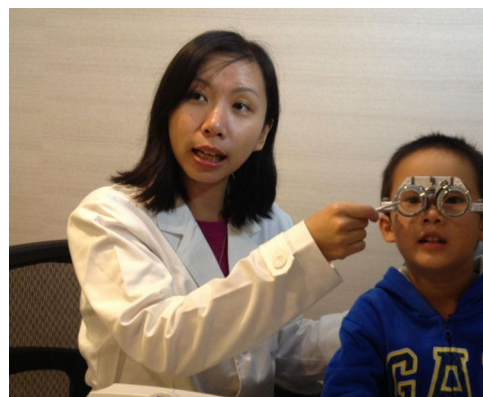


几何光学设计实验

引言



- 透镜是组成各种光学仪器的基本光学元件
- 焦距是透镜的主要参数之一
- 透镜组合可以作为助视光学仪器，如眼镜、望远镜、显微镜等



实验内容



- 1、掌握测量薄透镜焦距的方法→**自准直法、共轭法**（课上采集并处理数据，含估算不确定度）
- 2、加深理解薄透镜成像规律→**搭置开普勒望远镜（双凸透镜望远镜，**课上记录数据，课后分析）
- 3、了解伽利略望远镜和显微基本工作原理→（**个人选做，不计入成绩**）

已定焦距凸透镜 3 个，已定焦距凹透镜 2 个，待定透镜 1 个，平面镜，品字形物屏，一字形物屏，LED 白光光源，白屏，光具座导轨，钢直尺等。

表 1 透镜列表

透镜组	凸透镜	凸透镜	凸透镜	凸透镜	凹透镜	凹透镜
焦距 (mm)	100	150	300	待定	50	150

实验器材



已定焦距凸透镜 3 个，已定焦距凹透镜 2 个，待定透镜 1 个，平面镜，品字形物屏，一字形物屏，LED 白光光源，白屏，光具座导轨，钢直尺等。

表 1 透镜列表

透镜组	凸透镜	凸透镜	凸透镜	凸透镜	凹透镜	凹透镜
焦距 (mm)	100	150	300	待定	50	150

操作步骤



1. 光学元件共轴等高的调节

- a) 准备工作：首先确保实验装置已经正确搭建好，包括透镜、物屏和像屏都已经安装在各自的滑块上，且可以自由滑动
- b) 将透镜等元件向光源靠拢，调节高低、左右位置，使
 - ① 光源、物屏上的透光孔中心、透镜光心、像屏的中央大致在一条与光具座导轨平行的直线上；
 - ② 物屏、透镜、像屏的平面与导轨垂直

操作步骤

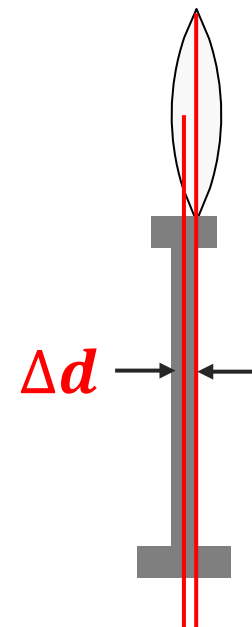


2. 测量透镜、物屏、像屏等偏离底座滑块中心的距离 Δd

1) 测量凸透镜的 Δd

- ① 在平行光管和物屏中放入**毛玻璃**，调整物屏、像屏和透镜位置，使白屏上成**清晰**倒立实像。记录此时透镜滑块**右侧边缘**对应的刻度，记为 x_1
- ② 保持物屏、像屏位置不变，**180度旋转凸透镜**，白屏上的像会变**模糊**。水平移动透镜，使白屏上的像**再次变清晰**。记录透镜滑块右侧边缘对应的刻度，记为 x_2
- ③ 于是，透镜光心偏离滑块中轴的距离
- ④ **重复测量6次，结果取平均值**

$$\Delta d = \frac{1}{2} |x_2 - x_1|$$



测量次序	1	2	3	4	5	6	平均值
$\Delta d_{\text{品字形物屏}}/\text{mm}$							
$\Delta d_{\text{箭头形物屏}}/\text{mm}$							
$\Delta d_{\text{透镜}}/\text{mm}$							

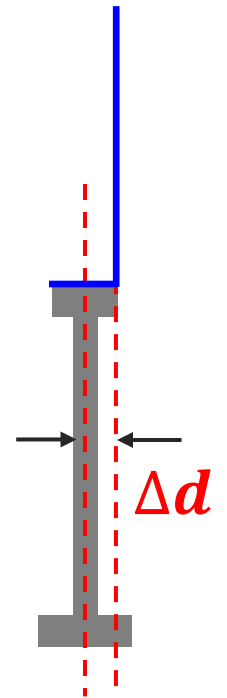
操作步骤

2) 测量物屏的 $\Delta d_{\text{物屏}}$

- ① 在平行光管和物屏之间**放入毛玻璃**，调整物屏、像屏和透镜位置，使白屏上成清晰倒立实像。记录此时**物屏**滑块右侧边缘对应的刻度，记为 x_1
- ② 保持**像屏、像屏位置不变**，180度旋转**物屏**，白屏上的像会变模糊。水平移动物屏，使白屏上的像再次变清晰。记录**物屏**滑块右侧边缘对应的刻度，记为 x_2
- ③ 物屏到滑块中轴的偏离距离
- ④ **重复测量6次，结果取平均值**

$$\Delta d_{\text{物屏}} = \frac{1}{2} |x_2 - x_1|$$

物 (像) 屏



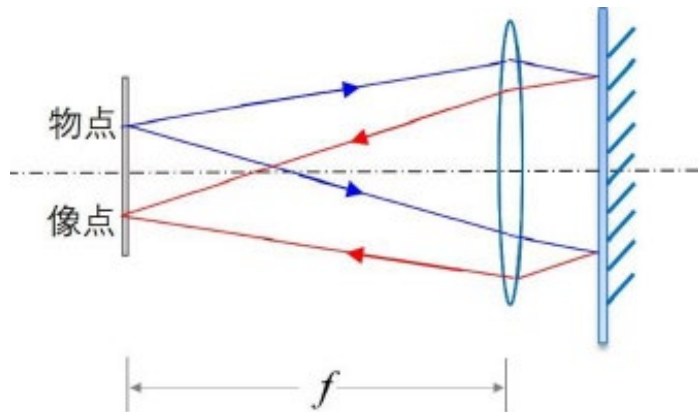
3) 测量像屏的 $\Delta d_{\text{像屏}}$

与2) 类似

操作步骤

3. 利用自准直法测量凸透镜的焦距

- ① 调节共轴等高
- ② 开启光源，照亮品字形物屏，在光源和物屏间插入毛玻璃屏
- ③ 平面镜至于透镜另一侧，并尽量靠近透镜
- ④ 平移凸透镜，直至在物屏看到清晰、等大倒立的像。此时品字形像会与品字形孔互补
- ⑤ 记录凸透镜和物屏在导轨上的刻度，并计算物屏和透镜的距离。**注：需要根据每个光学器件的 Δd 对物屏和透镜的距离进行修正。**
- ⑥ 重复测量6次，计算平均值
- ⑦ 课后任务：估算 f 的不确定度



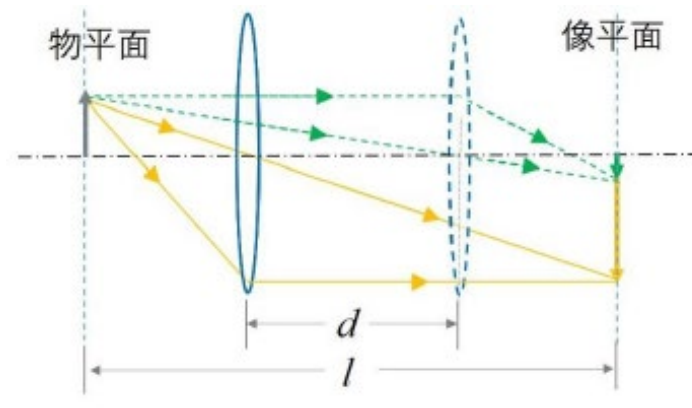
测量次序	1	2	3	4	5	6	平均值
物屏位置 x_1 /mm							
透镜位置 x_2 /mm							
$\Delta d_{\text{物屏}}$ /mm							
$\Delta d_{\text{透镜}}$ /mm							
计算式							
f /mm							

参考形式，可以修改

操作步骤

4. 利用共轭法测量凸透镜的焦距

- ① 开启光源，照亮箭头形物屏，在光源和物屏间插入毛玻璃屏
- ② 预估凸透镜焦距 f ，固定物屏与像屏（白屏）之间的距离 l 不变，并使 $l > 4f$
- ③ 凸透镜置于物屏与像屏之间。移动凸透镜，可以找到两个使白屏上成清晰倒立实像的位置，一个为大像，一个为小像。记录两次清晰成像时凸透镜的位置 x_1 ， x_2 以及物屏和白屏的位置 y_1 ， y_2 。
- ④ 计算两次成清晰像的位置间距 d 和 l 。 **注：需要根据每个光学器件的 Δd 对 d 和 l 的值进行修正。**
- ⑤ 根据 $f = (l^2 - d^2) / 4l$ 计算凸透镜的焦距
- ⑥ 重复测量6次取平均值
- ⑦ **课后任务：估算 f 的不确定度**



测量次序	1	2	3	4	5	6	平均值
物屏位置 y_1 /mm							不填
白屏位置 y_2 /mm							不填
$\Delta d_{\text{物屏}}$ /mm							
l 计算式							
l /mm							不填
成像位置 x_1 /mm							不填
成像位置 x_2 /mm							不填
$\Delta d_{\text{透镜}}$ /mm							
d 计算式							
d /mm							不填
f 计算式							
f /mm							

操作步骤



5. 搭置开普勒望远镜

- ① 选定300mm的凸透镜作为物镜，并选择两种不同焦距的凸透镜作为目镜。
- ② 眼睛**贴近**目镜，以实验室内远处的物体（如挂图、远处的实验器材）作为观察对象，观察不同组合下角放大率、视野等的变化规律
- ③ 需要记录所选用的凸透镜的焦距（根据标称值记录）、孔径（粗测即可）、凸透镜间的距离（粗测，不用修正）等参数，并画出光路图。自行设计记录表格，并重复测量三次。

④ 课后任务：解释出现不同角放大率的原因

(1) 开普勒望远镜的工作原理

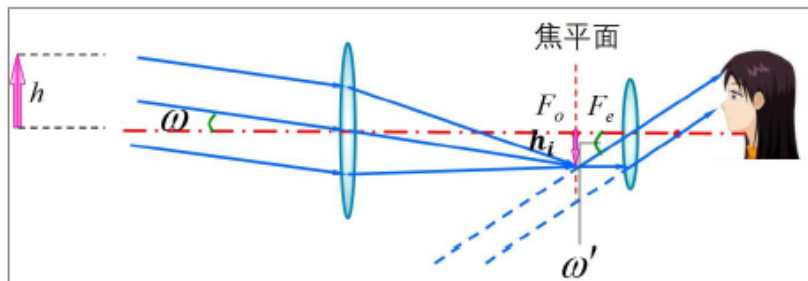


图2 开普勒望远镜光路示意图

测量次数	单位	1	2	3
物镜焦距				
物镜孔径				
2号目镜焦距				
2号目镜孔径				
物镜与2目镜距离				

测量次数	单位	1	2	3
物镜焦距				
物镜孔径				
1号目镜焦距				
1号目镜孔径				
物镜与1目镜距离				

课后任务



- **完成本ppt中规定的内容即可。与讲义要求不同的，以本文件为准**
- **过程要完整、规范**

注意事项



1. 不要用平行光管直接照射物屏，中间一定要放毛玻璃
2. 要根据像的轮廓判断成像是否清晰
3. 先把各光学元件的 Δd 测出来，再开展后续测量，测量过程中就要进行修正
4. **自准法中**，平面镜与透镜的间距大小，从理论上讲不影响实验结果，但为了减少光能的损失，保证像的亮度和清晰程度，间距的取值不宜太大，最好紧贴在一起
5. **共轭法中**，间距 l 不要取得太大，否则缩小的那个像将会很小，不易观察
6. 透镜不用时，应将其放在光具座的另一端。
7. 爱护仪器，禁止用手或其他东西擦拭透镜表面，只能用镜头纸擦。