



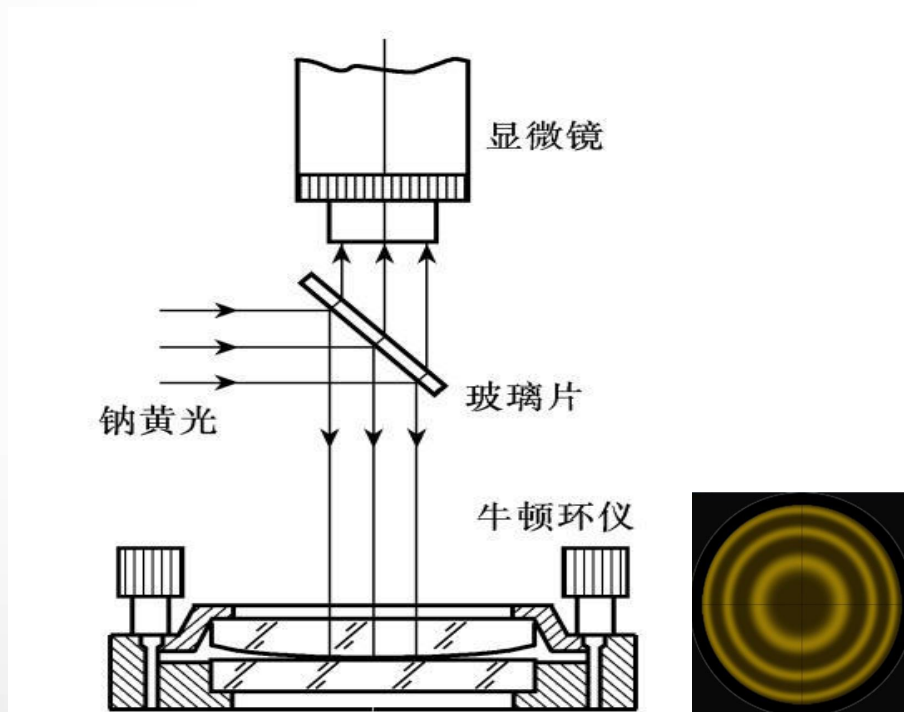
干涉法测微小量

【实验目的】

1. 观察等厚干涉现象特点
2. 学习使用读数显微镜
3. 掌握牛顿环测平凸透镜曲率半径的方法
4. 掌握劈尖干涉测细丝直径的方法

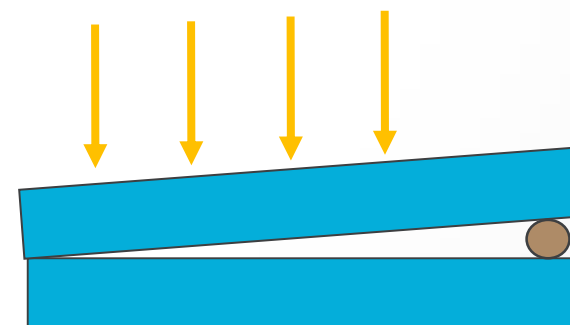
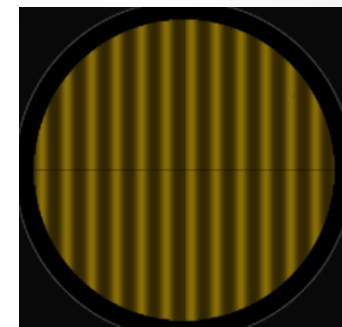
牛顿环

(牛顿在1675年首先观察到)



装置：一个曲率半径很大的平凸透镜，平面在上一个平板玻璃

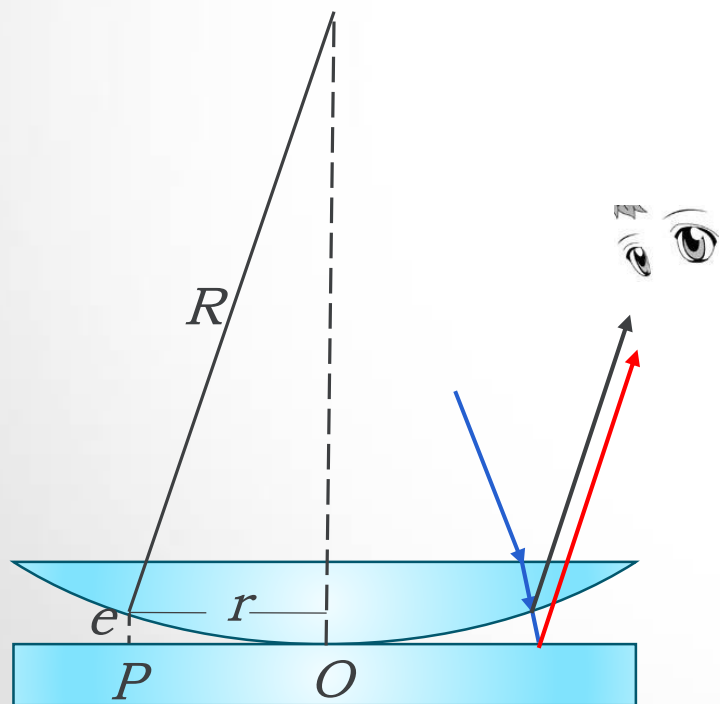
劈尖



装置：将两块玻璃板叠起来,在一端垫一细丝(或纸片), 两板之间形成一层空气膜,形成空气劈尖

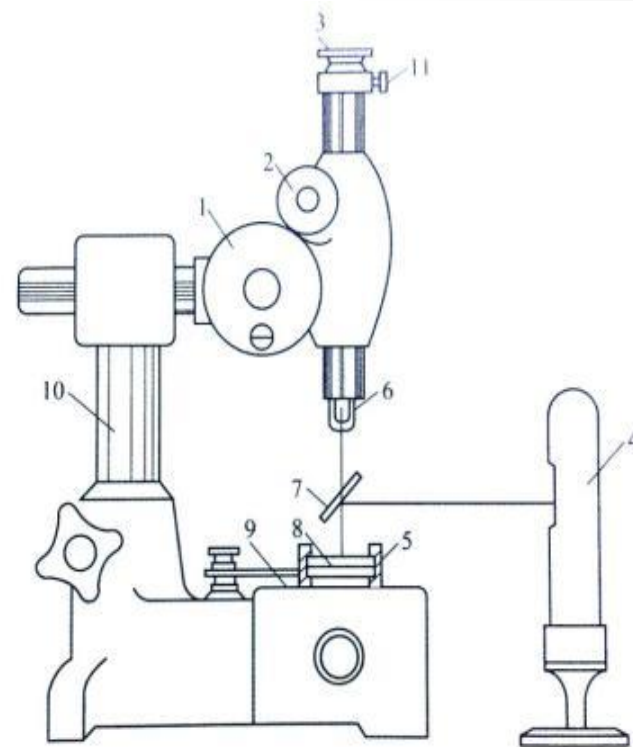
【实验原理】

牛顿环 测平凸透镜的曲率半径 R



当一列单色光入射穿入平凸透镜后，一部分被空气膜上表面球面反射（光线2），另一部分则进入空气膜后又被下表面平面反射（光线1），这两部分光满足相干条件（频率、振动方向相同，相位差恒定）而产生干涉现象。

光的反射：光照射到两种介质分界面上时改变传播方向，又返回原来介质中继续传播的现象。

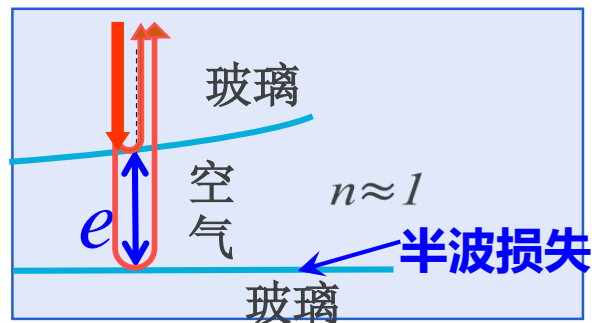


1. 测微鼓轮 2. 调焦手轮 3. 目镜 4. 钠光灯 5. 平面玻璃 6. 物镜 7. 45°玻璃片
8. 平凸透镜 9. 载物台 10. 支架 11. 锁紧螺钉

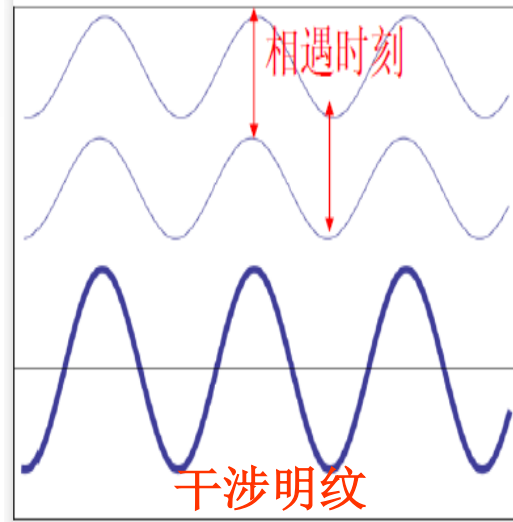
光线垂直入射膜面

两反射光线的光程差:

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



$\frac{\lambda}{2}$ 是由于半波损失引起的附加光程差



半波损失

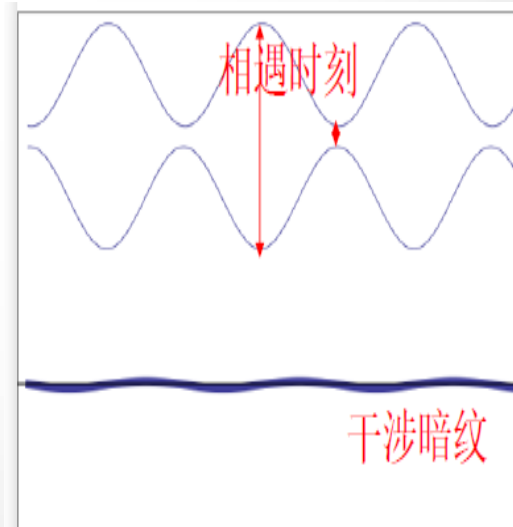
光波从光疏介质射向光密介质时的反射过程中，反射波在离开反射点时，振动方向相对于入射波到达入射点时的振动相反，即反射波相对于入射波相位突变 π ，这种现象叫做半波损失。

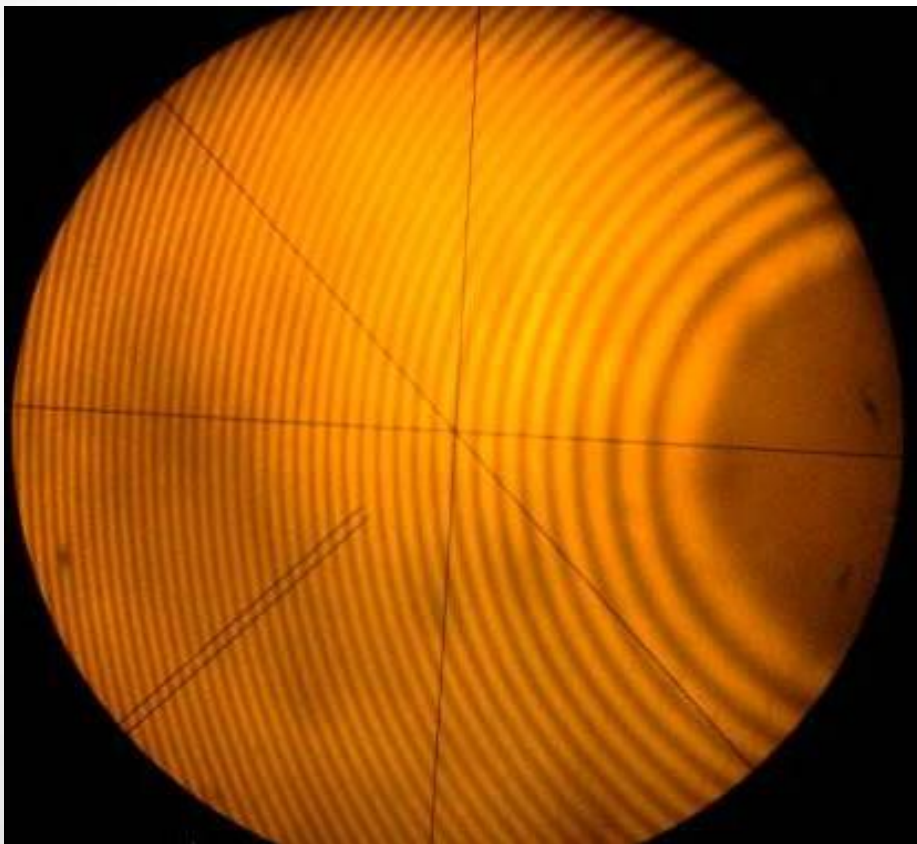
两反射光线干涉加强和减弱的条件:

$$\delta = 2e + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & k = 1, 2, \dots \\ (2k + 1)\frac{\lambda}{2} & k = 0, 1, 2, \dots \end{cases}$$

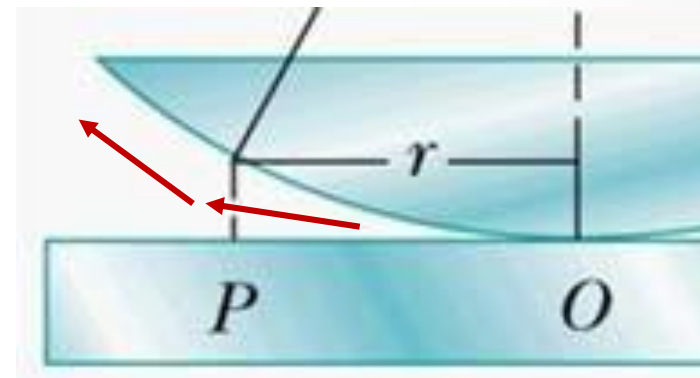
明纹

暗纹





$$\delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$$



- 因为光垂直入射牛顿环表面，光程差仅与空气的厚度有关，凡厚度相同的地方光程差相同，从而对应同一条干涉条纹，所以条纹是圆形。
- 因为空气薄膜从圆心开始沿半径方向，厚度不是均匀增加，而是增加的越来越快，所以条纹中间粗且疏，往外变得细且密。

光程差 $\delta = 2e + \frac{\lambda}{2}$

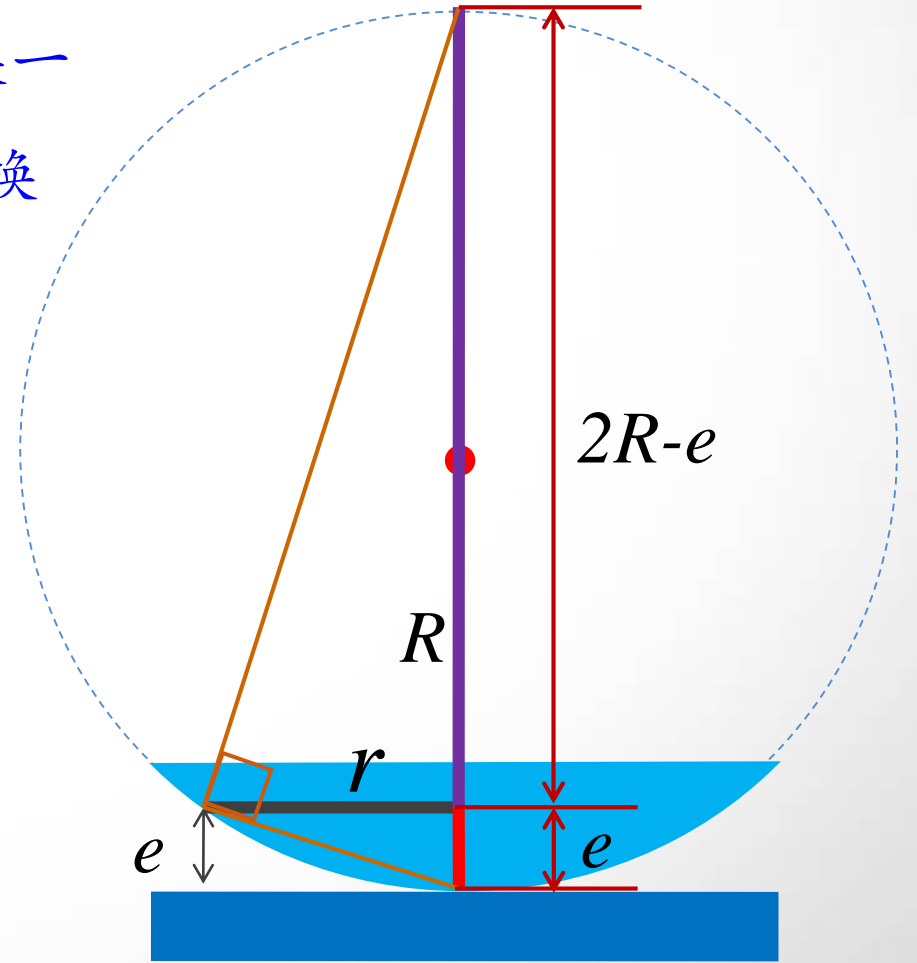
因为空气厚度 e 很难直接测量，而我们观察到的干涉条纹之间的距离是可以测量的，所以要把公式变换一下，用干涉圆环的半径 r 和平凸透镜的曲率半径 R 替换薄膜厚度 e 。

$$r^2 = e(2R - e)$$

$$= 2Re - e^2$$

$$\approx 2Re$$

→
$$e = \frac{r^2}{2R}$$



整理公式得

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

假设条纹中心圆斑含有 j 条暗纹，那么对于第 $j+m$ 级和第 $j+n$ 级的暗环有：

$$r_m^2 = (j+m)R\lambda$$

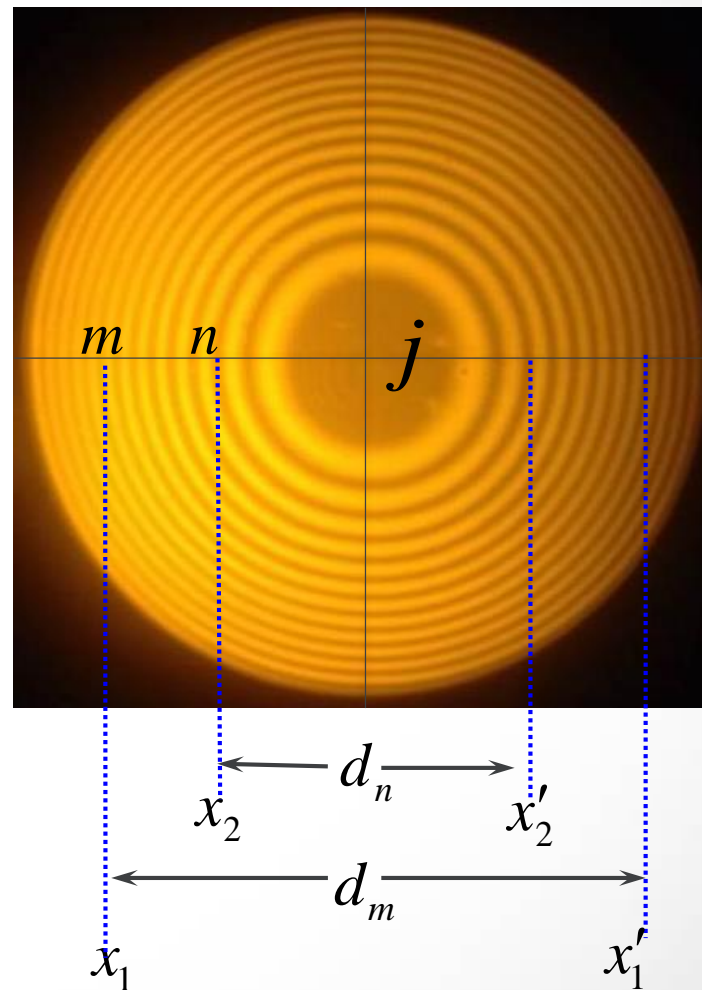
$$r_n^2 = (j+n)R\lambda$$

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

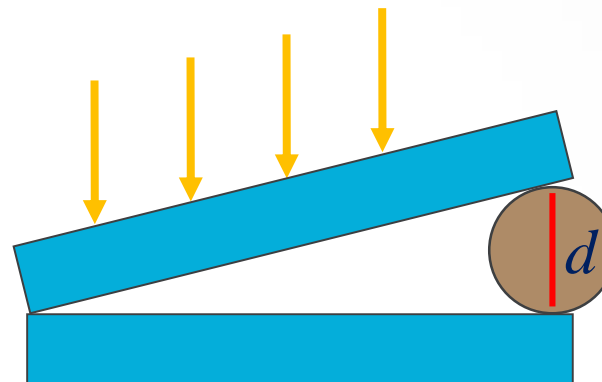
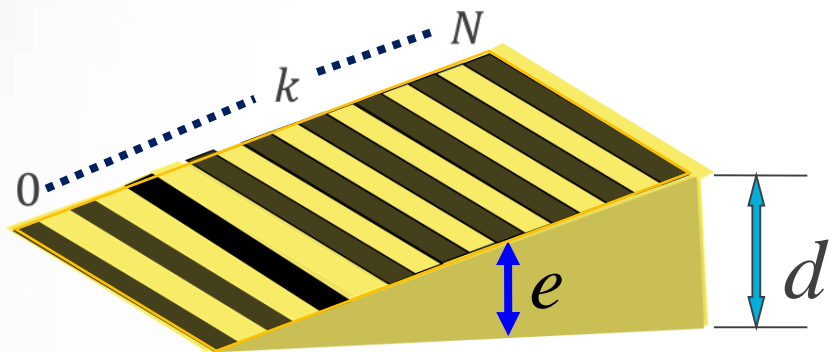
$$r_m^2 - r_n^2 = \frac{d_m^2 - d_n^2}{4}$$

曲率半径

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



空气劈尖 测细丝直径 d



$$\delta = 2e + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda & k = 1, 2, 3 \dots \\ (2k + 1)\frac{\lambda}{2} & k = 0, 1, 2 \dots \end{cases}$$

明纹

暗纹

暗纹(化简): $e = k \frac{\lambda}{2}$

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

N 为厚度 d 处的暗纹级次

由于干涉条纹是均匀分布的，测量 m 个条纹的间距 Δl

$$K = \frac{m}{\Delta l} \text{ 为单位长度的干涉条纹数}$$

$$\text{总条纹数 } N = KL,$$

L 为劈尖两玻璃片交线处到夹细丝处的总长度

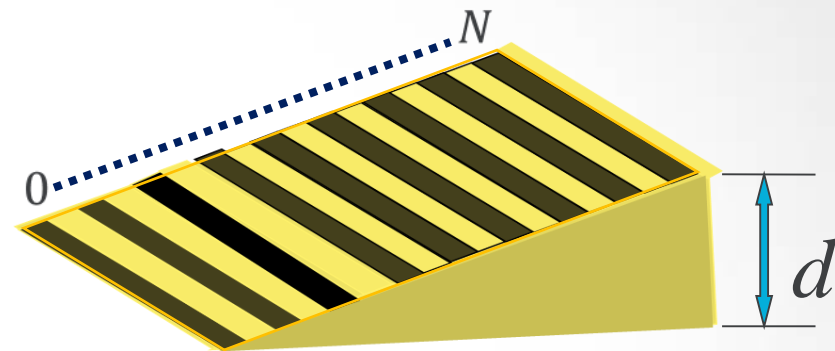
细丝的直径

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

在实验中，在劈尖玻璃面上选择三个不同的位置，测出 $m = 20$ 条暗纹的间距，求其平

均值 $\overline{\Delta l}$ ，则细丝的直径

$$d = L \cdot \frac{20}{\overline{\Delta l}} \cdot \frac{\lambda}{2}$$



【实验仪器】



钠光灯

$$\lambda_{\text{钠}} = 589.3\text{nm}$$



双击实验桌上读数显微镜图标可弹出读数显微镜的大窗体

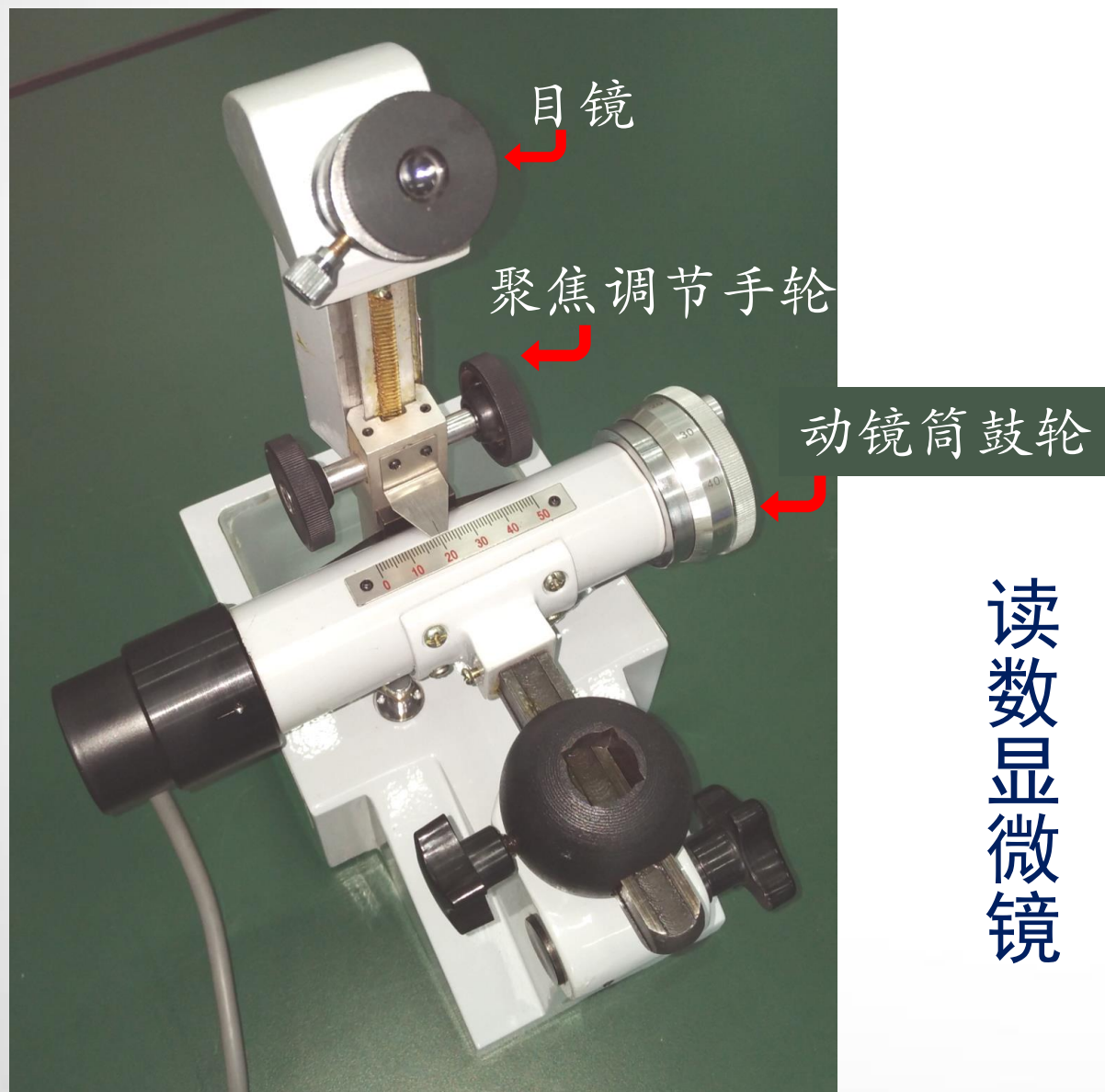


牛顿环

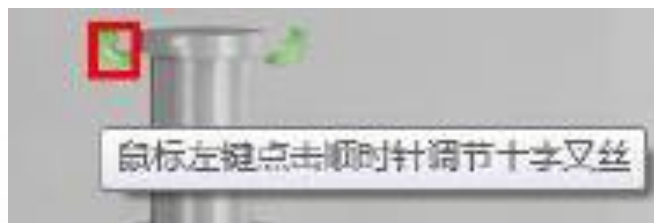
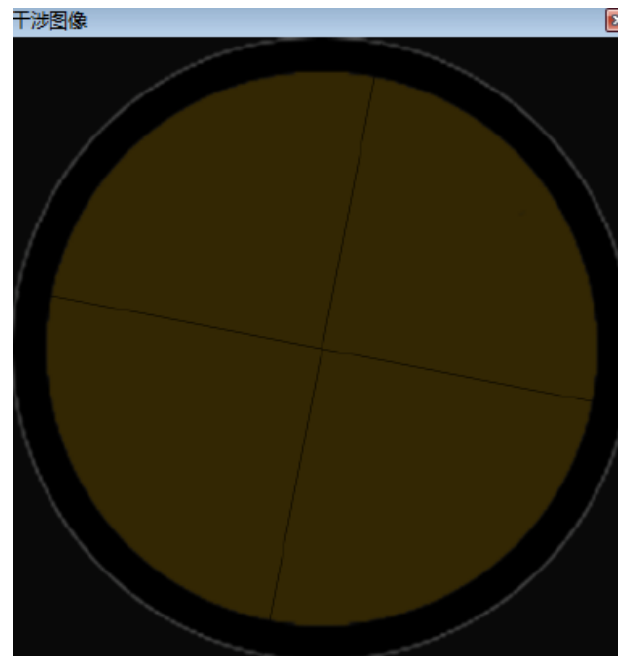


劈尖

开始实验后，从实验台上将牛顿环或劈尖拖至显微镜载物台上

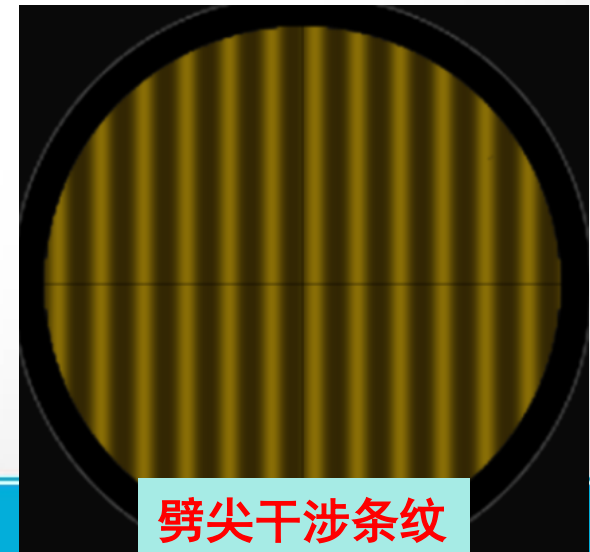
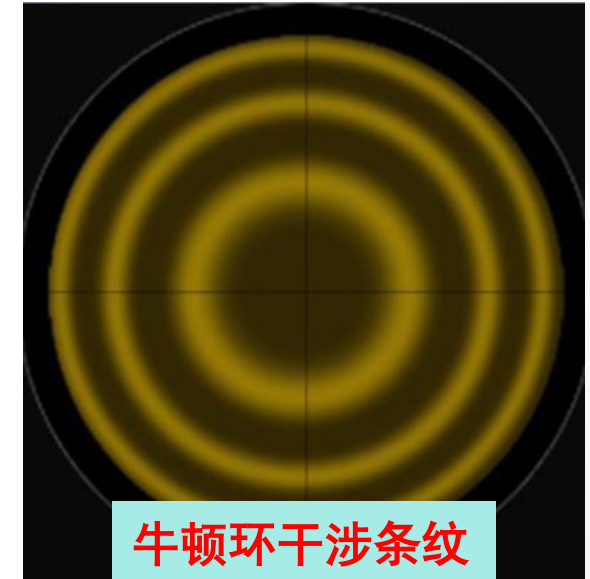


点击读数显微镜的目镜区域，弹出显微镜的观察窗口。点击目镜旁边的两个箭头图标，可调节(顺时针或逆时针)目镜窗口中十字叉丝的方向（要求：水平叉丝同镜筒移动方向应平行）

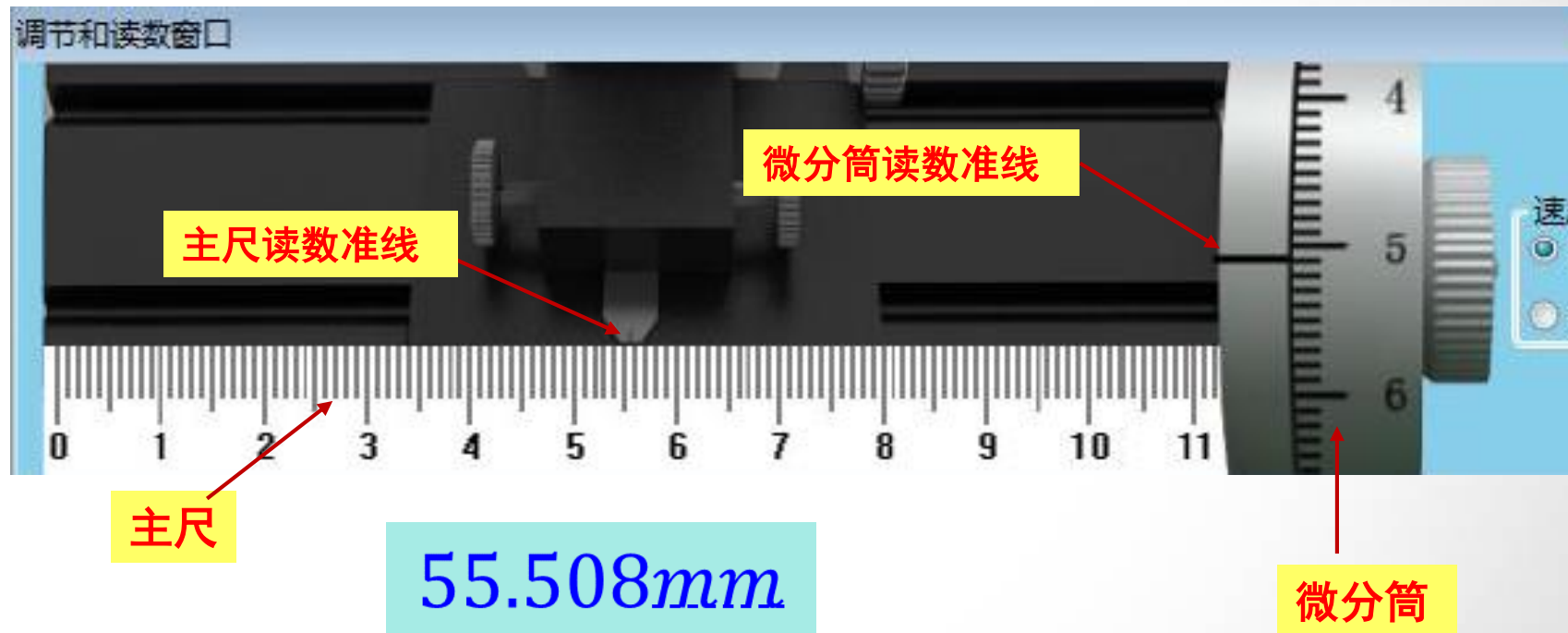


点击调焦手轮，可调节镜筒的高度；点击反光镜，可调节反光镜的角度

要求：1. 使用显微镜时，首先应将物镜降至最低位置，然后由下向上进行细调
2. 出现清晰的干涉图像



点击放大的显微镜中的微调鼓轮，可弹出微调标尺窗口



在标尺窗口，可通过选择“慢”或“快”来调节转轮的旋转速度

【实验内容一.牛顿环法测曲率半径】

1. 观察牛顿环

- ① 将牛顿环放置在读数显微镜镜筒和分束板下方，调节分束板的角度，使通过显微镜目镜观察时视场最亮。
- ② 调节目镜，看清目镜视场的十字叉丝后，使显微镜镜筒先下降到接近牛顿环仪然后缓慢上升，直到观察到干涉条纹，再微调分束板角度和显微镜镜筒高度，使条纹清晰。

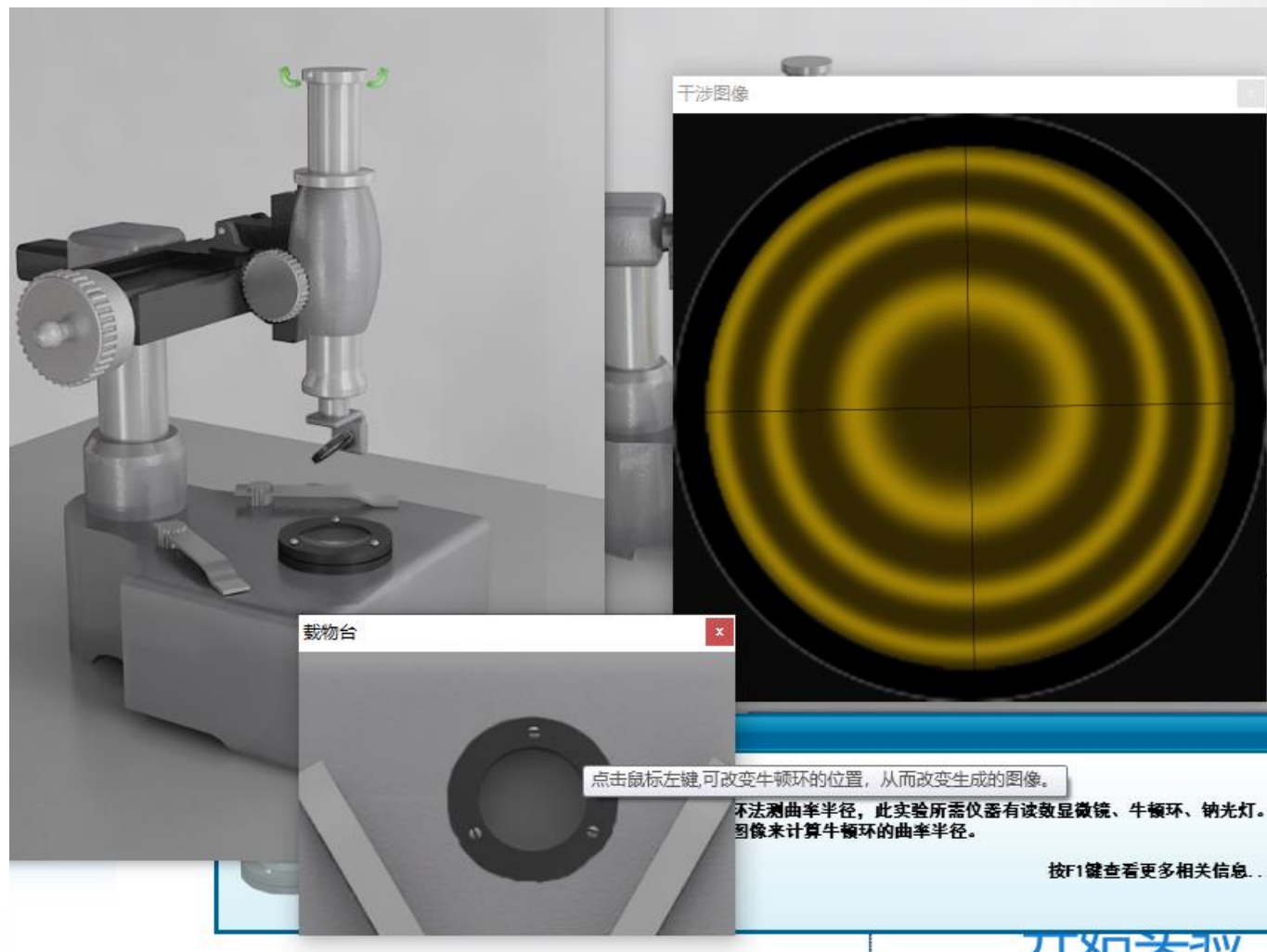
2. 测牛顿环半径

- ① 使显微镜十字叉丝交点和牛顿环中心大致重合，并使水平方向的叉丝与显微镜移动方向平行。
- ② 转动显微镜微调鼓轮，使显微镜沿一个方向移动，同时数出十字叉丝竖丝移过的暗环数，直到竖丝与第45环相交为止。
- ③ 反向转动鼓轮，当竖丝与第40环相交时，记录读数显微镜上的位置读数，然后继续转动鼓轮，使竖丝依次与第35、30、25、20、15、10、5环相交，顺次记下读数。
- ④ 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、35、40环相交时的读数。

仿真实验操作注意：

1. 调节牛顿环位置：双击显微镜，出现显微镜视图窗 → 单击牛顿环，出现载物台 → 点击并拖动

数据测量过程中，切勿再调整牛顿环位置

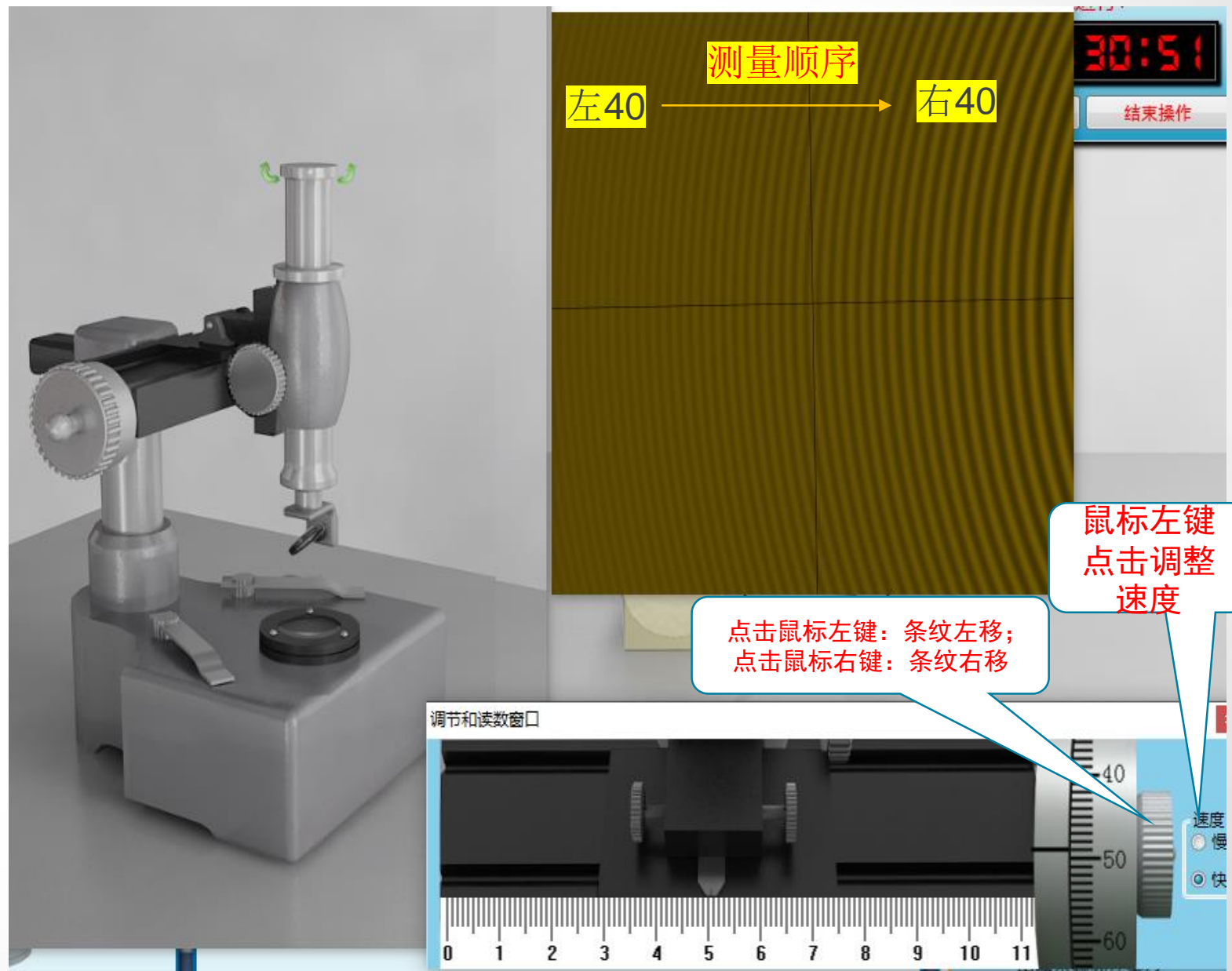


2. 为避免空程误差，测量过程中圆环只能往同一个方向移动，切勿来回移动。

3. 建议测量顺序：从左环到右环。避免测量过程中鼠标左、右键切换导致混乱出错。

4. 牛顿环干涉条纹粗细不一，读数时尽量用竖丝对准暗环的中间位置。

5. 尽量在纸上笔录所有的测量结果，最后再统一誊写到实验平台的表格中。



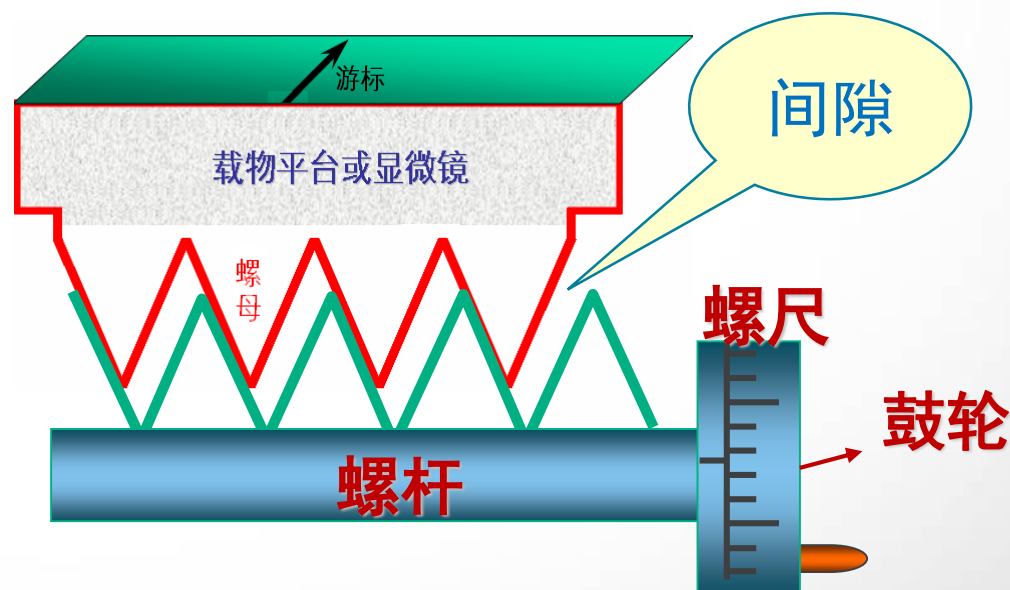
实验测量结果记录下表:

环数	第5环	第10环	第15环	第20环	第25环	第30环	第35环	第40环
左(读数mm)								
右(读数mm)								

6. 空程误差介绍:

如右图所示, 当鼓轮调节方向发生改变时, 因螺纹间隙的存在, 短时间内会出现鼓轮在转动(刻度线移动), 而显微镜镜头未移动(明暗条纹未移动)的现象, 从而导致实验误差的出现。

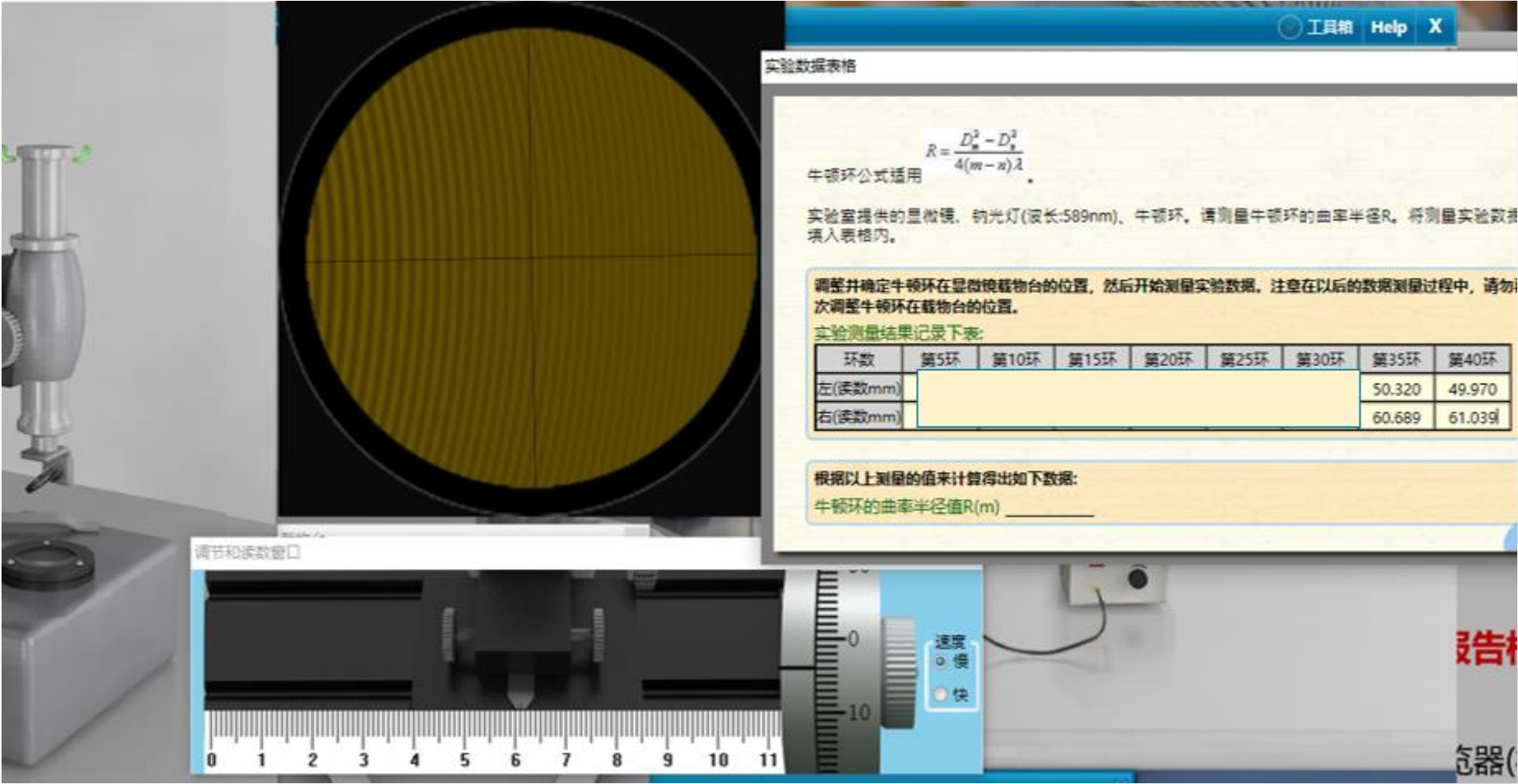
避免空程误差: 使竖丝与第 $40+N$ 环相切, 调整鼓轮, 显微镜中看见条纹有明显移动后, 明确找到第40环, 测量过程使鼓轮始终朝同一方向转动, 直到找到另一边的第40环。



如果鼓轮的转动方向发生改变, 那么就会产生空程误差

截图要求:

牛顿环**最后一个**的测量结果，截图上有干涉图像、显微镜调节和数据窗口、数据表格（含**所有**的测量数据，计算在实验报告中完成）。



【数据处理】

环序数/m		40	35	30	25
环位置/mm	右				
	左				
环直径 d_m/mm					
d_m^2/mm^2					
环序数 n		20	15	10	5
环位置/mm	右				
	左				
环直径 d_n/mm					
d_n^2/mm^2					
$(d_m^2 - d_n^2)/mm^2$					
$m - n$		20			
$(d_m^2 - d_n^2)/mm^2$					

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

钠光波长 $\lambda = 589.3\text{nm}$

【实验内容二. 用劈尖测细丝直径】

1. 观察干涉条纹

(1) 将劈尖放置在读数显微镜镜筒和分束板下方，调节分束板的角度，使通过显微镜目镜观察时视场最亮。

(2) 调节目镜，看清目镜视场的十字叉丝后，使显微镜镜筒下降到接近劈尖然后缓慢上升，直到观察到干涉条纹，再微调分束板角度和显微镜，使条纹清晰。

2. 测量。

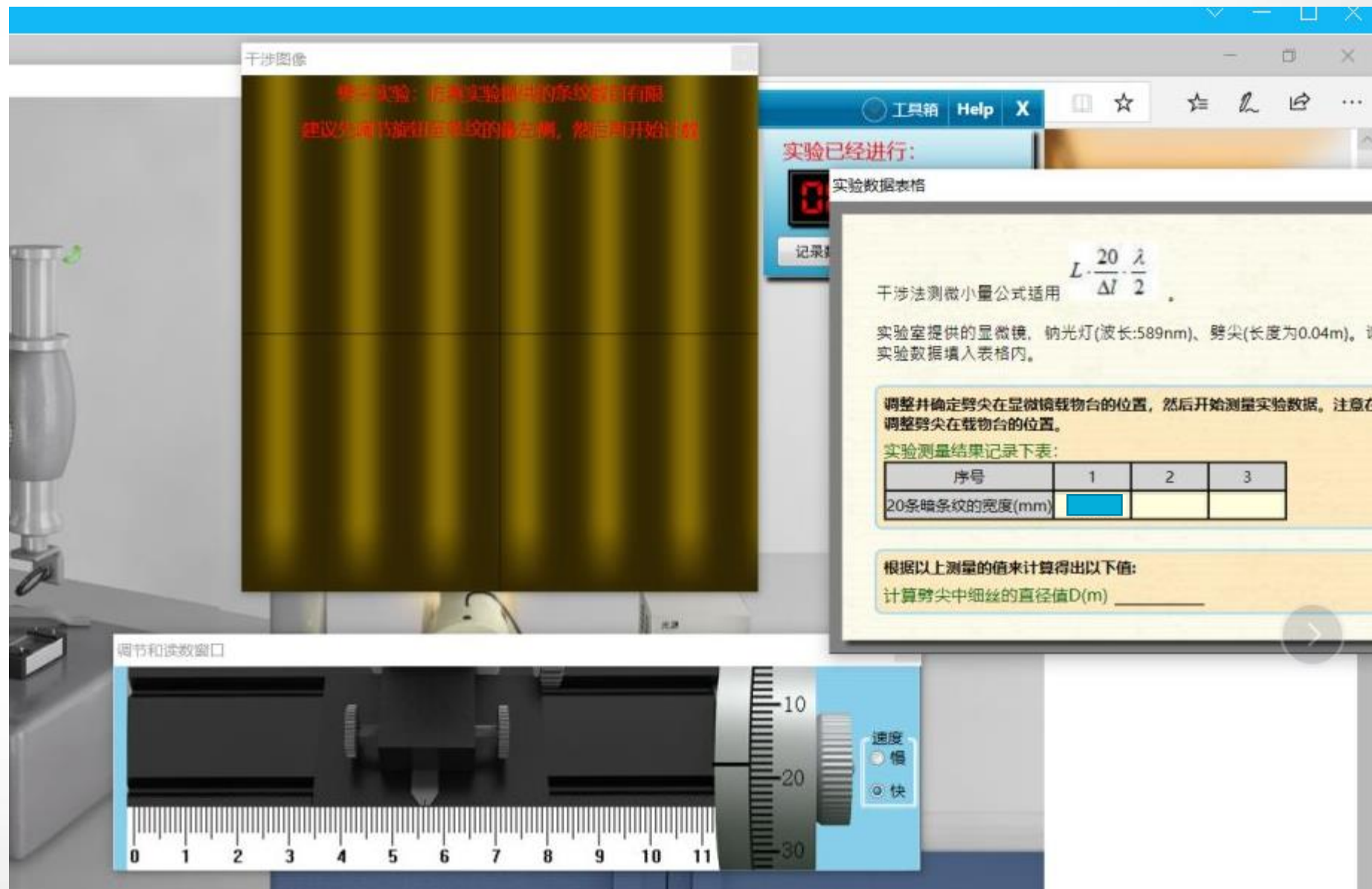
(1) 使显微镜的十字叉丝的竖直丝与尖劈玻璃交线重合，并使水平叉丝与显微镜镜筒移动方向平行。

(2) 在尖劈玻璃面的三个不同部分，测出20条暗纹的总长度，测3组。

显微镜读数		20条暗条纹宽度 $\Delta l = l_1 - l_2 $
l_1/mm	l_2/mm	

截图要求：

截图上有干涉图像、显微镜调节和数据窗口、数据表格（填入条纹宽度，细丝直径的计算在实验报告中完成）。



【数据处理】

L/mm↺	显微镜读数↺		20 条暗纹宽度Δl↺	$\overline{\Delta l}/mm↺$
	$l_1/mm↺$	$l_2/mm↺$		
40↺	↺	↺	↺	↺
	↺	↺	↺	
	↺	↺	↺	

仿真实验中：L=0.04m（按常量计算）
实际实验中：L需要用显微镜测量

$$d = L \cdot \frac{20}{\overline{\Delta l}} \cdot \frac{\lambda}{2}$$

友情提醒：实验中一定要保持心平气和，拒绝心浮气躁、手忙脚乱！
祝大家实验顺利，尽量避免多次返工！

再见！

