

课程编号_____

得分	教师签名	批改日期

深 圳 大 学 实 验 报 告

课程名称：_____大学物理实验（一）_____

实验名称：_____薄透镜实验_____

学 院：_____数学科学学院_____

指导教师：_____郭树青_____

报告人：_____刘俊熙_____组号：_____18_____

学号_____2023193004_____实验地点_____致原楼 204B_____

实验时间：_____2024_____年_____4_____月_____9_____日

提交时间：_____

一、实验目的

- 了解透镜作为光学元件在光学系统中的作用；
- 用位移法测凸透镜焦距；
- 自组望远镜并测量凹透镜焦距。

二、实验原理

- 透镜是光学系统中很重要的光学元件，它能把光线会聚或者发散。它本身是由两个折射面包围一种透明介质所构成的元件。
- 焦距则反映光学透镜特性的重要物理量，当透镜的厚度比其焦距小很多时，称为薄透镜。
- 不同焦距的透镜和透镜组组成各种各样的光学仪器，为了使用光学仪器，对透镜焦距的测定是不可缺少的一个重要环节。
- 测定透镜焦距的方法其原理都是建立在透镜成像规律的基础上。

1、薄透镜成像公式

在近轴光束的条件下，薄透镜的成像公式为：

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

其中， u 为物距， v 为像距， f 为焦距；

实物、实像时， u 、 v 为正；虚物、虚像时， u 、 v 为负；

凸透镜， f 为正；凹透镜， f 为负。

2、测量凸透镜焦距的几种方法

(1) 物像公式法

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

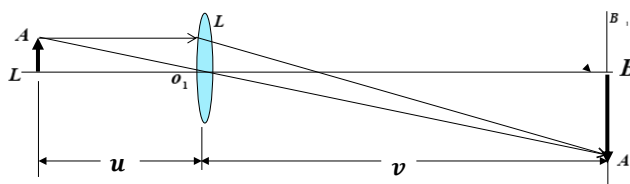


图 1 物像法测凸透镜焦距

(2) 自准法

$$f = u$$

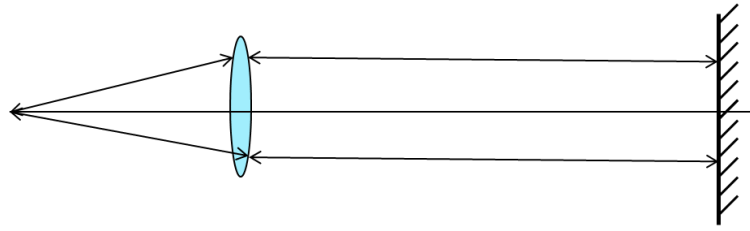


图2 自准法测凸透镜焦距

(3) 位移法（共轭法）

- 物像公式法、自准法都因透镜的中心位置不易确定而在测量中引进误差。
- 为避免这一缺点，可取物屏和像屏之间的距离 D 大于四倍焦距（ $4f$ ），且保持不变，沿光轴方向移动透镜，则必能在像屏上观察到二次成像。

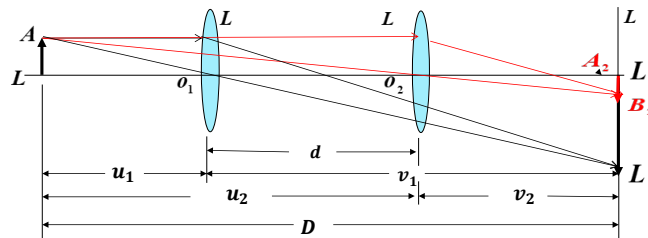


图3 二次成像光路图

- 如图3所示，设物距为 u_1 时，得放大的倒立实像；物距为 u_2 时，得缩小的倒立实像，
- 透镜两次成像之间的位移为 d ，根据透镜成像公式可知：

❖ O_1 处成放大实像：

$$\frac{1}{u_1} + \frac{1}{v_1} = \frac{1}{f} \dots (1)$$

❖ O_2 处成缩小实像：

$$\frac{1}{u_2} + \frac{1}{v_2} = \frac{1}{f}$$

即

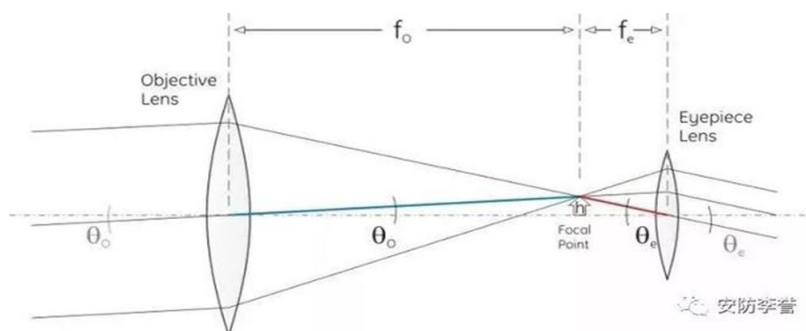
$$\frac{1}{u_1 + d} + \frac{1}{D - v_1 - d} = \frac{1}{f} \dots (2)$$

(1)(2)联立，得

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

故只需要测出 D 和 d 即可求出焦距。

3、望远镜工作原理

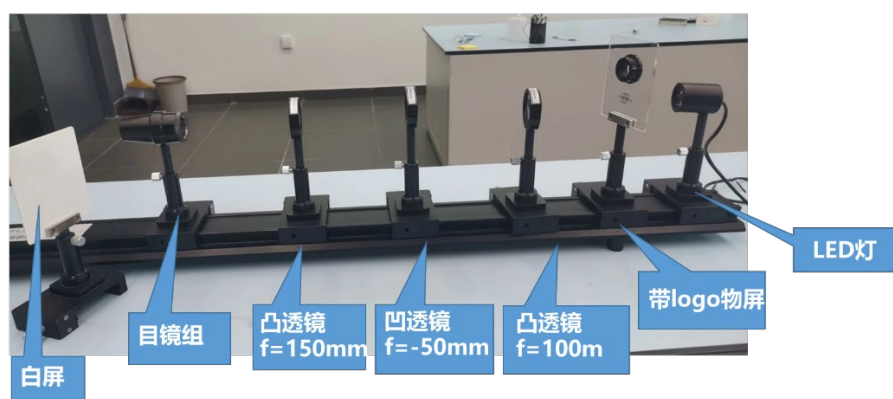


物镜与目镜间距=物镜的像距+目镜物距

望远镜的放大倍数指的是视角的放大，即近似等于两个焦距的比。

- 开普勒望远镜（两凸）
- 伽利略望远镜（一凸一凹）

三、实验仪器：

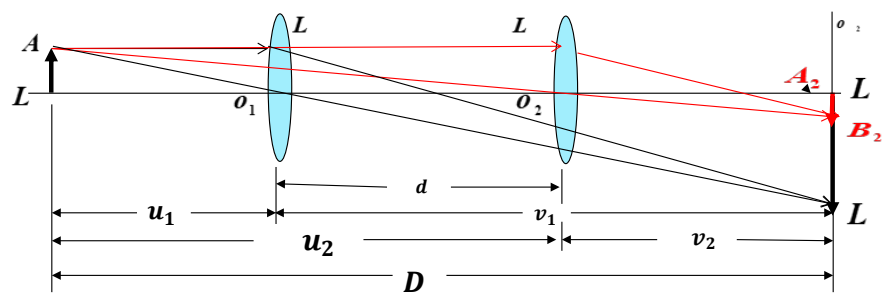


导轨，LED 灯，凹透镜（ $f=-50\text{mm}$ ），凸透镜（ $f=100\text{mm}$, $f=150\text{mm}$ ），白屏，带 logo 物屏，带分划板目镜组

四、实验内容：

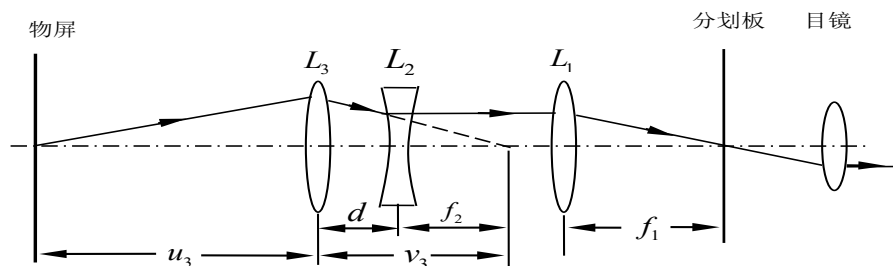
1、位移法测凸透镜焦距

- 1) 物 AB 与像屏的间距 $D > 4f (f = 150\text{mm})$
 - 2) 透镜在间移动时可在像屏上成两次像，一次成放大的像和一次成缩小的像；
 - 3) 改变像屏位置，重复测量 6 次，求平均值。
- 注：测量时记录的是位置，而不是距离



2、自组望远镜并测量凹透镜焦距

- 1) 物屏与透镜 L_3 ($f=100$) 组成平行光
- 2) 透镜 L_1 ($f=150$) 与目镜组成望远镜，通过望远镜观察物屏像（物屏 logo），调节 L_1 与目镜距离，直到所观察的物屏像最清晰，记下此时 L_1 与目镜距离；
- 3) 用 L_3 成一缩小实像，记下实像位置 a ，如图放上凹透镜 L_2 ，调节 L_2 位置，直至通过望远镜能观察到最清晰的物屏像。此时记下 L_2 位置 b ，则 L_2 焦距数值为 $a-b$
- 4) 改变实像位置 a ，重复测量 6 次，求平均值。



五、数据记录：（原始数据再抄一份附在这部分）

组号： 18 ； 姓名 刘俊熙

1、位移法测凸透镜焦距（单位：cm）

	物屏	透镜位置 1	透镜位置 2	像屏
1	15.00	26.70	80.90	93.00
2	20.00	32.25	72.25	84.00
3	18.00	30.60	67.10	80.00
4	15.00	28.38	67.29	80.00
5	16.00	27.26	67.35	80.00
6	10.00	22.10	67.60	80.00

2、自组望远镜并测量凹透镜焦距（单位：cm）

	L1 与目镜距离	实像位置 a	L2 位置 b
1	24.10	57.00	51.19
2	24.10	64.20	58.75
3	24.10	62.50	57.05
4	24.10	58.65	53.15
5	24.10	58.05	52.45
6	24.10	57.95	52.50

六、数据处理

1) 位移法测凸透镜焦距

对上述数据：利用公式

$$D = d_{\text{像}} - d_{\text{物}}$$

$$d = d_2 - d_1$$

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

得：

	物屏	透镜位置 1	透镜位置 2	像屏	D	d	f
1	15.00	26.70	80.90	93.00	78.00	54.20	10.08
2	20.00	32.25	72.25	84.00	64.00	40.00	9.75
3	18.00	30.60	67.10	80.00	62.00	36.50	10.13
4	15.00	28.38	67.29	80.00	65.00	38.91	10.43
5	16.00	27.26	67.35	80.00	64.00	40.09	9.72
6	10.00	22.10	67.60	80.00	70.00	45.50	10.11

$$\bar{f} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 f_i = 100.4(mm)$$

2) 自组望远镜并测量凹透镜焦距

对上述数据：由公式

$$f = a - b$$

得：

	L1 与目镜距离	实像位置 a	L2 位置 b	L2 焦距 f
1	24.10	57.00	51.19	5.81
2	24.10	64.20	58.75	5.45
3	24.10	62.50	57.05	5.45
4	24.10	58.65	53.15	5.50
5	24.10	58.05	52.45	5.60
6	24.10	57.95	52.50	5.45

$$\bar{f} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 f_i = 55.4(mm)$$

七、实验结果与总结

7.1 结果陈述

1. 位移法测凸透镜焦距

通过位移法测量凸透镜焦距的实验，我们得到了多组数据。根据实验原理中的公式，我们计算出了凸透镜的焦距。通过多次测量并求取平均值，我们得到了较为准确的焦距值。实验数据显示，当物屏与像屏的间距改变时，透镜两次成像之间的位移也会随之变化，符合透镜成像公式所描述的规律。

2. 自组望远镜并测量凹透镜焦距

在自组望远镜并测量凹透镜焦距的实验中，我们首先成功构建了望远镜，并通过调节透镜与目镜的距离，观察到了清晰的物屏像。随后，我们利用凹透镜的特性，测量了凹透镜的焦距。通过多次改变实像位置并重复测量，我们得到了凹透镜焦距的平均值。实验结果表明，凹透镜焦距的测量值与理论值相符，验证了实验方法的可靠性。

7.2、实验总结

通过本次实验，我们深入了解了透镜在光学系统中的作用，掌握了用位移法测凸透镜焦距以及自组望远镜并测量凹透镜焦距的方法。在实验过程中，我们不仅锻炼了实验操作能力，还提高了数据分析和处理的能力。

在实验中，我们也发现了一些可以改进的地方。例如，在测量过程中，我们可以进一步优化测量方法和数据处理方式，以提高测量精度和效率。此外，我们还可以尝试使用不同的透镜和光学元件，探索更多关于光学系统的有趣现象和规律。

本实验所涉及的光学原理和测量方法在实际应用中具有广泛的价值。例如，在望远镜、显微镜等光学仪器的设计和制造中，需要精确测量透镜的焦距以保证成像质量。此外，在摄影、摄像等领域，也需要对透镜的焦距进行精确调整以获得满意的拍摄效果。因此，通过本次实验，我们不仅掌握了光学测量的基本技能，还为未来的学习和工作奠定了坚实的基础。

八、思考题

1、利用位移法测凸透镜焦距的优点

位移法测凸透镜焦距的优点主要体现在以下几个方面：

1. **操作简便：**位移法不需要复杂的光学仪器或设备，仅需要简单的实验器材，如导轨、光源、凸透镜、像屏等，因此实验操作简单，易于实施。
2. **精确度高：**通过测量物屏与像屏之间的距离以及透镜在两者之间的位移，结合透镜成像公式，可以较精确地计算出凸透镜的焦距。多次重复测量还可以进一步减小误差，提高测量精度。
3. **适用范围广：**位移法不仅适用于测量薄透镜的焦距，对于较厚的透镜，只要满足近轴条件，同样可以采用位移法进行测量。
4. **直观性强：**在实验过程中，可以观察到透镜移动时像屏上像的变化情况，有助于理解透镜成像的规律。

因此，位移法是一种实用、有效且易于操作的测量凸透镜焦距的方法。

2、共轴调节的具体办法

共轴调节是光学实验中非常重要的一步，它确保光路中各元件的中心轴线重合，从而得到准确的实验结果。共轴调节的具体办法包括粗调和细调两个步骤：

粗调：

1. **放置元件：**将光源、透镜、像屏等实验元件放置在光学导轨上，并大致调整它们的位置，使它们的中心轴线大致重合。
2. **观察光源：**打开光源，观察光源发出的光线是否大致通过透镜的中心，并在像屏上形成较为清晰的像。如果不满足这些条件，需要继续调整元件的位置。
3. **调整元件高度：**使用升降台或支架调整各元件的高度，使它们的中心轴线在同一水平面上。

细调：

1. **使用光屏或纸屏：**在透镜和像屏之间放置一个光屏或纸屏，观察透镜成像情况。调整透镜和像屏的位置，使像清晰且位于光屏或纸屏的中心。
2. **微调元件位置：**使用微调旋钮或螺丝刀等工具，对透镜和像屏的位置进行微调，进一步优化成像效果。
3. **反复调整：**重复以上步骤，不断观察成像情况并调整元件位置，直到获得满意的共轴效果。

完成以上粗调和细调的步骤后，通常可以确保光路中各元件的中心轴线重合，从而得到准确的实验结果。在进行光学实验时，共轴调节是一个必不可少的步骤，它对于保证实验结果的准确性和可靠性具有重要意义。

指导教师批阅意见：

成绩评定：

预习 (20分)	操作及记录 (40分)	数据处理与结果陈述 30 分	思考题 10 分	报告整体 印象	总分