

光的等厚干涉现象与应用

哈尔滨工业大学（深圳）
物理实验中心

一、实验目的

- 观察光的等厚干涉现象.
- 学习用牛顿环测量球面曲率半径.
- 学习用劈尖干涉测量纸带厚度.
- 学会熟练使用读数显微镜.

光的干涉基本知识

1.光的干涉

两列相干光源在叠加区域内，某些点的光振动始终加强，某些点的光振动始终减弱，光强有稳定的空间分布。

2.相干光的条件

- (1) 频率相同；
- (2) 位相差恒定；
- (3) 振动方向相同。

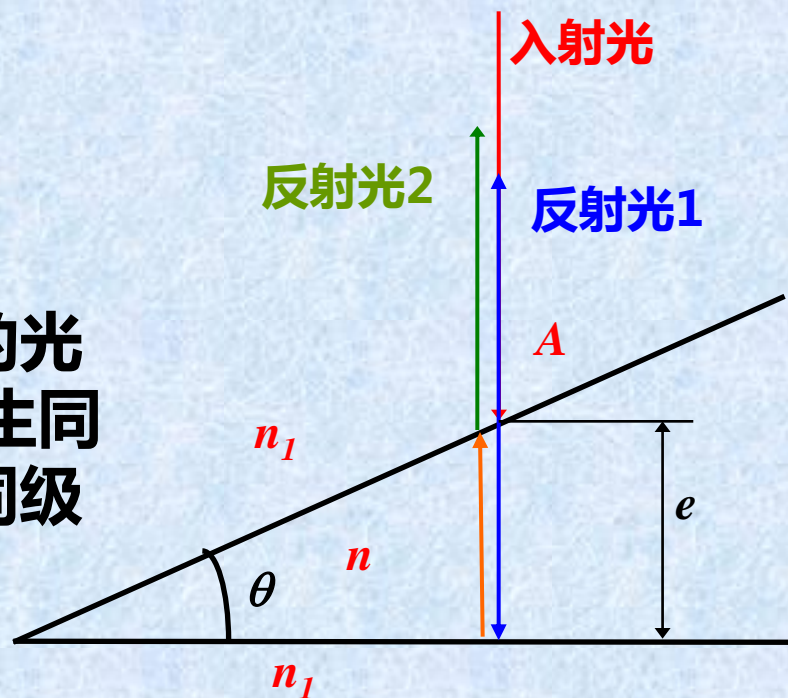


二、实验原理

当光源照到一块由透明介质做的薄膜上时，光在薄膜的上表面被分割成反射和折射两束光（分振幅），折射光在薄膜的下表面反射后，又经上表面折射，最后回到原来的媒质中，在这里与反射光交迭，发生相干。

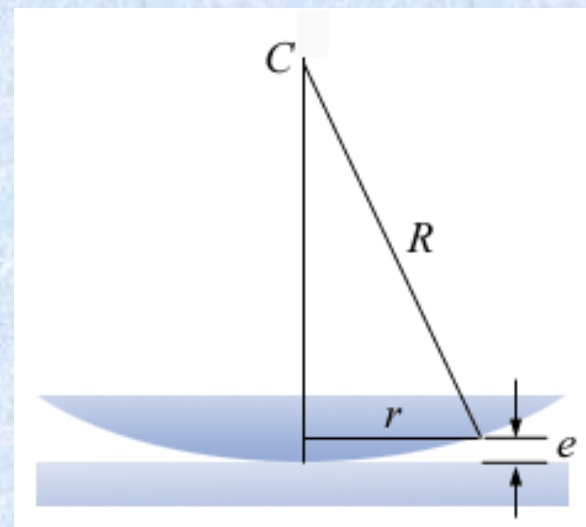
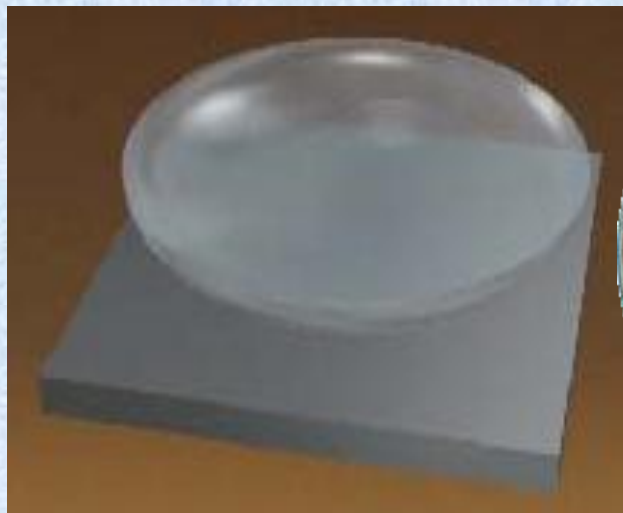
$$\Delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$$

薄膜厚度相同处的两束反射光有相同的光程差，也就具有相同的干涉光强度，产生同一级的干涉条纹，厚度不同处产生不同级的干涉条纹。这种干涉称为等厚干涉。



牛顿环仪

牛顿环仪：由一个曲率半径很大的平凸透镜的凸面与一个平面玻璃接触在一起构成，在两者之间形成一个厚度随直径变化的空气隙。平凸透镜的凸面与玻璃片之间的空气层厚度从中心接触点到边缘逐渐增加。

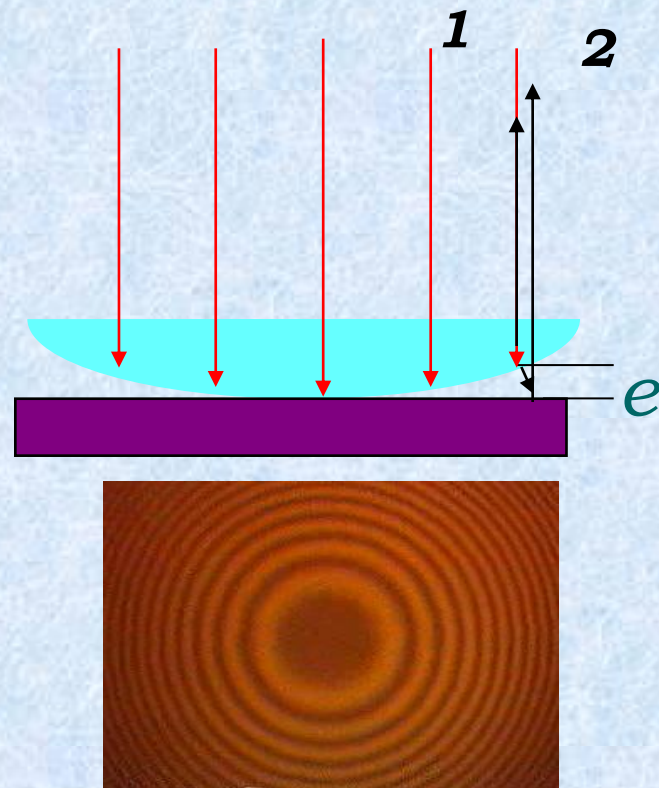


干涉条纹

⑩ 当用平行单色光垂直照射到牛顿环仪上时，一部分光线在空气层的上表面反射，一部分光线在空气层的下表面反射，这两部分光有光程差，它们和平凸透镜的凸面附近相遇而发生干涉。

• 空气薄膜厚度相同处光程差相同，也就具有相同的干涉光强度，所以空气隙的等厚干涉条纹是一组明暗相间的同心环。该干涉条纹最早被牛顿发现，所以称为牛顿环。它属于等厚干涉条纹。

$$\Delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = k\lambda \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

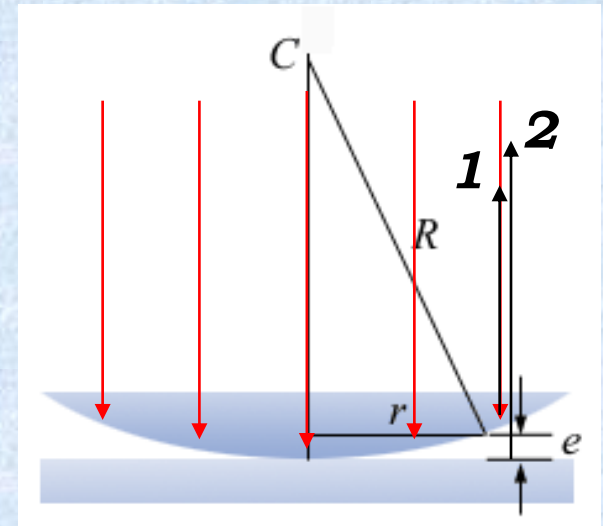


曲率半径表达式

空气薄膜厚度为 e 处干涉圆环对应的两束相干光（1、2）的光程差为：

$$2ne + \frac{\lambda}{2} \quad n = 1$$

$$\Delta = 2e + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} = K\lambda & \text{明条纹} \\ & (K = 1, 2, 3, \dots) \\ = (2K + 1)\frac{\lambda}{2} & \text{暗条纹} \\ & (K = 1, 2, 3, \dots) \end{cases}$$



由几何关系 $r^2 = R^2 - (R - e)^2 = 2Re - e^2 \approx 2Re$

可得出 $e = \frac{r^2}{2R}$

$$r = \sqrt{(2k - 1)R\lambda / 2}$$

明条纹

$$r = \sqrt{kR\lambda}$$

暗条纹

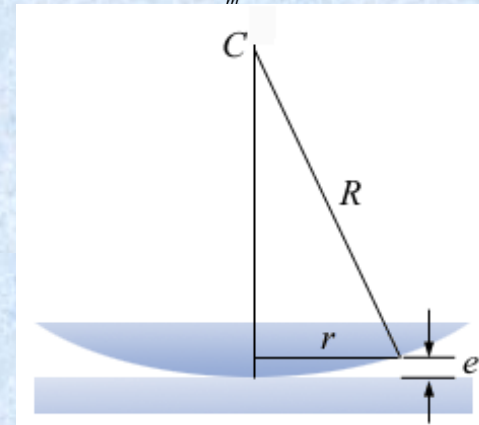
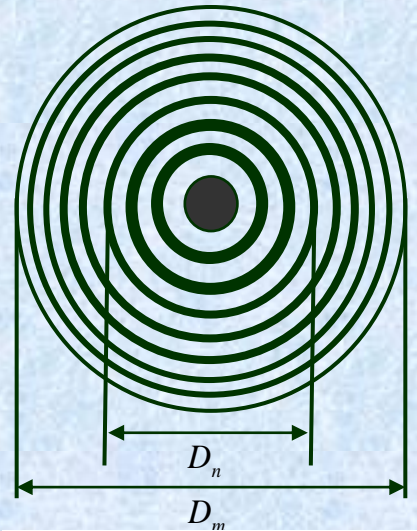
曲率半径表达式

- 利用暗环进行测量，测出第m级和n级暗环直径，算出曲率半径。

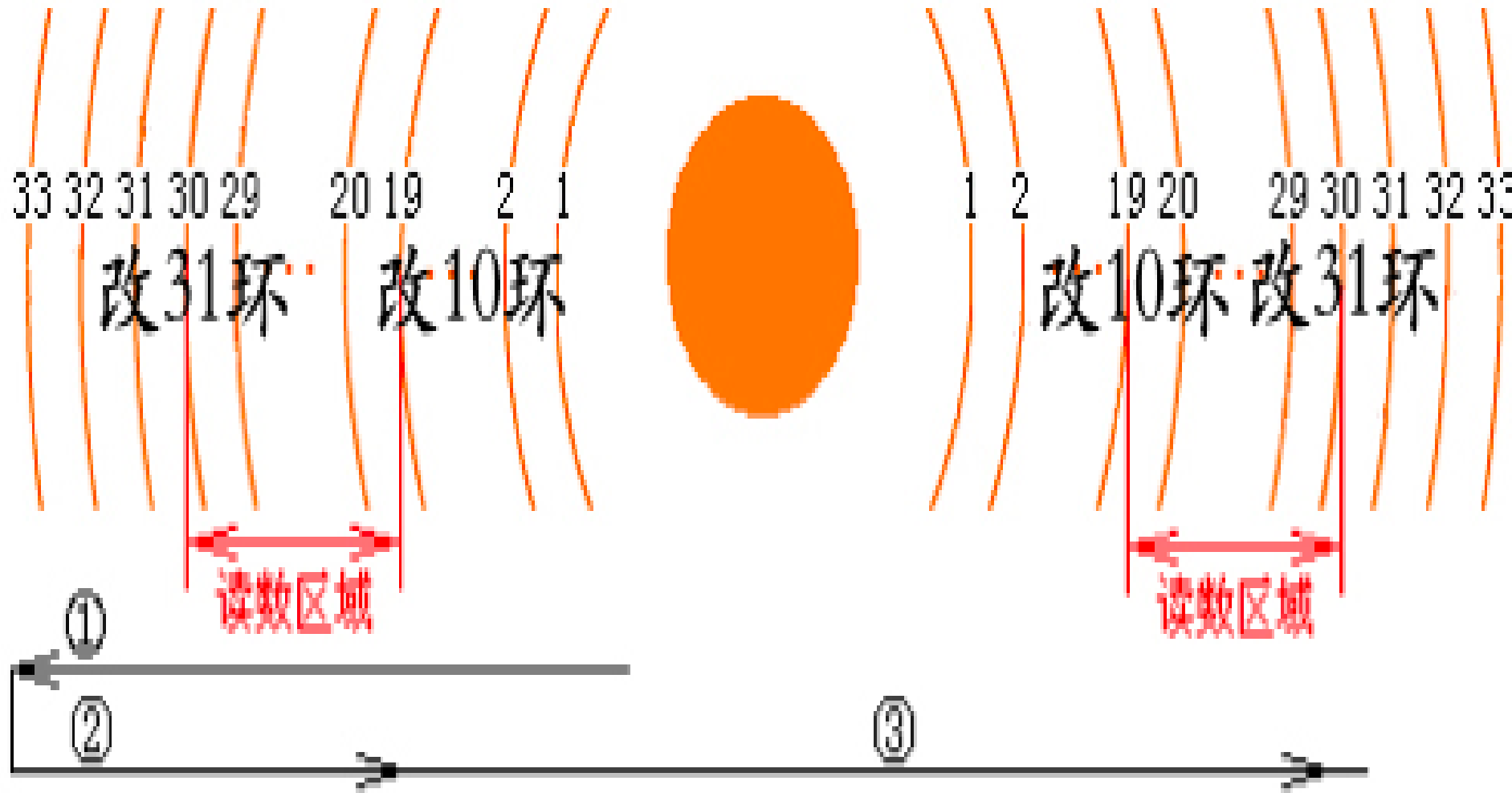
$$r_m^2 - r_n^2 = (m - n)R\lambda$$

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

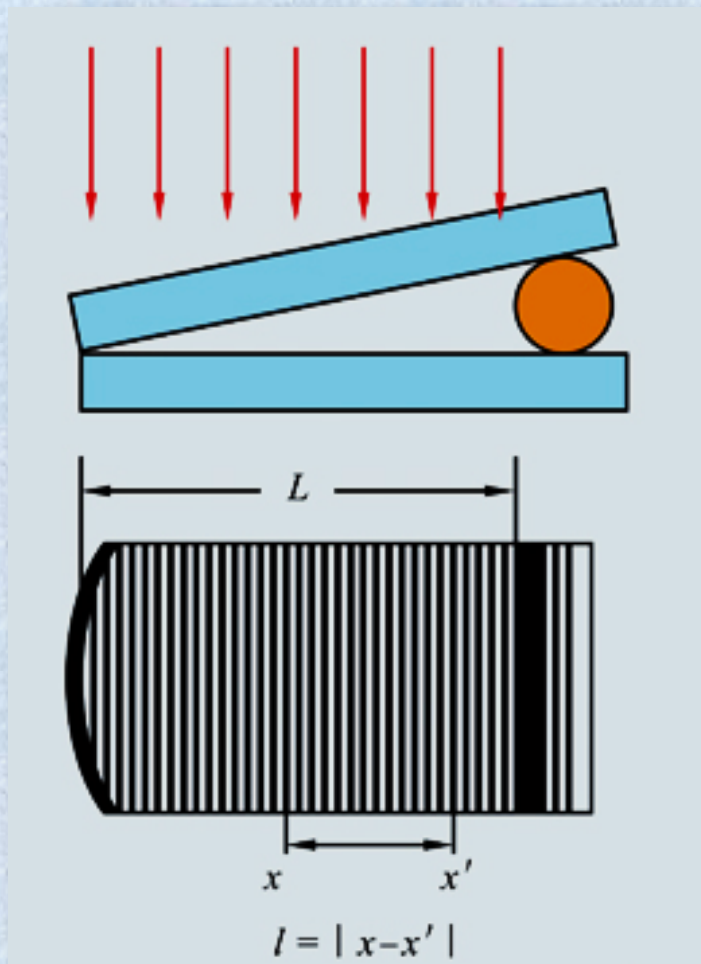
$$R = \frac{D_m^2 - D_n^2}{4(m - n)\lambda}$$



上式只涉及两环级数之差，而不决定于级数本身，从而消除了因级数不准而带来的误差。用明环讨论也有同样的结果。



纸带厚度的测量



取空气的折射率 $n = 1$

相应两条暗纹的厚度差为:

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2}$$

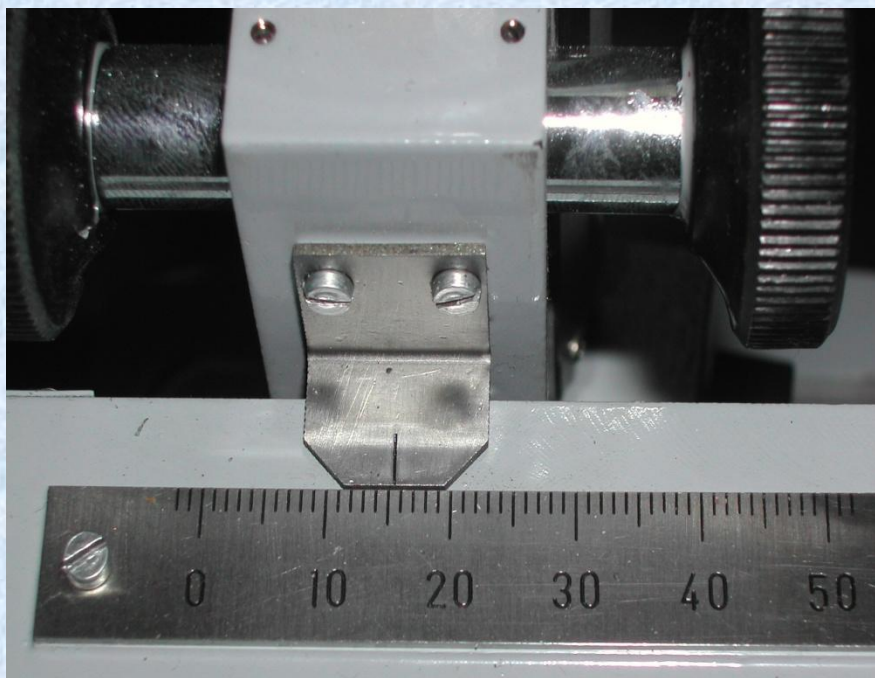
纸带的厚度为:

$$d = Lh \frac{\lambda}{2}$$

h 为单位长度中的条纹数(条/mm)

读数显微镜的读数方法

主尺的分度值为1mm，测微鼓轮共有100个刻度，其份度值为0.01mm，可估读到0.001mm。



主尺

15mm

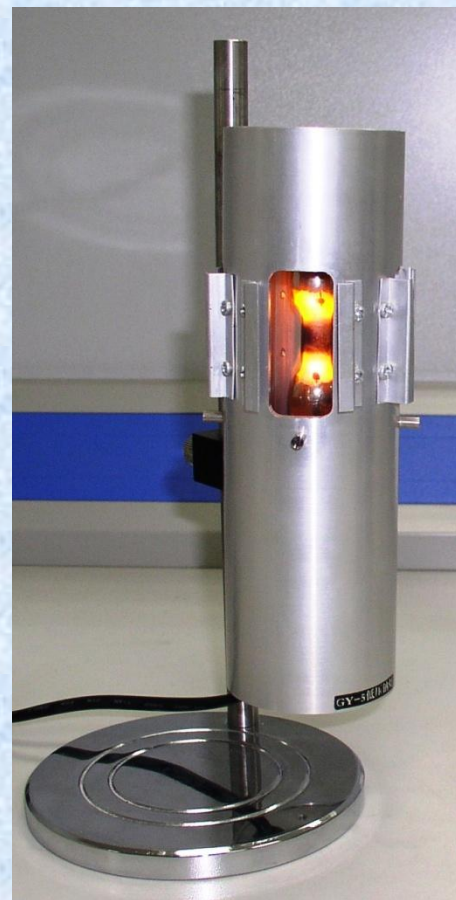
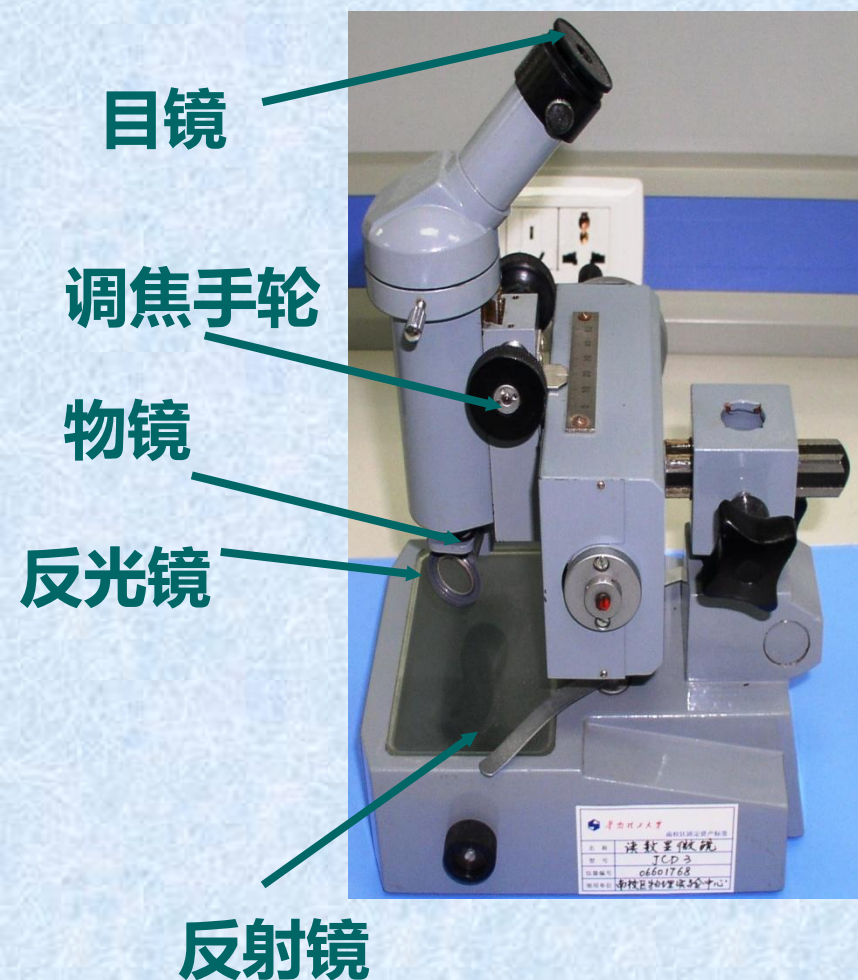


测微鼓轮

0.506m
m

最后读数为：
15.506mm

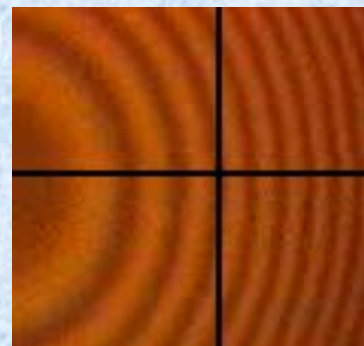
三、实验仪器



钠光灯，波长为 589.30nm ，钠光灯需预热，且开启后应直至测试结束后再关闭。

四、实验内容与方法

1.调节目镜使十字叉丝清晰

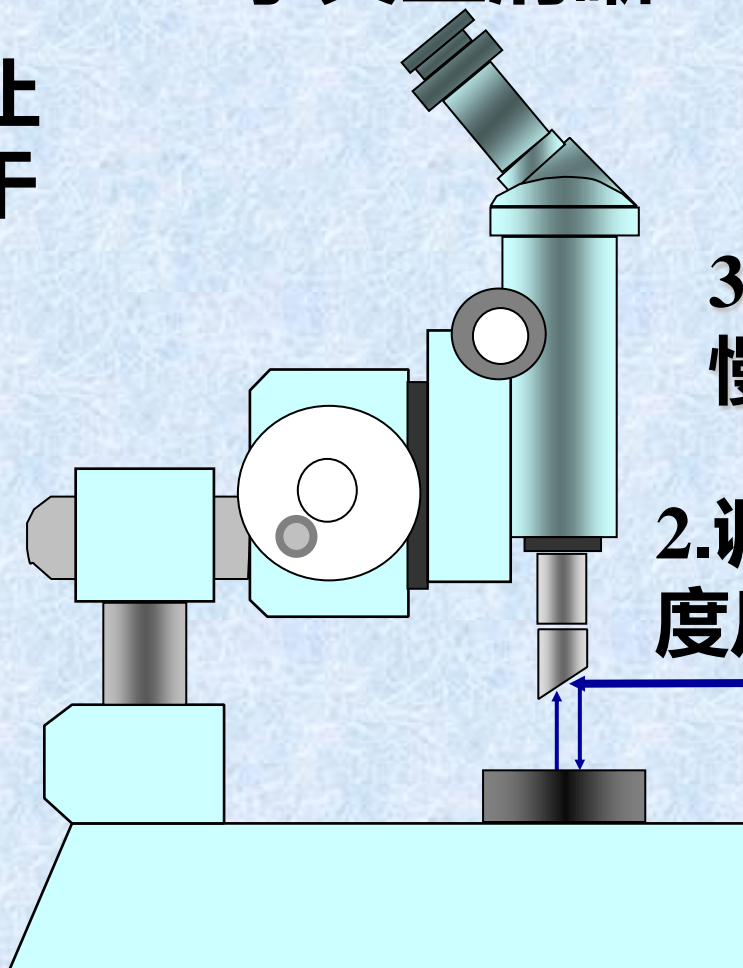


4.定性观察,防止一侧观察不到干涉条纹

5.定量测量,注意鼓轮单方向转动.

3.由下向上缓慢地调焦

2.调节45度反射镜

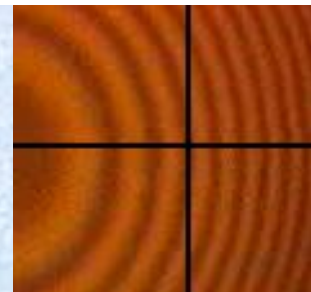
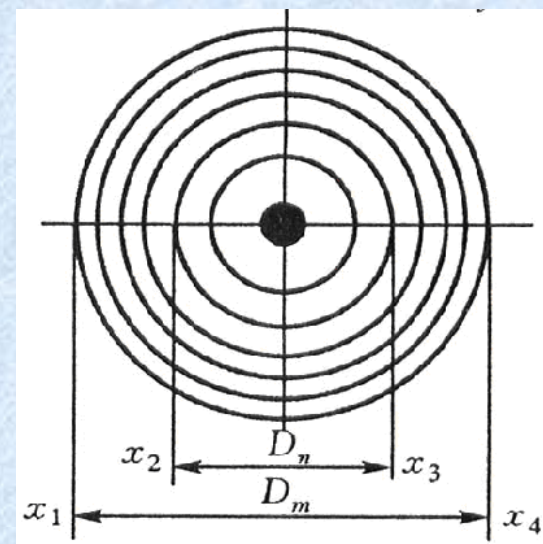
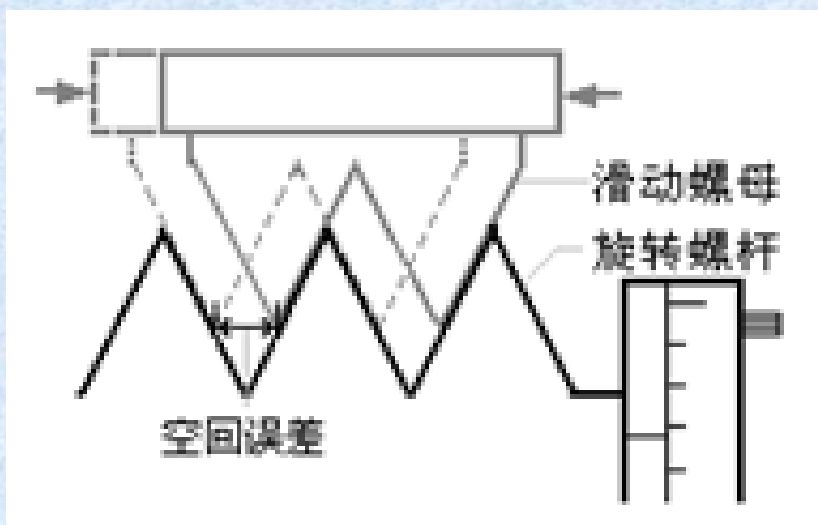


测量图示

- 测量第31 ~ 10环暗环的直径。
- 为避免测微螺杆间隙所引起的空回误差，**测量时必须使显微镜从左到右（或从右到左）作单方向移动。**

暗环的直径 D_i

$$D_i = x_{i\text{左}} - x_{i\text{右}}$$



[illegible][illegible]

五、数据处理

- 1. 列出原始数据和中间计算数据表格。
- 2. 用逐差法处理数据，并根据如下公式求出球面的曲率半径。

$$R = \bar{R} \pm U_{\bar{R}}$$

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

$$U_{\bar{R}} = \frac{U_{\overline{D_m^2 - D_k^2}}}{4(m - k)\lambda}$$

$$U_{\overline{D_m^2 - D_k^2}} = \sqrt{S_{\overline{D_m^2 - D_k^2}}^2 + u^2} \approx S_{\overline{D_m^2 - D_k^2}} = \sqrt{\frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} [(D_m^2 - D_n^2)_i - \overline{(D_m^2 - D_n^2)}]^2}$$

注意事项（强调）



1. 钠光灯需预热，且开启后应直至测试结束后再关闭。
2. 牛顿环装置框架上的螺钉，不可拧得太紧，令透镜处于自由状态。
3. 调整 45° 反射平面玻璃及显微镜的位置，使入射光近乎垂直入射，并使钠光能充满整个视场。
4. 调节目镜，看清叉丝，使叉丝交点大致在牛顿环的中心位置，消除视差。
5. 显微镜的镜筒要自下而上移动，避免损伤物镜或试件。
6. 测量时避免回程差。