



广西师范大学
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY

大学物理实验(I)

用牛顿环测量 透镜曲率半径

▶ 授课老师 - 吕凤珍





一、实验目的

1

什么是牛顿环？
(实验背景及现象)

2

为什么牛顿环可以测
透镜的曲率半径？
(实验原理)

3

如何利用牛顿环测量
透镜的曲率半径？
(实验方法)

4

通过实验加深对于等
厚干涉原理的理解

5

掌握利用牛顿环测
定平凸透镜曲率半
径的方法



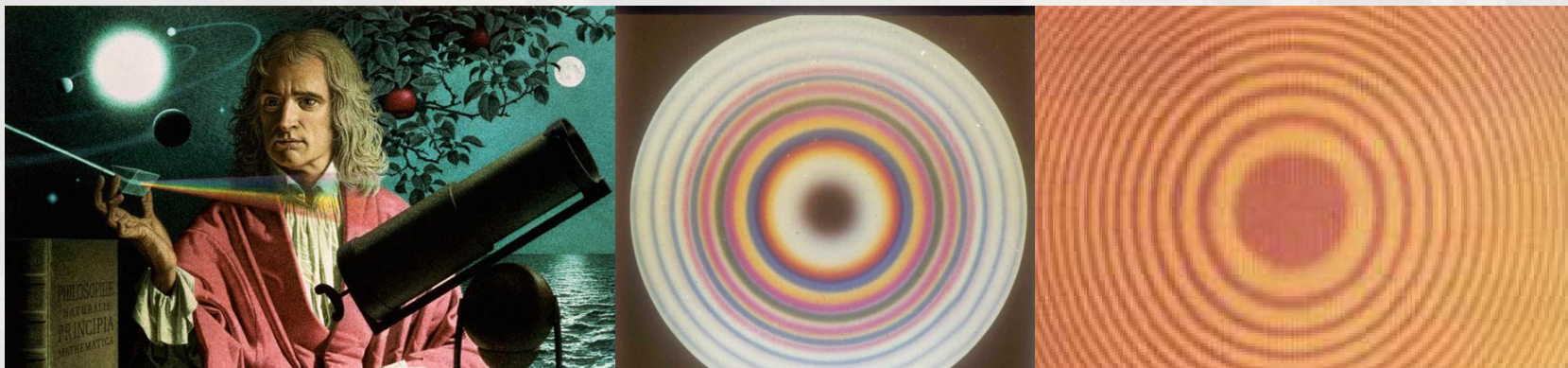
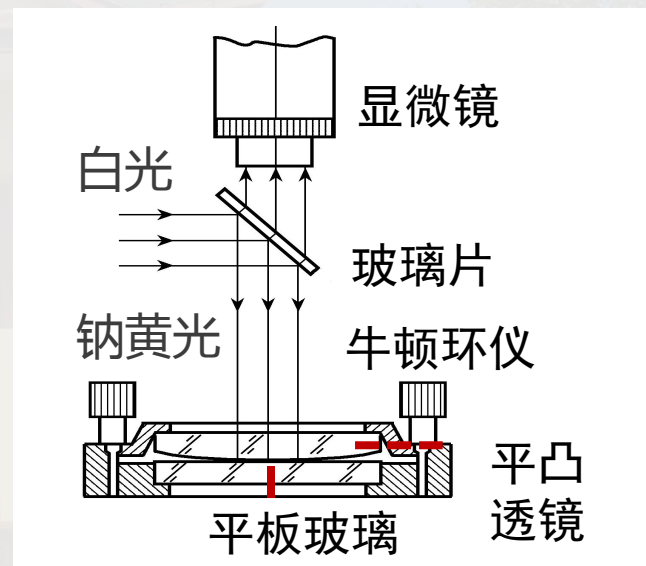
二、实验背景及现象

1675年，牛顿在制作天文望远镜时发现，将一块平凸透镜压在一块平板玻璃上时：

白光条件下，在平板玻璃上观察到一些同心的彩色圆环；

单色光条件下，则是明暗相间的同心圆环。

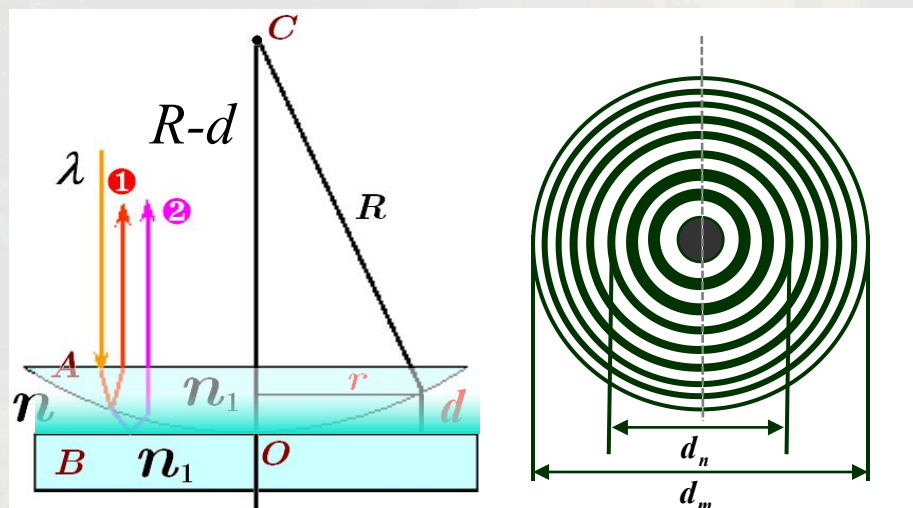
于是，这些色环被命名为“**牛顿环**”。





三、实验原理

$$\Delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = 2d + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} 2k \frac{\lambda}{2} & \text{明环} \\ (2k+1) \frac{\lambda}{2} & \text{暗环} \end{cases}$$



$$d = \frac{r^2}{2R - d}, R \gg d \rightarrow d = \frac{r^2}{2R}$$

$$r = \begin{cases} \sqrt{\frac{(2k-1)R\lambda}{2}} & k = 1, 2, 3, \dots \quad \text{明环} \\ \sqrt{kR\lambda} & k = 0, 1, 2, 3, \dots \quad \text{暗环} \end{cases}$$

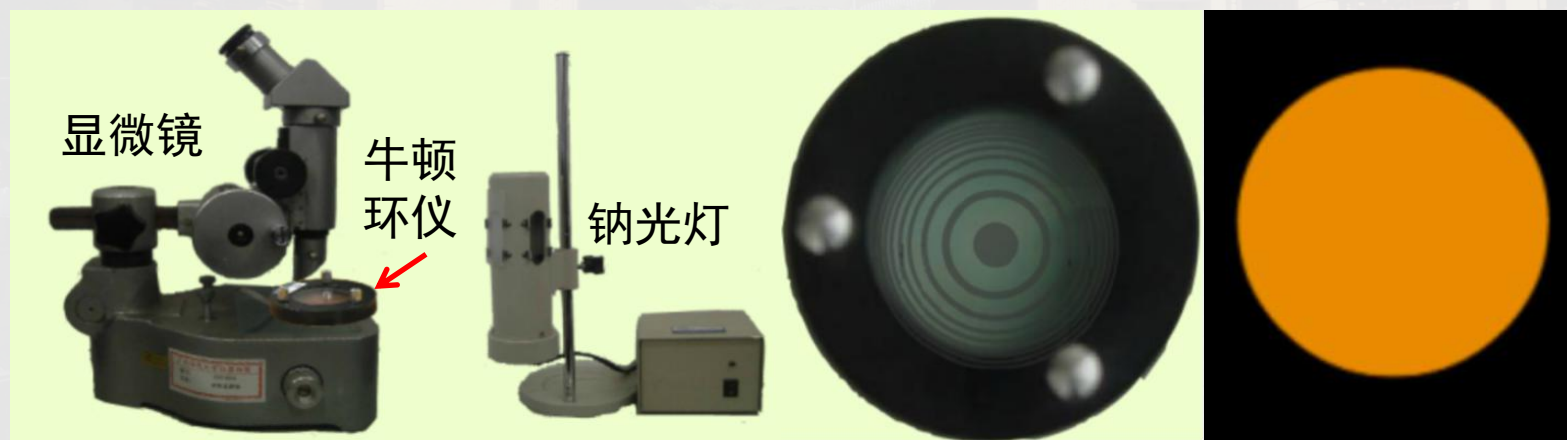
$$r_m^2 - r_n^2 = [(m+j) - (n+j)]R\lambda = (m-n)R\lambda$$

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



四、实验步骤

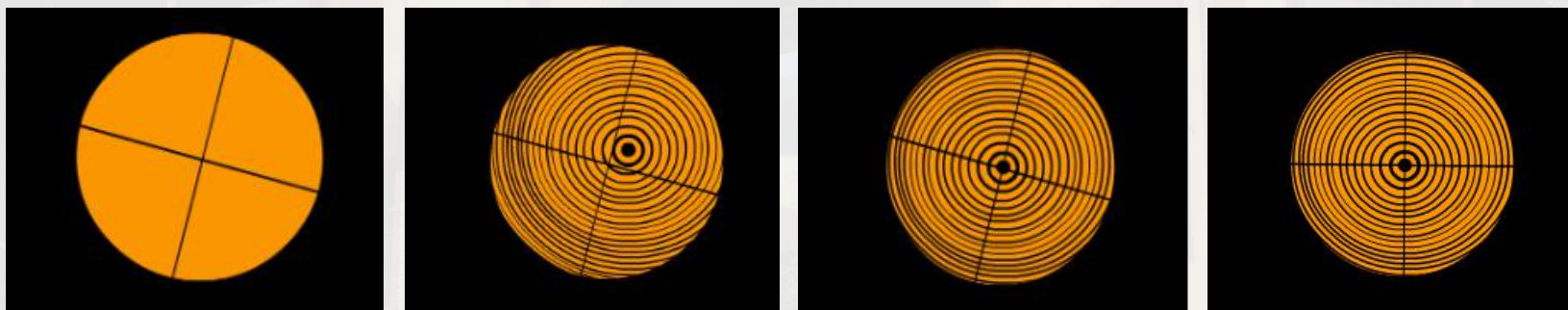
- 1 接通钠光灯预热，待其发出明亮黄光。（ $\lambda=589.3\text{ nm}$ ）
- 2 借助室内灯光，用眼直接观察牛顿环，调节框上螺丝使牛顿环呈圆形，且基本位于透镜中央；后将牛顿环仪置于载物台上，让牛顿环对准物镜。
- 3 调节钠光灯，使其窗口对准物镜，在目镜中观察整个视场亮度最大，颜色呈钠光的黄色。





四、实验步骤

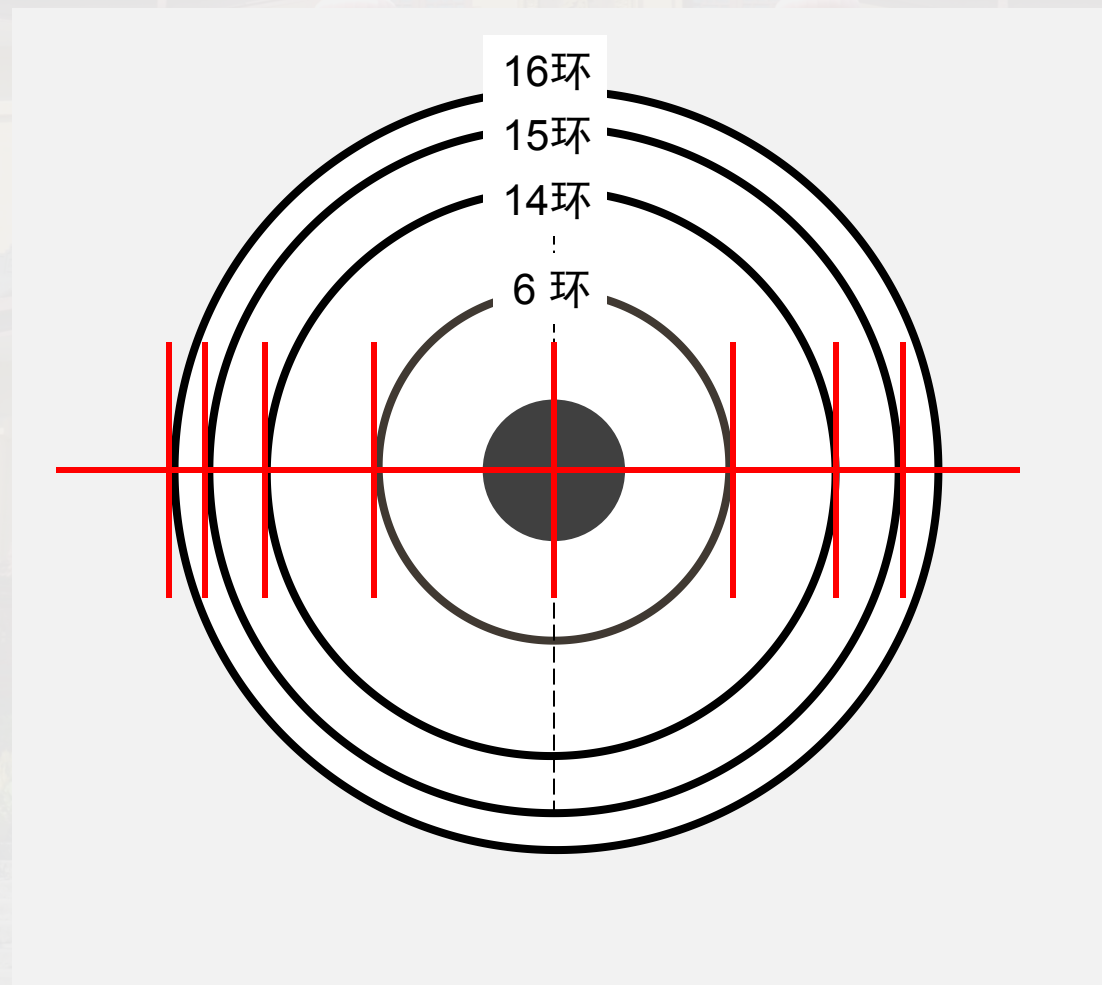
- 4 调节目镜，使得十字叉丝尽可能清晰；上下移动镜筒调焦，直到看到清晰的牛顿环纹；调牛顿环仪和读数显微镜目镜使得十字准线的交点与牛顿环中心重合；略微旋转目镜使得十字叉丝一条边与水平刻度尺平行。



- 5 转动读数手轮，观察十字准线从中央缓慢向左移至目标环，使得十字准线的交点与环相切，进行读数。



四、实验步骤





五、数据记录

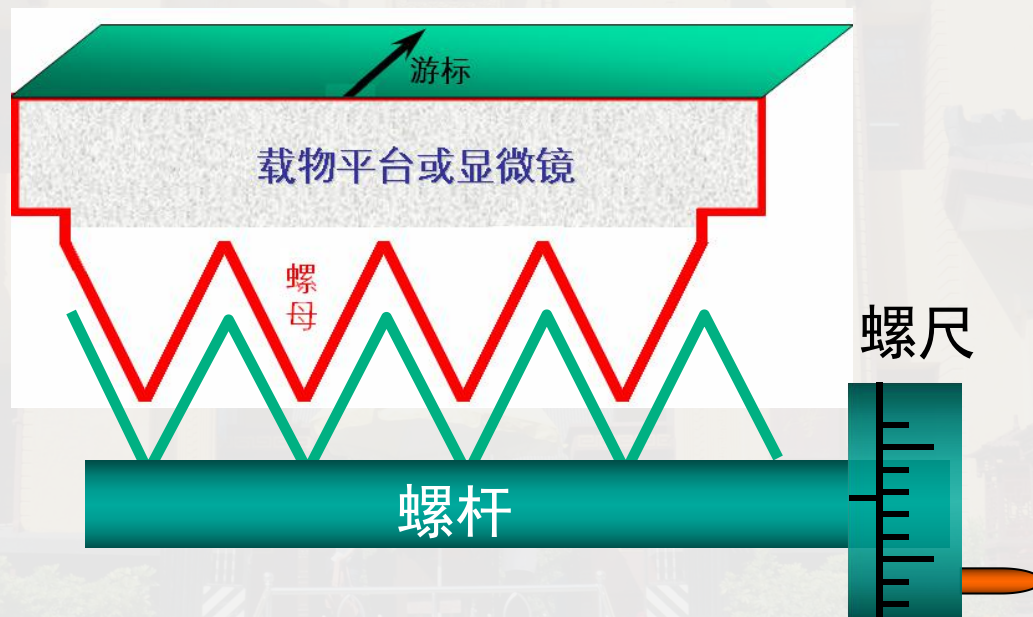
单位：mm

	左边读数	右边读数	环的直径
第15环			左-右
第14环			大 ↓ 小
第13环			
第12环			
第11环			
第10环			
第9环			
第8环			
第7环			
第6环			



读数显微镜的空程误差

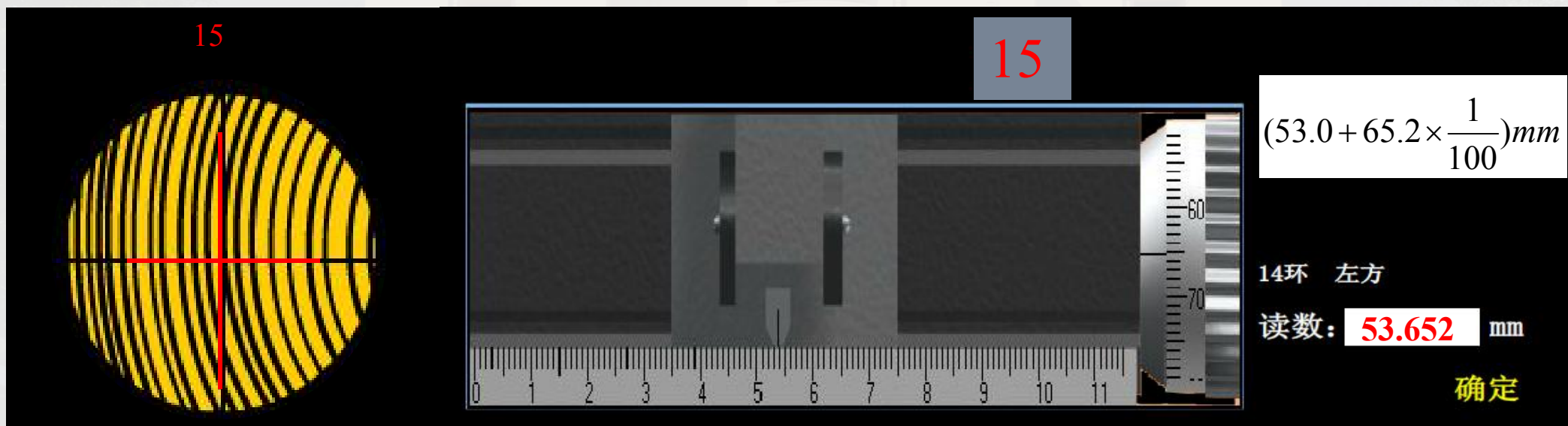
- 1 空程误差属系统误差，由螺母与螺杆间的间隙造成；



- 2 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。
- 3 消除方法：测量时只往同一方向转动螺尺。



显微镜读数





六、数据处理

单位：mm

	左边读数	右边读数	环的直径	曲率半径
第15环	$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m - n)\lambda} = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4(m - n)\lambda}$			
第10环				
第14环				
第9环				
第13环				
第8环				
第12环				
第7环				
第11环				
第6环				



六、数据处理

1 求R的平均值

$$\bar{R} = \frac{1}{5}(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5)$$

2 求不确定度

令 $M = d_m^2 - d_n^2$, 则 $u_A(M) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (M_i - \bar{M})^2}{n(n-1)}}$,

$$u_B(M) = \sqrt{\left(\frac{\partial M}{\partial d_m}\right)^2 \times 2u_B^2(x) + \left(\frac{\partial M}{\partial d_n}\right)^2 \times 2u_B^2(x)} = 2\sqrt{2}u_B(x)\sqrt{\bar{d}_m^2 + \bar{d}_n^2}$$

其中, $u_B(x) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$, $\Delta = 0.01\text{mm}$; 故 $u_C(M) = \sqrt{u_A^2(M) + u_B^2(M)}$

则 $u_C(R) = \frac{\bar{R}}{\bar{M}}u_C(M) = \frac{\bar{R}}{\bar{M}}\sqrt{u_A^2(M) + u_B^2(M)}$

3 测量结果

$$R = \bar{R} \pm u_C(R)$$



七、注意事项

- 1 使用读数显微镜时，为避免引进**螺距差**，移测时必须沿同一方向旋转，中途不可倒退；
- 2 调节牛顿环仪的螺丝时，螺丝不可旋得过紧，避免接触压力过大引起透镜碎裂；
- 3 实验结束后，应将牛顿环仪上的三个螺旋松开，避免透镜变形，整理好仪器，在实验记录本上做好记录。



八、思考题

- 1 从牛顿环仪透射到环底的光，是否能形成干涉条纹？若能形成干涉环，与反射光形成的条纹有何不同？
- 2 若用白光照射产生牛顿环，其颜色顺序是怎样的？原因为何？
- 3 实验中为何采用逐差法进行数据处理？



广西师范大学
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY

大学物理实验(I)

感谢您的观看



授课老师 - 吕凤珍

