \quad (4)$$

可见，我们若测得第  $m$  个暗环的半径  $r_m$  便可由已知  $\lambda$  求  $R$ ，或者由已知  $R$  求  $\lambda$  了。但是，由于玻璃接触处受压，引起局部的弹性形变，使透镜凸面与平面玻璃不可能很理想的只以一个点相接触，所以圆心位置很难确定，环的半径  $r_m$  也就不易测准。同时因玻璃表面的不洁净所引入的附加程差，使实验中看到的干涉级数并不代表真正的干涉级数  $m$ 。为此，我们将式 (4)

作一变换，将式中半径 $r_m$ 换成直径 $D_m$ ，则有

$$D_m^2 = 4mR\lambda \quad (5)$$

对第 $m+n$ 个暗环有

$$D_{m+n}^2 = 4(m+n)R\lambda \quad (6)$$

将（5）和（6）两式相减，再展开整理后有

$$R = \frac{D_{m+n}^2 - D_m^2}{4n\lambda} \quad (7)$$

可见，如果我们测得第 $m$ 个暗环及第 $m+n$ 个暗环的直径 $D_m$ 、 $D_{m+n}$ ，就可由式（7）计算透镜的曲率半径 $R$ 。

经过上述的公式变换，避开了难测的量 $r_m$ 和 $m$ ，从而提高了测量的精度，这是物理实验中常采用的方法。

## 2. 劈尖的等厚干涉测细丝直径

如图 2 所示，两片叠在一起的玻璃片，在它们的一端夹一直径待测的细丝，于是两玻璃片之间形成一空气劈尖。当用单色光垂直照射时，如前所述，会产生干涉现象。因为光程差相等的地方是平行于两玻璃片交线的直线，所以等厚干涉条纹是一组明暗相间、平行于交线的直线。

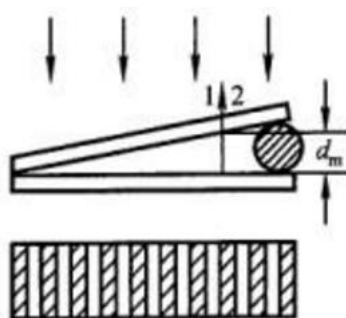


图 2 劈尖干涉条纹示意图

设入射光波为 $\lambda$ ，则由式（2）得第 $m$ 级暗纹处空气劈尖的厚度

$$d = m\lambda/2 \quad (8)$$

由式（8）可知， $m=0$ 时， $d=0$ ，即在两玻璃片交线处，为零级暗条纹。如果在细丝处呈现 $m=N$ 级条纹，则待测细丝直径 $d = N\lambda/2$ 。

具体测量时，常用劈尖盒，盒内装有两片叠在一起玻璃片，在它们的一端夹一细丝，于是两玻璃片之间形成一空气劈尖，见图 2。使用时木盒切勿倒置或将玻璃片倒出，以免细丝位置变动，给测量带来误差。

## 实验内容

### 1. 测平凸透镜的曲率半径

#### （1）观察牛顿环

a. 将牛顿环仪按图 6.2.1-5 所示放置在读数显微镜镜筒和入射光调节木架的玻璃片的下方，木架上的透镜要正对着钠光灯窗口，调节玻璃片角度，使通过显微镜目镜观察时视场最亮。

b. 调节目镜，看清目镜视场的十字叉丝后，使显微镜筒下降到接近玻璃片，然后缓慢上升，直到观察到干涉条纹，再微调玻璃片角度及显微镜，使条纹更清楚。

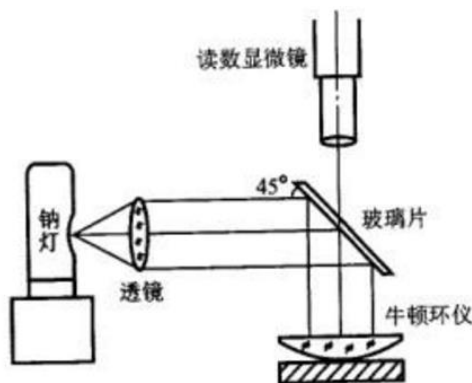


图 6.2.1-5 装置示意图

## (2) 测牛顿环直径

- 使显微镜的十字叉丝交点与牛顿环中心重合，并使水平方向的叉丝与标尺平行（与显微镜筒移动方向平行）。
- 转动显微镜测微鼓轮，使显微镜筒沿一个方向移动，同时数出十字叉丝竖丝移过的暗环数，直到竖丝与第 35 环相切为止。
- 反向转动鼓轮，当竖丝与第 30 环相切时，记录读数显微镜上的位置读数  $d_{30}$ ，然后继续转动鼓轮，使竖丝依次与第 25、20、15、10、5 环相切，顺次记下读数  $d_{25}$ 、 $d_{20}$ 、 $d_{15}$ 、 $d_{10}$ 、 $d_5$ 。
- 继续转动鼓轮，越过干涉圆环中心，记下竖丝依次与另一边的 5、10、15、20、25、30 环相切时的读数  $d_5'$ 、 $d_{10}'$ 、 $d_{15}'$ 、 $d_{20}'$ 、 $d_{25}'$ 、 $d_{30}'$ 。
- 旋转牛顿环大约 120 度，重复步骤 a-d；再次旋转牛顿环大约 120 度，重复步骤 a-d；共测三组数据。

## (3) 用逐差法处理数据

第 30 环的直径  $D_{30} = d_{30} - d_{30}'$ ，同理，可求出  $D_{25}$ 、 $D_{20}$ 、 $\dots$ 、 $D_5$ ，式(7)中，取  $n = 15$ ，求出  $\overline{D_{m+15}^2 - D_m^2}$ 。代入式(7)计算  $R$  的平均值和标准差。

## 2. 测细丝直径

(1) 观察干涉条纹。将劈尖盒放在曾放置牛顿环的位置，同前法调节，观察到干涉条纹，使条纹最清晰。

### (2) 测量

- 调整显微镜及劈尖盒的位置，当转动测微鼓轮使镜筒移动时，十字叉丝的竖丝要保持与条纹平行。
- 在劈尖玻璃面的三个不同部分，测出 20 条暗纹的总长度  $\Delta l$ ，测三次求其平均值及单位长度的干涉条纹数  $n = \frac{20}{\Delta l}$ 。
- 测劈尖两玻璃片交线处到夹细线处的总长度  $L$ ，测三次，求平均值。
- 由式(8)，求细丝直径

$$d = L \cdot \frac{20}{\Delta l} \cdot \frac{\lambda}{2} \quad (9)$$

### 思考题

1. 如果环的直径测量不准确，对结果有何影响？
2. 在干涉法测量微小量的实验中，为什么需要使用单色光源？如果使用白光光源，会对实验结果产生什么影响？

# 干涉法测微小量实验报告

## 实验名称：干涉法测微小量

### 实验目的

- 学习光的干涉原理及其应用
- 应用等厚干涉原理测量牛顿环的曲率半径；测量细丝直径

### 实验原理

#### 1、测量牛顿环曲率半径

- 牛顿环结构及光路图
- 推导牛顿环测平凸透镜曲率半径公式

#### 2、空气劈尖测量细丝直径

- 空气劈尖结构及光路图
- 推导细丝直径公式

### 实验仪器

干涉显微镜    钠光光源    牛顿环    劈尖

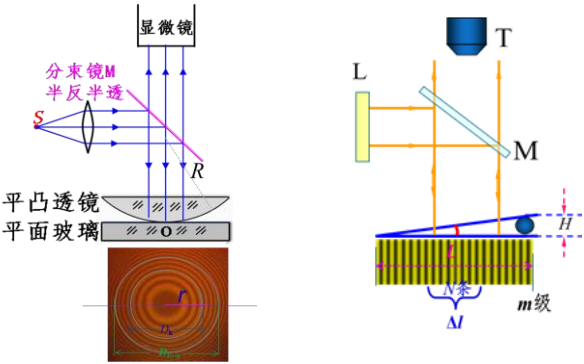
### 实验内容

- (1) 测量干涉环第 5 环、第 10 环....第 30 环的直径  $D$ ，转动牛顿环，测三组

牛顿环直径数据记录表（单位：mm）

次数	环数	30	25	20	15	10	5
1	d						
	d'						
	D						
2							
3	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
平均	$\overline{D_{30}}$	$\overline{D_{25}}$	$\overline{D_{20}}$	$\overline{D_{15}}$	$\overline{D_{10}}$	$\overline{D_5}$	

- (2) 在劈尖的三个不同部位，用读数显微镜测 20 条暗纹的距离  $\Delta l$ ，测条纹密度的平均值
- (3) 测劈尖两玻璃片的交线到夹细丝处的总长度，测三次  $L$ ，求平均值



数据处理

误差分析

思考题