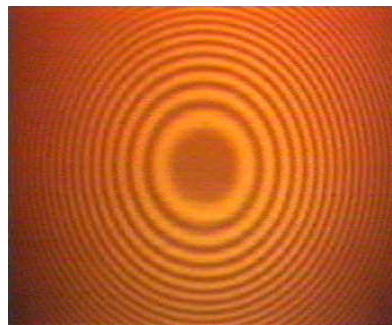


大学物理实验(一)

等厚干涉

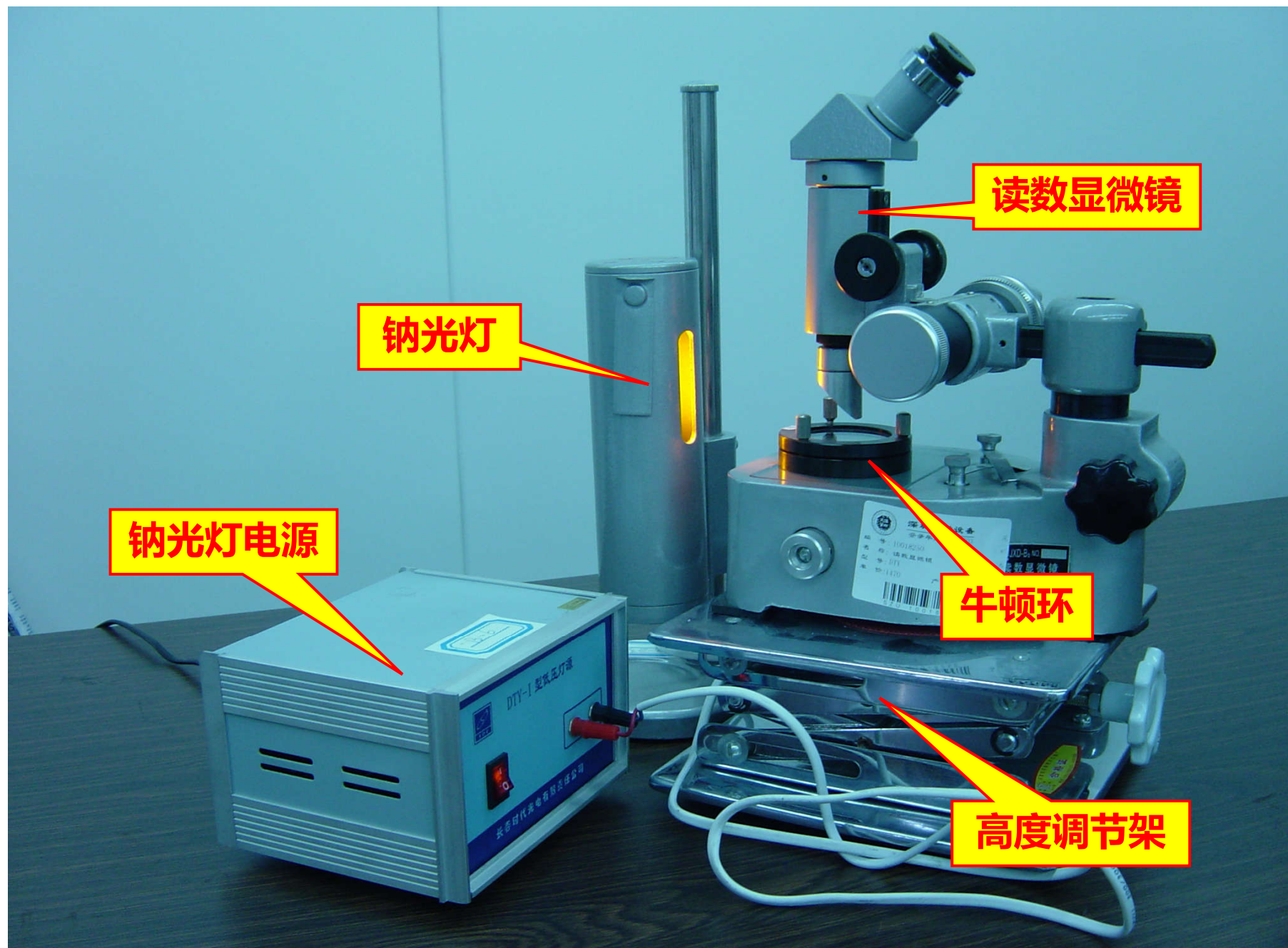


深圳大学物理实验中心

牛顿环测定球面镜的曲率半径

一. 实验目的：

- a . 了解等厚干涉原理, 观察等厚干涉现象。
- b . 利用牛顿环干涉测量球面镜的曲率半径。
- c . 学会消除误差, 正确处理数据的方法。
- d . 了解读数显微镜的结构, 掌握其使用方法。



钠光灯

钠光灯电源

读数显微镜

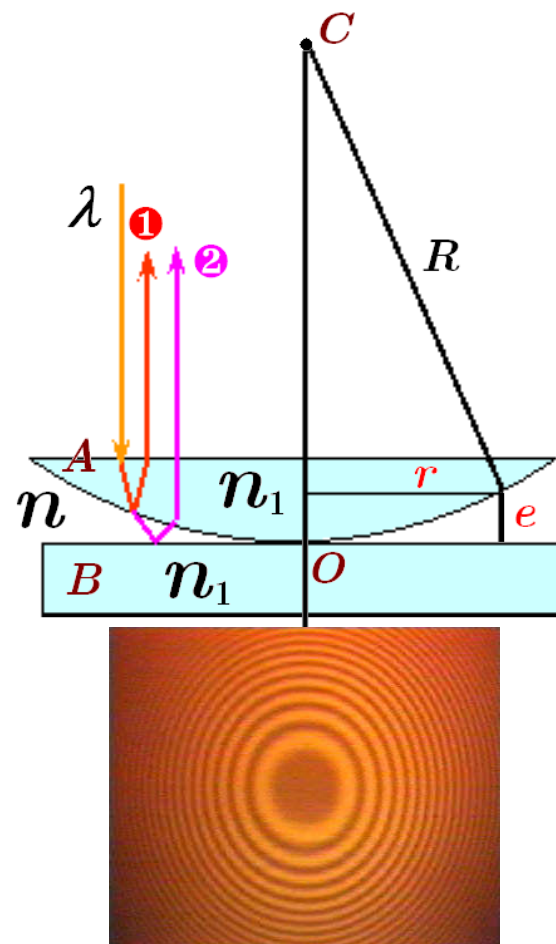
牛顿环

高度调节架

二．牛顿环实验原理：

1．牛顿环装置：右图,牛顿环装置是由一块曲率半径很大的平凸透镜和一块光学平面玻璃用金属框架固定而成的。

2．牛顿环干涉原理：当入射光(钠黄光) 垂直入射时，经平凸透镜与平面玻璃之间的空气层上. 两个表面反射的两束产生干涉。由于是等厚干涉，因而生成一系列明暗相间的同心圆环。



牛顿环等厚干涉光路图

两束相干光的光程差:取 $n=1$ (空气), 考虑半波损失 (光疏到光密反射时)

$$\Delta\delta = \delta_2 - \delta_1 = 2e + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} 2k\frac{\lambda}{2} & (k=1,2,3,\dots) \text{ 明环} \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & (k=0,1,2,3,\dots) \text{ 暗环} \end{cases}$$

e 为圆环处空气隙厚度, R 为凸透镜的曲率半径, r_k 为 k 级圆环半径

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

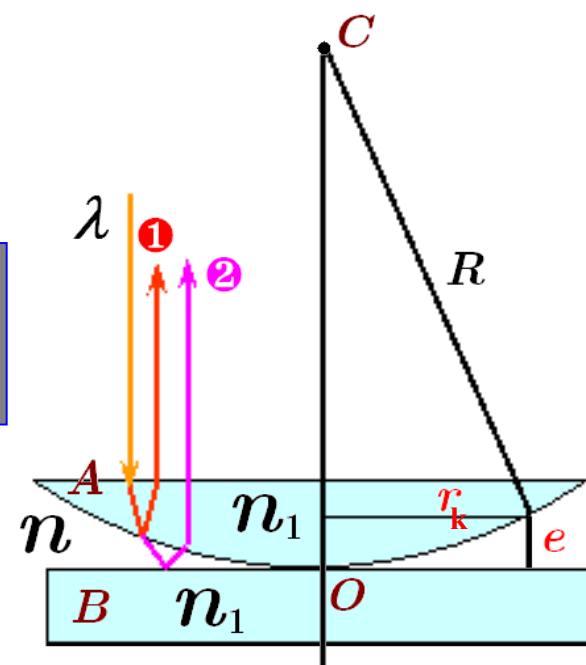
由于 e^2 为高阶无穷小, 可舍去,

$$2e = \frac{r_k^2}{R} \quad \text{则} \quad \Delta\delta = 2e + \frac{\lambda}{2} = \frac{r_k^2}{R} + \frac{\lambda}{2}$$

$$\text{当 } r_k^2 = (2k-1)R\frac{\lambda}{2} \quad (k=1,2,3,\dots),$$

$$\text{代入 } \Delta\delta = 2e + \frac{\lambda}{2} = 2k\frac{\lambda}{2}, \quad k \text{ 级明环}$$

$$r_k^2 = kR\lambda \quad (k=0,1,2,3,\dots) \quad k \text{ 级暗环}$$



是不是可以求 R ?

以 r_m 、 r_n 分别表示 m 级、 n 级暗环的半径

$$r_m^2 = mR\lambda \quad r_n^2 = nR\lambda$$

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

以 D_m 、 D_n 分别表示 m 级、 n 级暗环的直径, 则:

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

不必确定某一环的级数
不必确定牛顿环的中心

三.实验步骤:

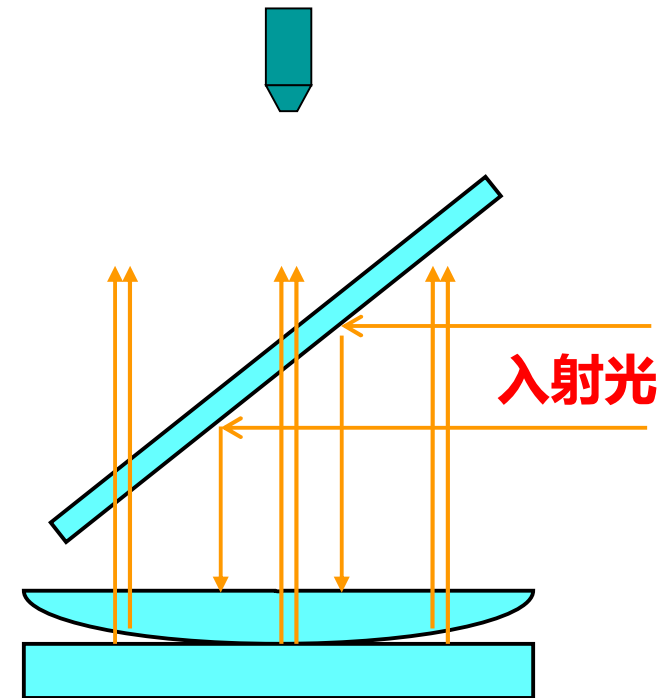
1. 调整仪器:

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(三个螺钉不拧紧!)

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。

c. 调节目镜,使十字叉丝清晰;显微镜调焦,看清干涉条纹,摇动测微鼓轮和调节横杆,使叉丝交点大致在牛顿环环心位置。

牛顿环干涉光路图



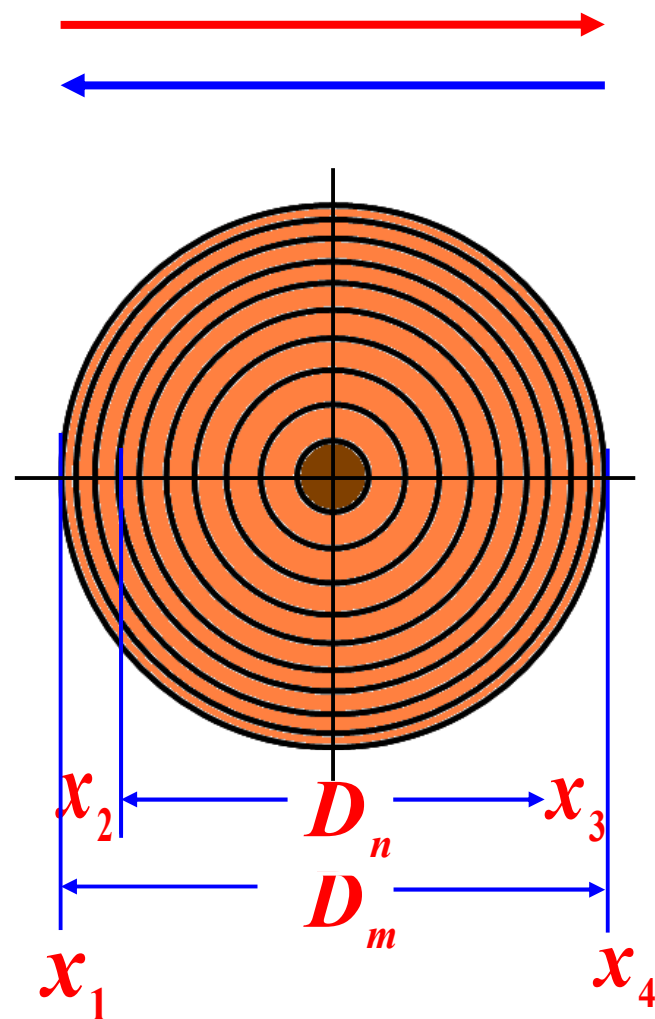
d. 定性观察待测各环，其左右、上下是否清晰，并皆在读数范围内。

2. 定量测量:

从第5环开始,测量20个环的直径(一般是弦长),并核对不要数错环数。 (5-24) 环

a. 测量时,测微鼓轮只能沿一个方向旋转，切忌反转，以免产生螺旋空程差。

牛顿环等厚干涉图样



- b. 测量位置读数: 转动手轮使叉丝竖 线与 测量环相切, 在读数显微镜标尺上读取整毫米数, 在测微鼓轮上读取不足1 毫米 的部分, 两数相加。
- c. 记录 5 ~24 环左侧. 右测位置的测量数据。

四.数据处理:

由公式代入数据求

$$R_i \quad (i = 1.2.3.....10)$$

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

$m = 15 \sim 24$ 环

$n = 5 \sim 14$ 环

$$\bar{R} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} R_i$$

$$\Delta R_i = |R_i - \bar{R}| \quad (i = 1.2.3.....10)$$

$$\Delta \bar{R} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \Delta R_i$$

给出测量结果: $R = \bar{R} \pm \Delta \bar{R}$

[illegible]

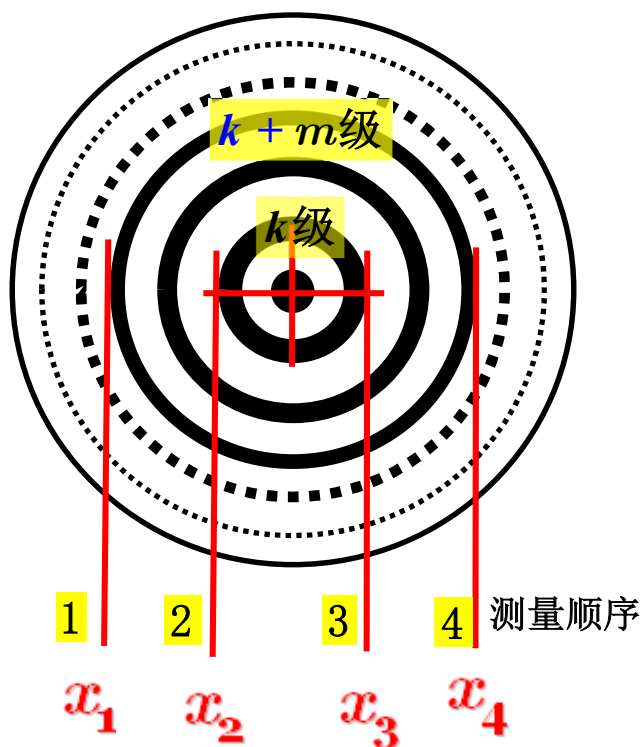
思考题

1. 牛顿环产生的条件？
2. 分析本次牛顿环实验误差的可能来源。

补充资料

● 为什么不用： k 级暗环 $r_k = \sqrt{k\lambda R} \Rightarrow R = \frac{r_k^2}{k\lambda} ??$

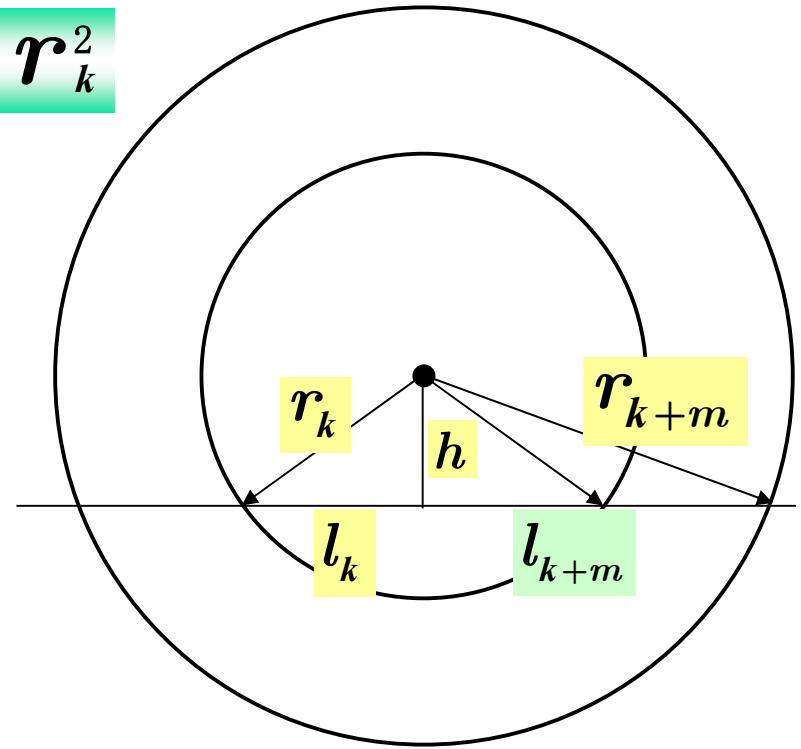
- 1. 透镜凸面与平板玻璃表面间并非理想的点接触，难以准确判断干涉级次 k ；
- 2. 读数显微镜目镜中的‘十字叉丝’不易做到与干涉条纹严格相切。



● 实验中，如果用弦长取代牛顿环直径是否可以？

$$(r_{k+m} + r_k)(r_{k+m} - r_k) = r_{k+m}^2 - r_k^2$$

$$\begin{aligned} (l_{k+m} + l_k)(l_{k+m} - l_k) &= l_{k+m}^2 - l_k^2 \\ &= (r_{k+m}^2 - h^2) - (r_k^2 - h^2) \\ &= r_{k+m}^2 - r_k^2 \\ &= (r_{k+m} + r_k)(r_{k+m} - r_k) \end{aligned}$$

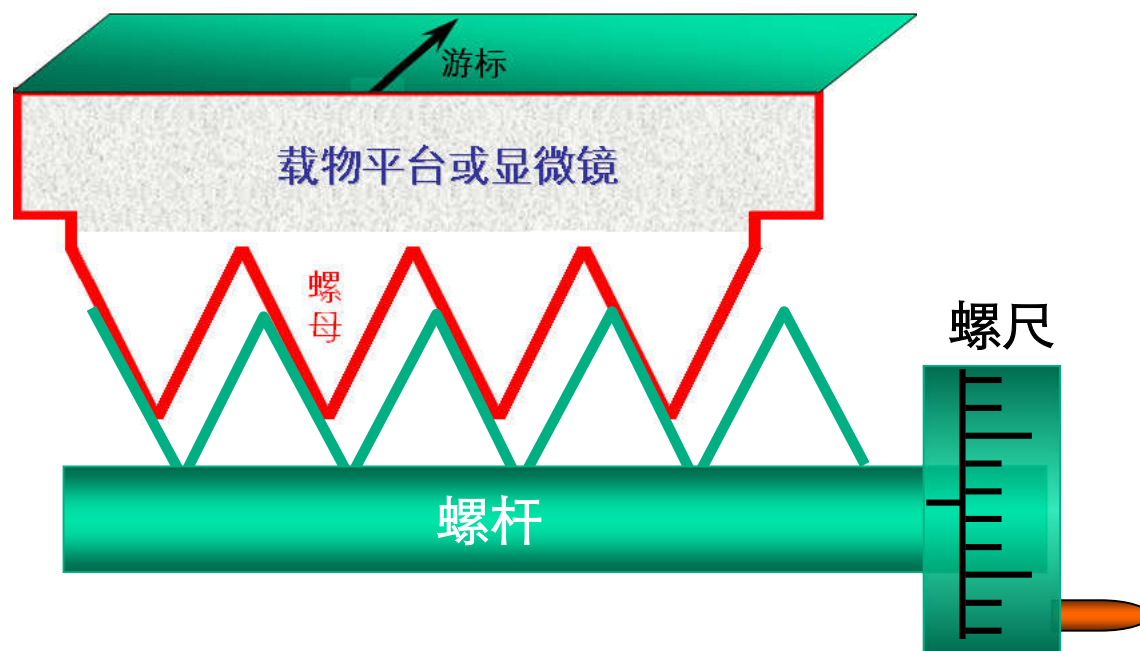


$$R = \frac{(r_{k+m} + r_k)(r_{k+m} - r_k)}{m\lambda} = \frac{(l_{k+m} + l_k)(l_{k+m} - l_k)}{m\lambda}$$

结论：可以！

读数显微镜的空程误差

- **空程误差**属系统误差，由螺母与螺杆间的间隙造成；



- ◆ 在齿合前，轻轻转动螺尺手柄，螺尺读数变化，而游标并没有移动。
- **消除方法**：测量时只往同一方向转动螺尺。

注意事项

- **注意：**为保护仪器，不要将牛顿环调节螺丝旋得过紧。
- **注意：**实验中钠光灯打开后，不要随意关闭，经常开、关将影响灯的寿命。
- **注意：**测量过程中，测微鼓轮只能沿着一个方向旋转，避免空程差。