

双棱镜干涉

浙江大学物理实验教学中心



预备实验

1. 光路系统调节
2. 物距像距法测量凸透镜焦距

基础实验

双棱镜干涉法测量激光波长

拓展实验

单缝衍射特性探究

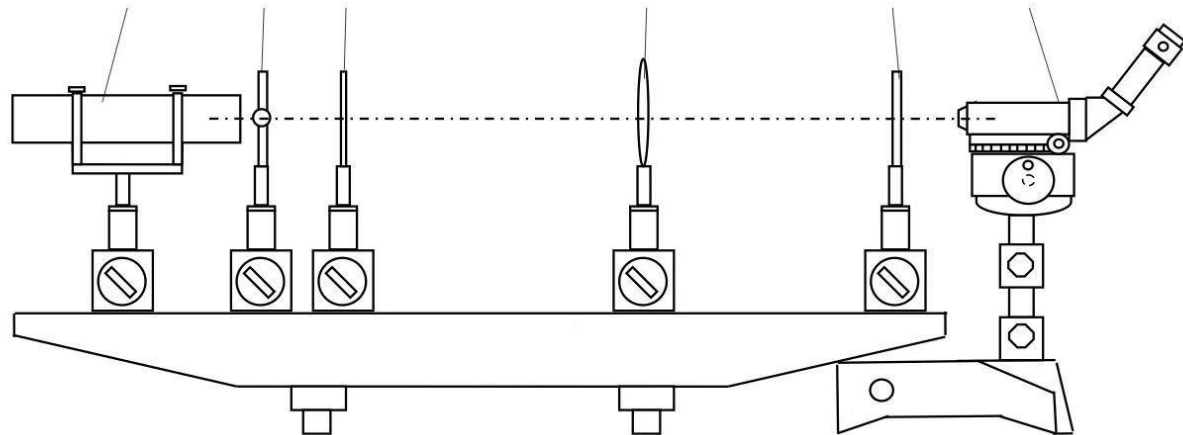


1. 松开激光器的固定螺丝，调节激光器的高度和方向，使得激光能通过狭缝，双棱镜，透镜中心和摄像头，激光方向大致和导轨平行。

2. 将白屏放在三维调节底座上，放于靠近激光器的位置，松开白屏固定螺丝调节白屏高度，左右位置调节螺丝调节白屏左右位置，使得激光通过白屏中心小孔。

3. 白屏移到远端（靠近毛玻璃屏的位置），调节激光器的二维调节架上的螺丝（右图中1号螺丝调上下，2号螺丝调左右），使得激光通过小孔。

4. 重复2,3步骤,直到白屏处于导轨上的任何位置，激光都能通过小孔。

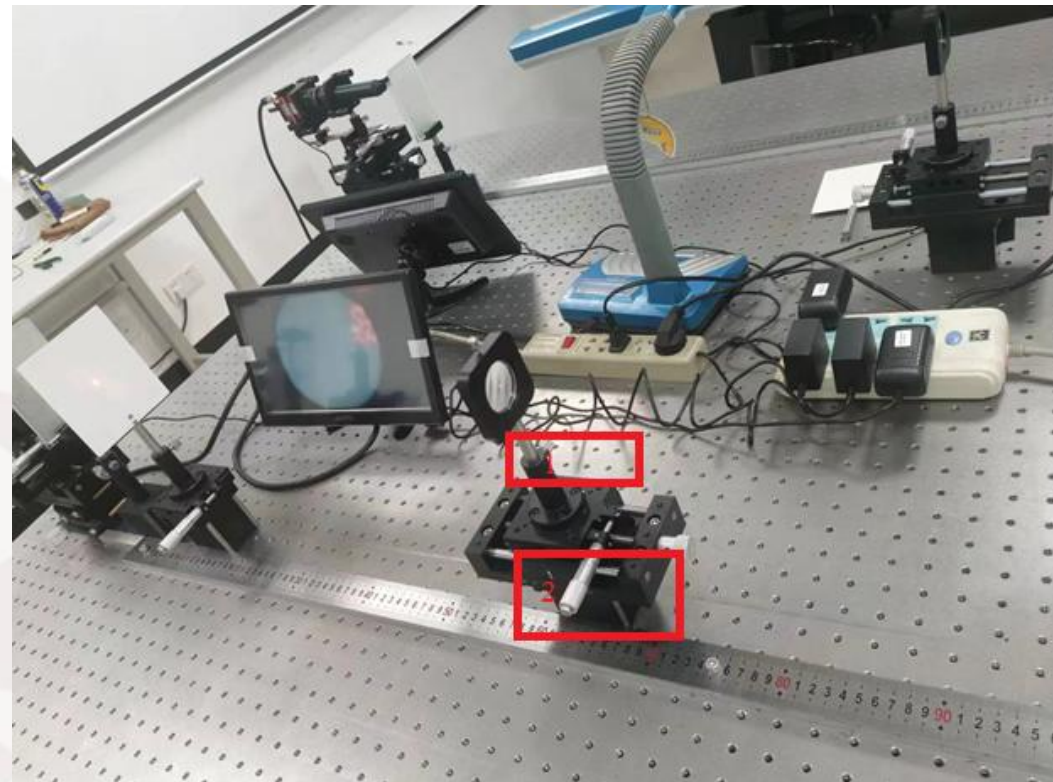




透镜位置调节

放上透镜，调节透镜高度和左右位置，使得光点仍然能通过白屏上的小孔。

松开1号螺丝可以调高低，2号旋钮可调左右



物像距法、位移法测量凸透镜焦距

凸透镜成像基本公式

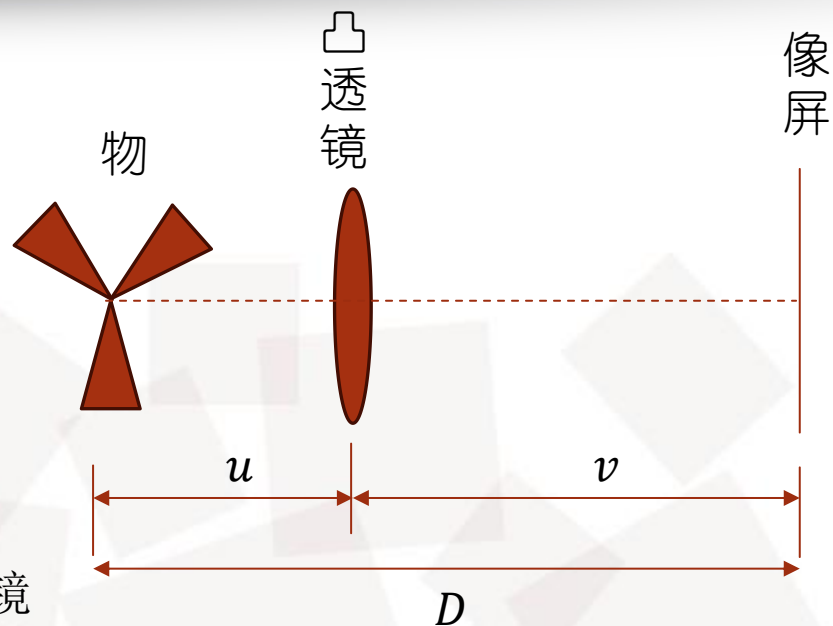
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$$

固定物、屏之间的间距 D 即 $u + v = D$, $D > 4f$ 时, 透镜在物屏和像屏中间移动, 会有两个位置使得像屏上出现清晰的像, 一个为放大像, 一个为缩小像。

放大像物距为 u_1 , 像距为 v_1 , 缩小像物距为 u_2 , 像距为 v_2

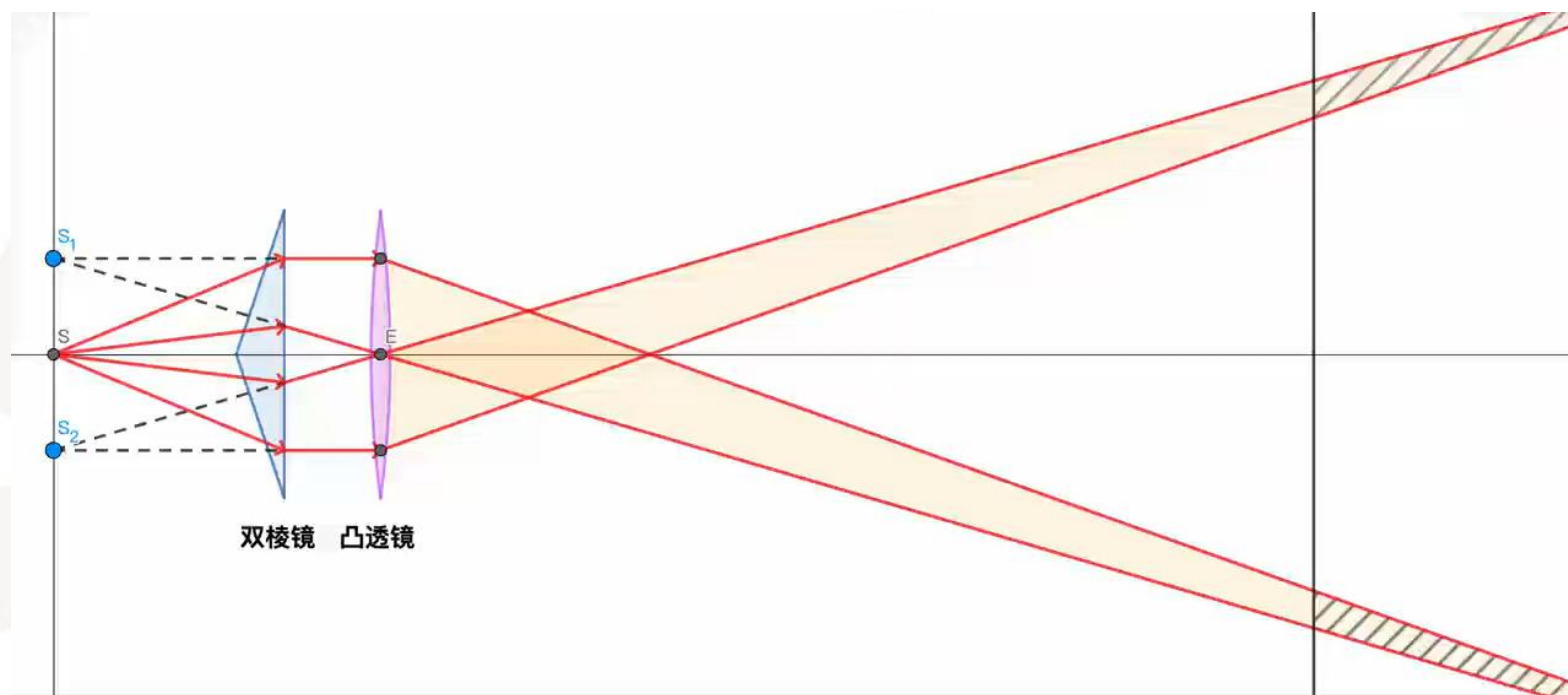
$$u_1 = v_2, \quad u_2 = v_1$$

D 越大于 $4f$, 两次成像差异越大, 越接近 $4f$, 差异越小
 $D = 4f$ 时, 仅成一次像。



$$f = \frac{D^2 - \Delta l^2}{4D}$$

Δl 为两次成像透镜位置的距离





历史争论

波粒之争

17-18世纪

初步形成

双棱镜干涉

1818-1821

推动发展

麦克斯韦方程

19世纪

现代发展

光量子假说

20世纪



牛顿



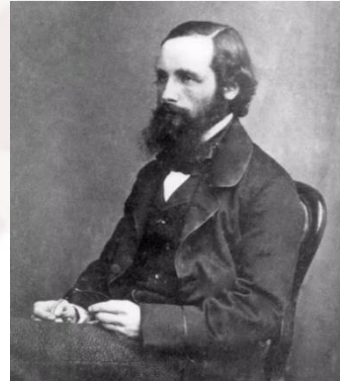
惠更斯



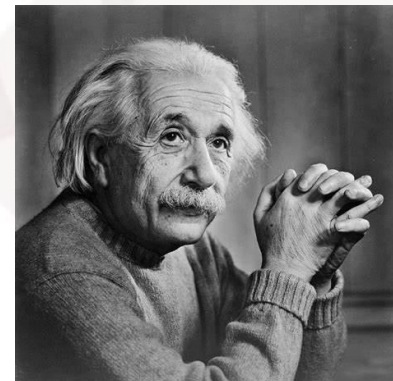
托马斯·杨



菲涅尔



麦克斯韦



爱因斯坦



- 1.掌握分波面法干涉原理。
- 2.了解双棱镜干涉装置及光路调节技巧。
- 3.观察双棱镜干涉现象并测定光波波长。

光的干涉

1. 干涉条件

(1) 频率: $f_1 = f_2$ (2) 振动方向: $\vec{A}_1 // \vec{A}_2$ (3) 相位差: $\phi_1 - \phi_2 = C$

2. 获取相干光的方法

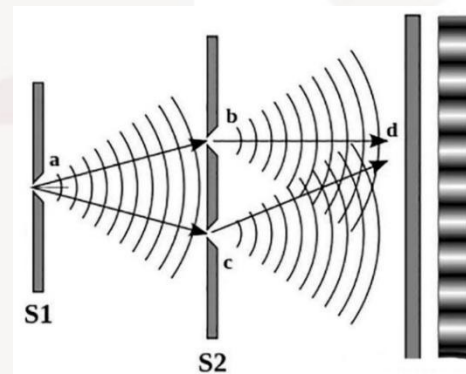
分波前法 (如杨氏双缝、菲涅尔双棱镜)

分振幅法 (如薄膜干涉、迈克尔逊干涉仪)

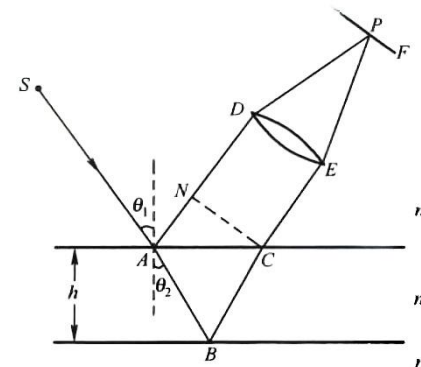
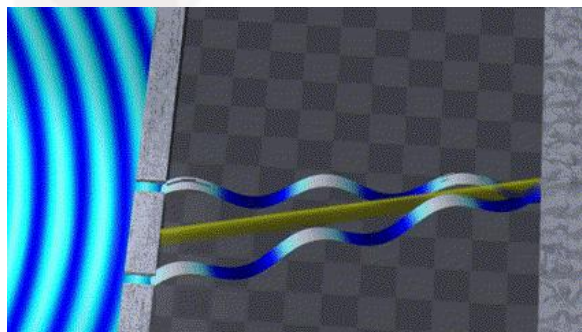
3. 明暗条纹条件

光程差 δ

$$= \begin{cases} \pm 2k \cdot \frac{\lambda}{2}, k = 0, 1, 2 \dots & \text{(明纹)} \\ \pm (2k + 1) \frac{\lambda}{2}, k = 1, 2, \dots & \text{(暗纹)} \end{cases}$$



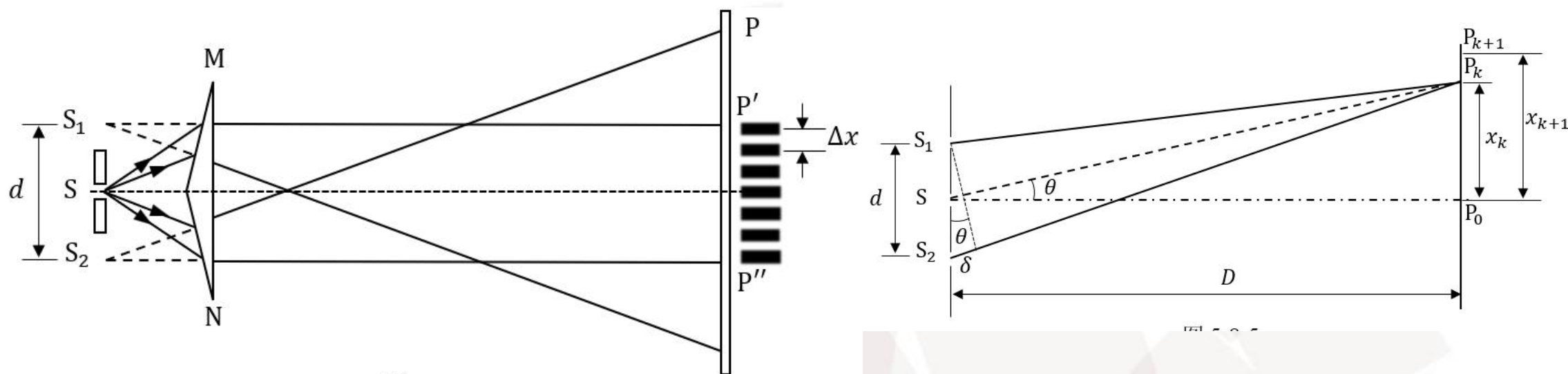
分波前法



分振幅法



波长测量原理



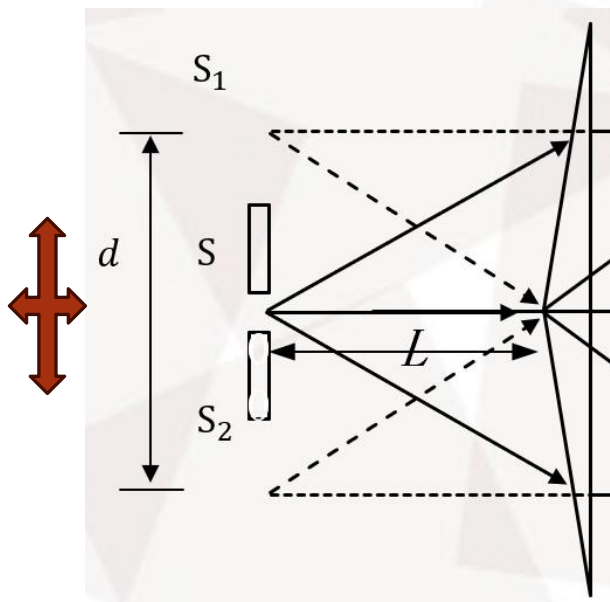
K 级暗纹光程差： $\delta_K = S_2P_K - S_1P_K = d\sin\theta \approx d\frac{x_K}{D}$

$K+1$ 级暗纹光程差： $\delta_{K+1} = S_2P_{K+1} - S_1P_{K+1} = d\sin\theta \approx d\frac{x_{K+1}}{D}$

$$\rightarrow \delta_{K+1} - \delta_K = \lambda = \frac{\Delta x \cdot d}{D}$$

虚光源看不到， d, D 难以测量，可用二次成像法

虚光源间距



$$d = 2L * (n - 1)\alpha$$

(α 是双棱镜楔角, L 是狭缝到双棱镜棱脊的距离)

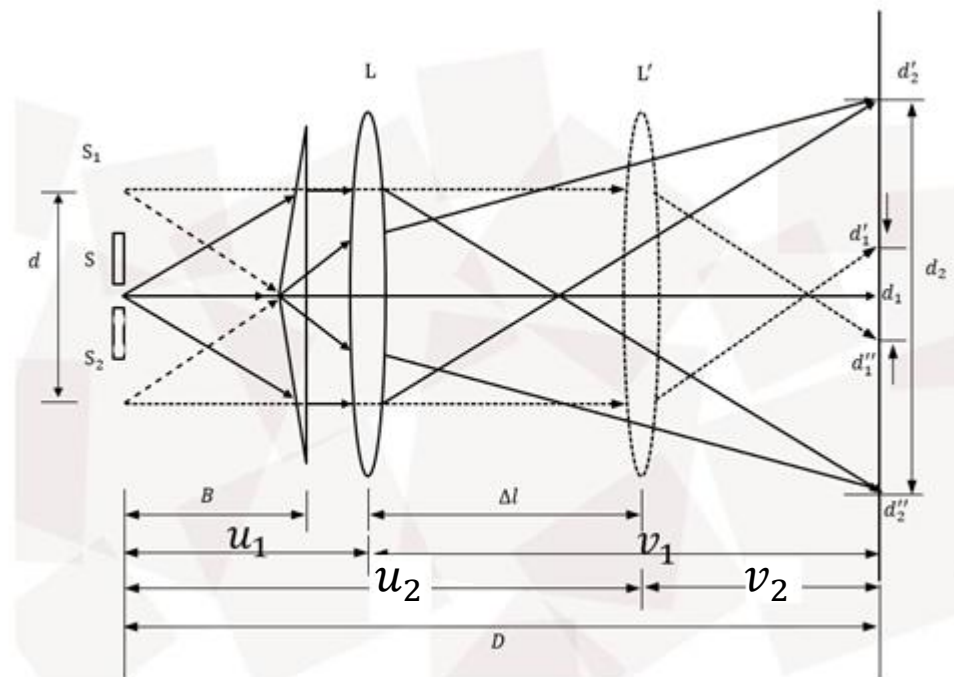
L 变化会导致 d 变化; d 变化会导致虚光源像点间距 d_1 和 d_2 变化。



二次成像法测虚光源间距 d 和虚光源到像屏距离 D

$$d = \sqrt{d_1 d_2}$$

$$D = v_1 + v_2$$



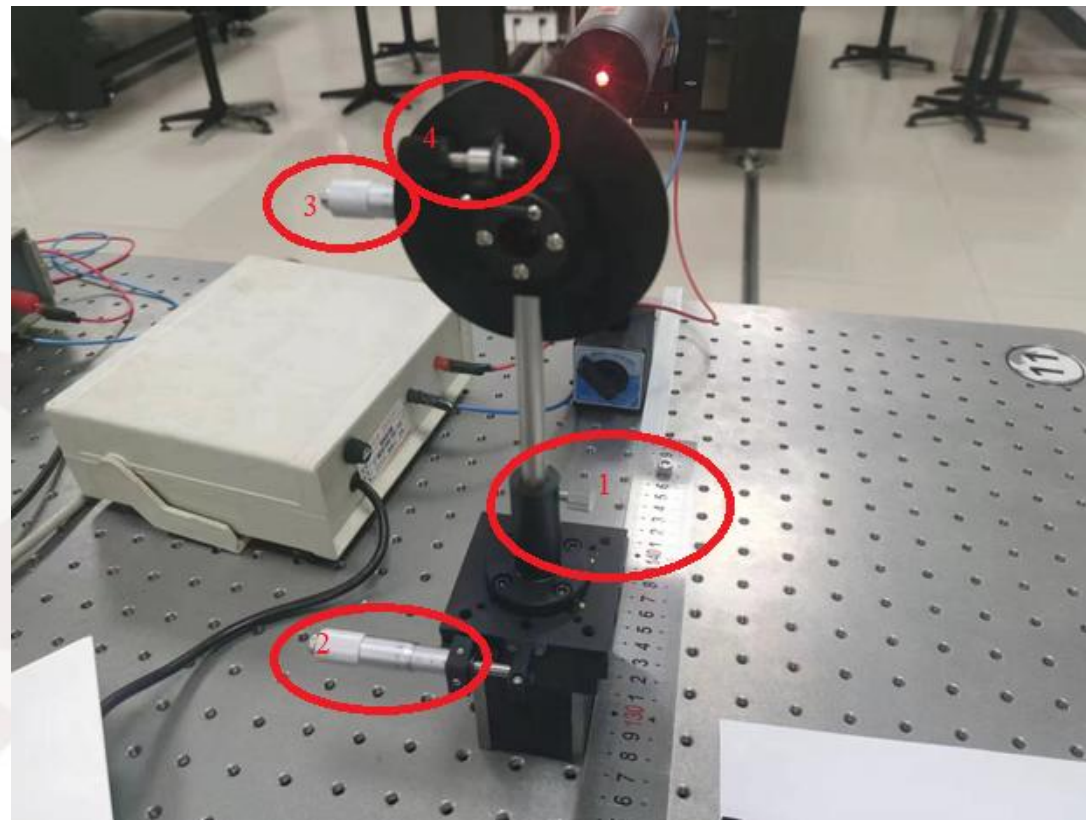
D 越大于 $4f$, 放大像越大, 缩小像越小, 缩小像间距测量误差会越大
 D 越接近于 $4f$, 放大像、缩小像差异越小

$$\lambda = \frac{\Delta x \cdot \sqrt{d_1 d_2}}{v_1 + v_2}$$



狭缝调节

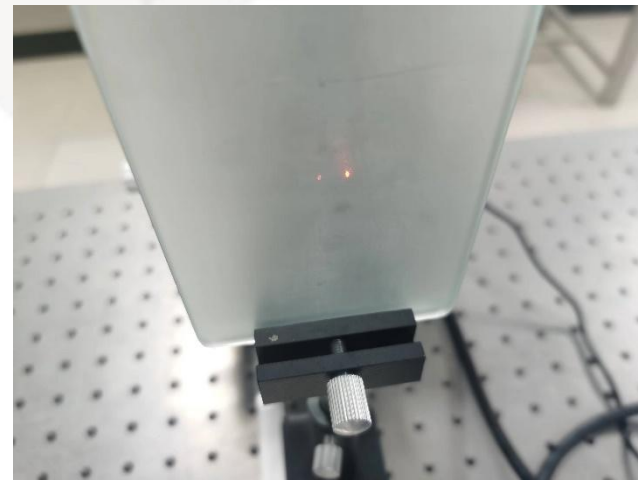
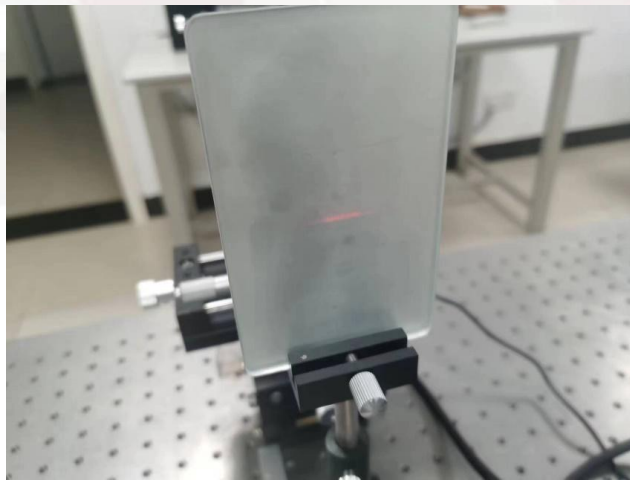
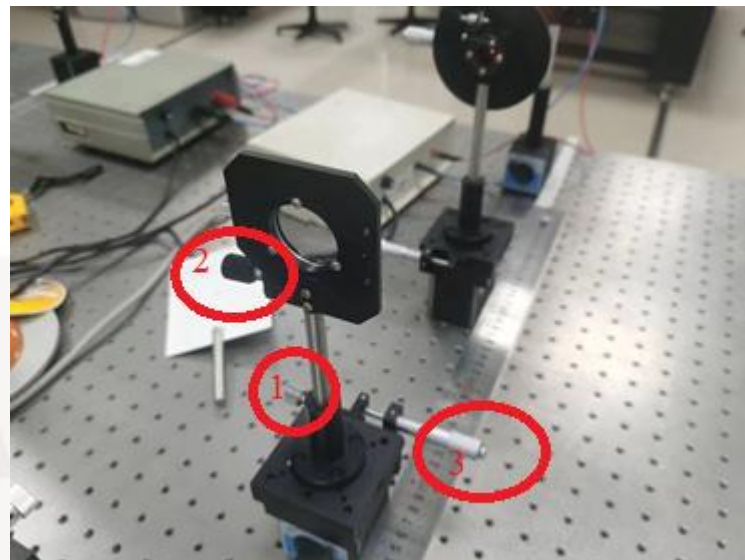
- 1.将毛玻璃屏置于靠近摄像头位置，狭缝到毛玻璃屏的距离取 126.00cm 。
2. 松开1号螺丝可调高度，并使得狭缝面和激光垂直。
- 3.调节2号螺丝，使得激光通过狭缝。
- 4.调节3号螺丝，改变狭缝大小，使得毛玻璃屏上出现衍射条纹。
- 5.观察衍射条纹是否水平，若没有水平，调4号螺丝，可使得狭缝竖直，这时衍射条纹水平。





双棱镜位置调节

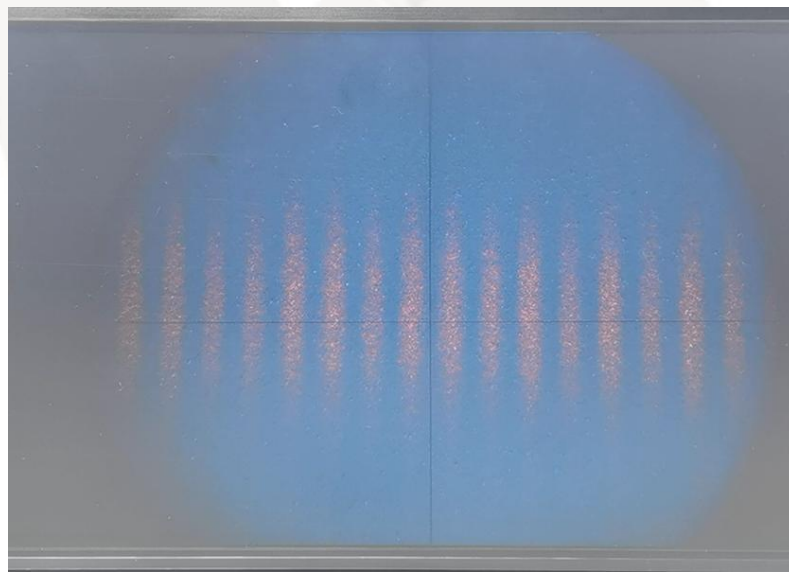
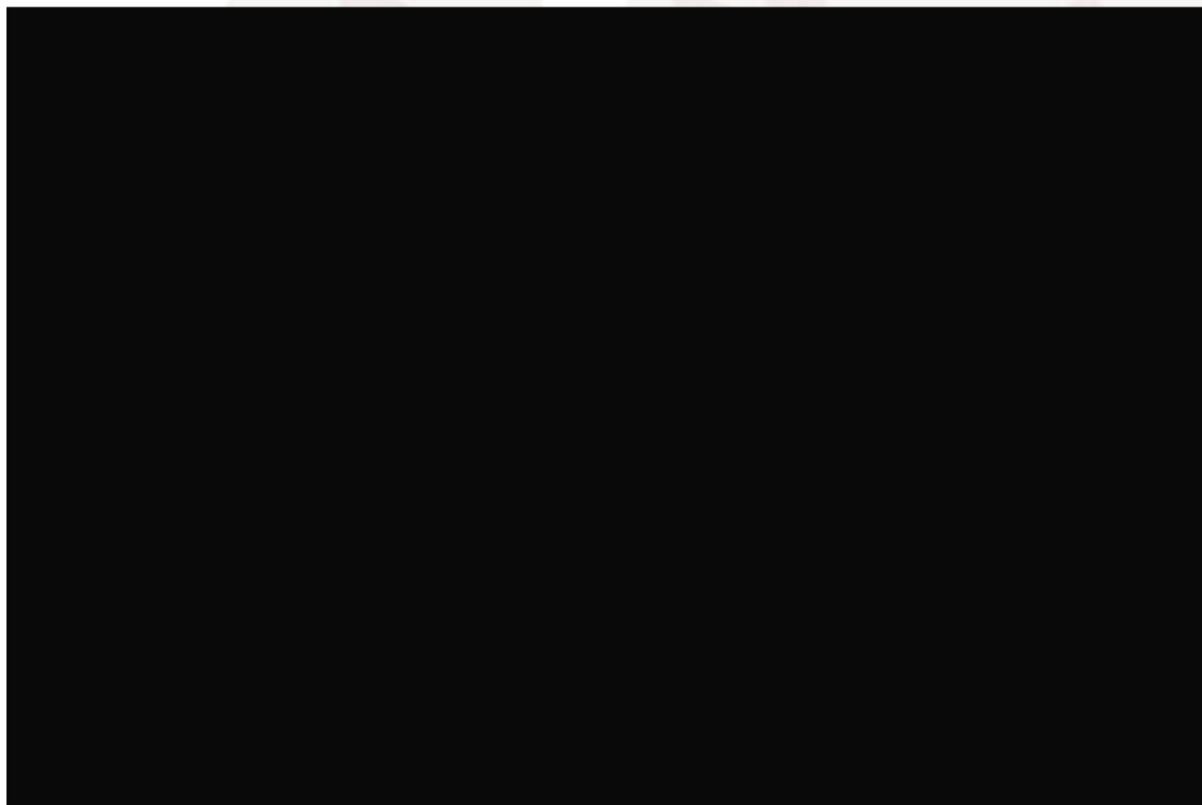
1. 将双棱镜放在光路调节时放白屏的底座上，双棱镜置于距离狭缝 22.00cm 处（思考：这个距离其他数值是否可以？设置标准是？）。
2. 图1中1号螺丝松开，可调高度，并使得双棱镜和激光垂直。
3. 图1中2号螺丝可调双棱镜的棱脊竖直。（这一步可在摄像头调整好再做，狭缝、棱脊竖直时，干涉条纹也是竖直的）。
4. 图2中红色区域较亮部分即为干涉区域，调图1中3号螺丝，干涉区域会左右移动，调至中间。若不在中间，二次成像时，两个像点明暗程度会不一样。





摄像头调整

调节摄像头高低，左右位置，使镜头正对干涉区域，调整镜头到毛玻璃屏之间的距离，使屏幕上出现清晰的干涉图样。旋转镜头，使叉丝转正，条纹若不竖直，可完成双棱镜调节中的第3步。

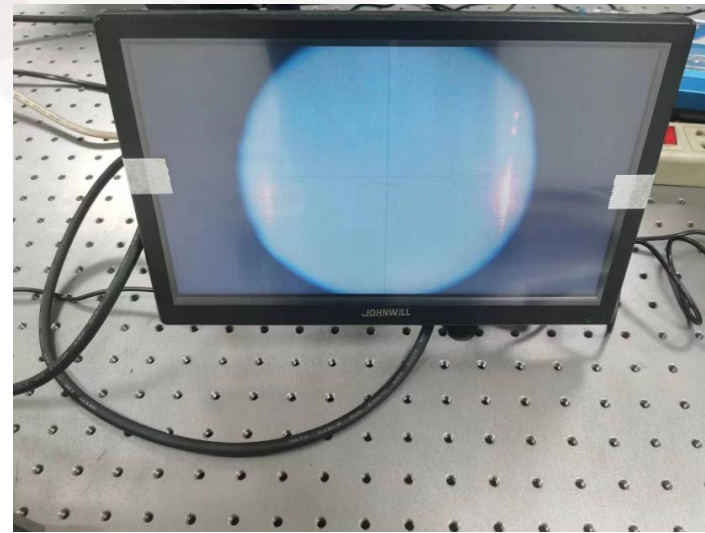
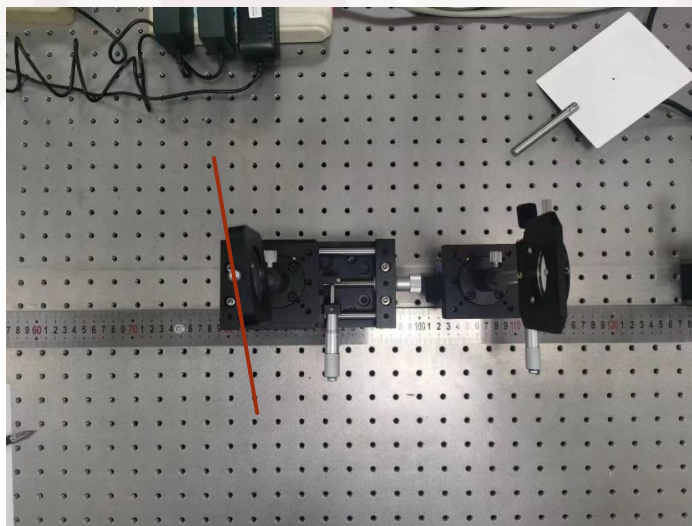
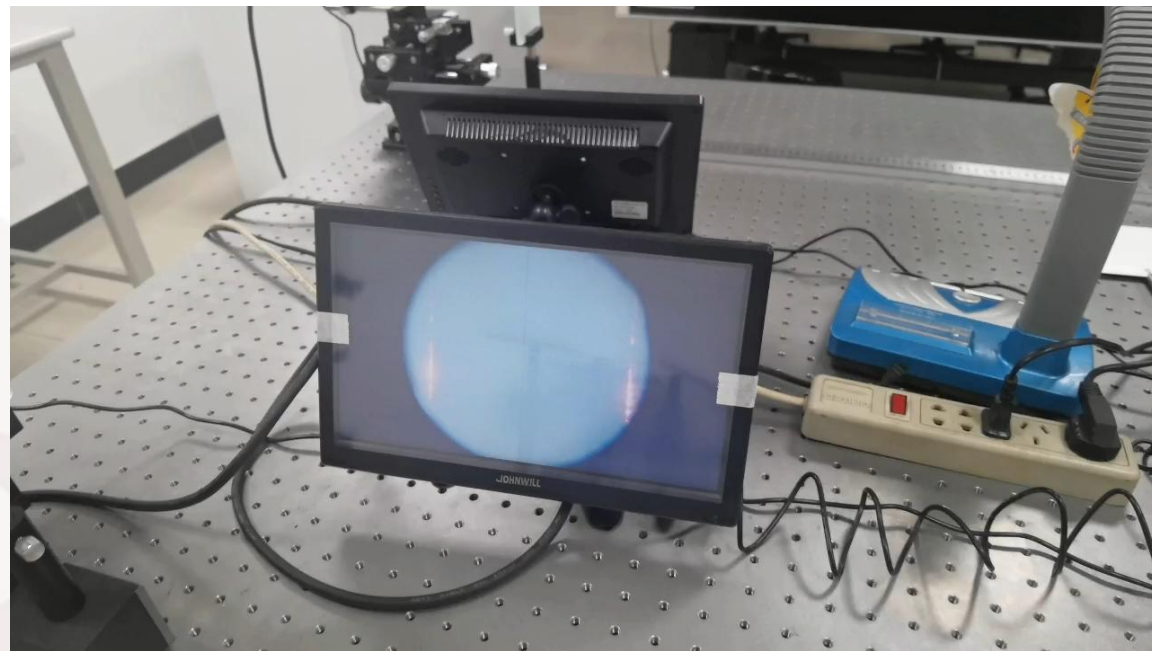




二次成像法测 D 和 d

放上透镜，在双棱镜和毛玻璃屏之间水平移动透镜，可在屏幕上观察到像点清晰程度的变化，找到像点最清晰的两个透镜位置。像点间距一大一小。记下透镜位置，并量出像点间距，完成数据处理中表格1。若像点中间太亮，可缓慢调小狭缝。

注意：测像点间距时，应移动摄像头，使叉丝竖线对准像点中间位置。





移开透镜，若屏幕中无干涉条纹，可缓慢调大狭缝，直到出现干涉条纹，并且叉丝也能清晰分辨。（狭缝太大会使得屏幕太亮，叉丝会看不清，所以狭缝不能调太大。）

移动镜头底座的螺旋测微器，完成数据处理中的表格2.

注意：叉丝竖线对齐条纹位置时，应该对暗纹两边的明暗交界线各读一个数取平均。

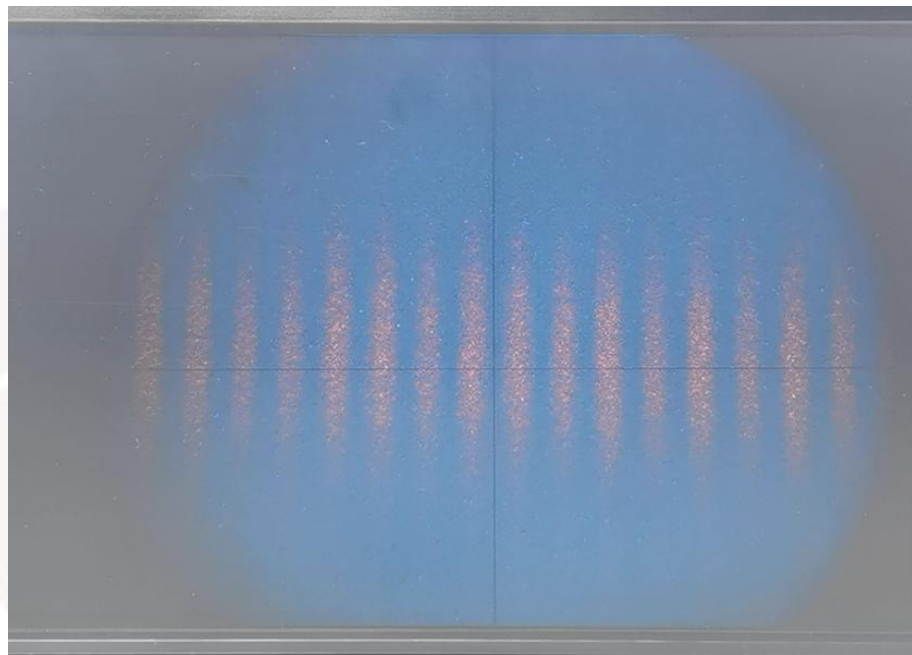


表1 记录毛玻璃屏的位置 $v_0 =$

双棱镜位置 =

狭缝位置 =

实验次数	v_{01}/cm	v_{02}/cm	D/cm	d_1/mm	d_2/mm
1					
2					
3					
4					
5					
6					

 v_{01} : 放大像透镜位置读数 v_{02} : 缩小像透镜位置读数 d_1 : 虚光源的放大像像点间距 d_2 : 虚光源的缩小像像点间距 $D = |v_{01} - v_0| + |v_{02} - v_0|$



表2暗纹位置读数

编号	左	右	平均Si	编号	左	右	平均Si+10	10Δx=Si+10-Si	
S1				S11				10Δx ₁	
S2				S12				10Δx ₂	
S3				S13				10Δx ₃	
S4				S14				10Δx ₄	
S5				S15				10Δx ₅	
S6				S16				10Δx ₆	
S7	跳过							10Δx	
S8									
S9									
S10									

写出直接测量量结果表达式:
其中不确定度 $u = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$,
 u_A 为测量值的算数平均值的标准偏差,
 $u_B = \frac{\Delta_{\text{仪}}}{\sqrt{3}}$
光具座直尺 $\Delta_{\text{仪}} = 0.2\text{mm}$,
读数显微镜 $\Delta_{\text{仪}} = 0.004\text{mm}$

$$y = 10\Delta x$$
$$d_1 = \overline{d_1} \pm u_{d1} \quad d_2 = \overline{d_2} \pm u_{d2} \quad y = \overline{y} \pm u_y \quad D = \overline{D} \pm u_D$$
$$\overline{\lambda} = \frac{\sqrt{d_1} \sqrt{d_2}}{\overline{D}} \times \frac{\overline{y}}{10}$$

不确定度计算方法: $\frac{u_{\lambda}}{\overline{\lambda}} = \sqrt{\left(\frac{u_{d_1}}{2\overline{d_1}}\right)^2 + \left(\frac{u_{d_2}}{2\overline{d_2}}\right)^2 + \left(\frac{u_y}{\overline{y}}\right)^2 + \left(\frac{u_D}{\overline{D}}\right)^2}$

最后写出 $\lambda = \overline{\lambda} \pm u_{\lambda}$



1. 为减小测量误差，应该如何设置狭缝到屏的距离 D ，狭缝到双棱镜的距离？
2. 测量时如果条纹有倾斜，对测量结果有何影响？



再见