

实验报告

1-13

课程名称:

班级:

序号:

时间:

实验名称:

教学班级:

实验日期:

2022

年

3

月

7

日

学号:

姓名:

一. 实验目的:

- (1) 加深理解透镜成像的规律, 学习用不同方法测量薄透镜的焦距
- (2) 了解光阑的作用, 理解景深的概念, 测量景深
- (3) 了解成像差及产生的原因, 观测像差

二. 实验仪器

光具座(或光学平台), 光源, 凸透镜, 凹透镜, 平面反射镜, 滤光片, 光阑, 物屏, 像屏

三. 实验原理

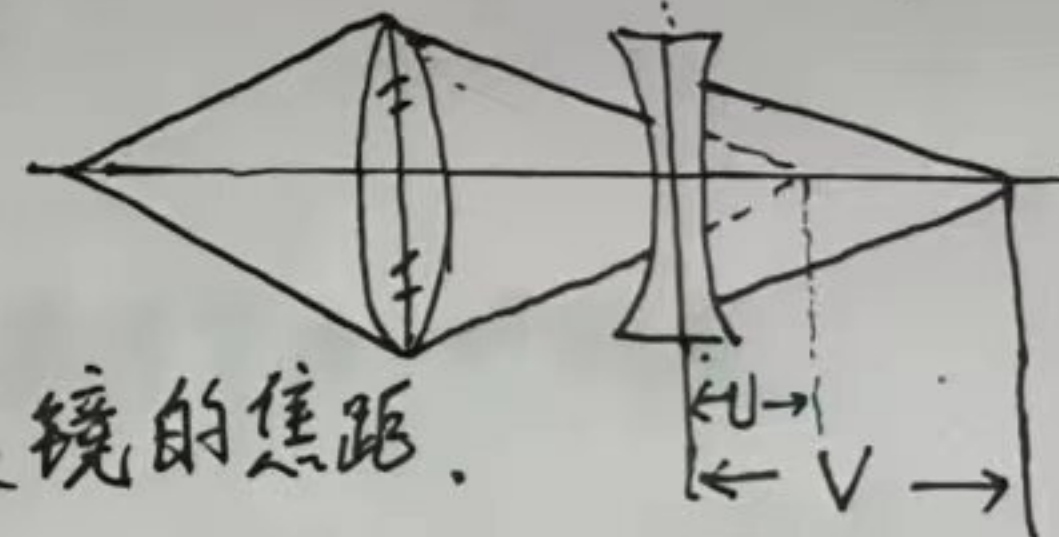
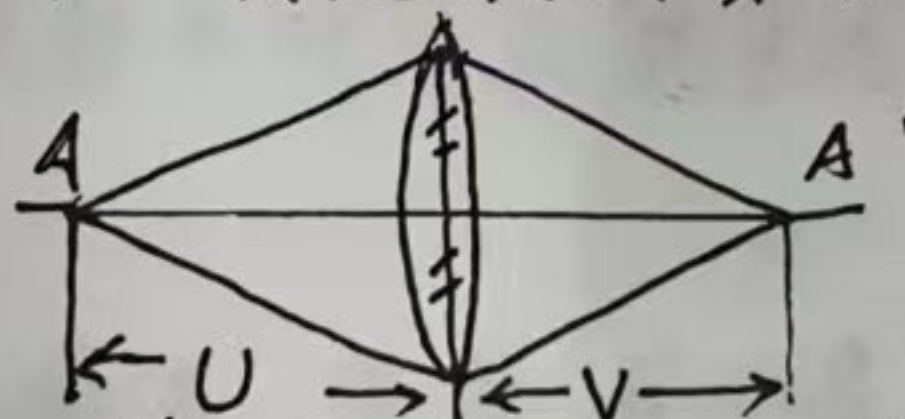
1. 薄透镜成像公式

透镜分两类: 凸透镜与凹透镜。凸透镜对光线起会聚作用, 凹透镜对光线起发散作用。当透镜的中心厚度与透镜的焦距相比小得多时, 可称为薄透镜。在近轴光的条件下, 薄透镜成像的公式为 $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ 或 $f = \frac{uv}{u+v}$ (9)

2. 测量透镜焦距的方法

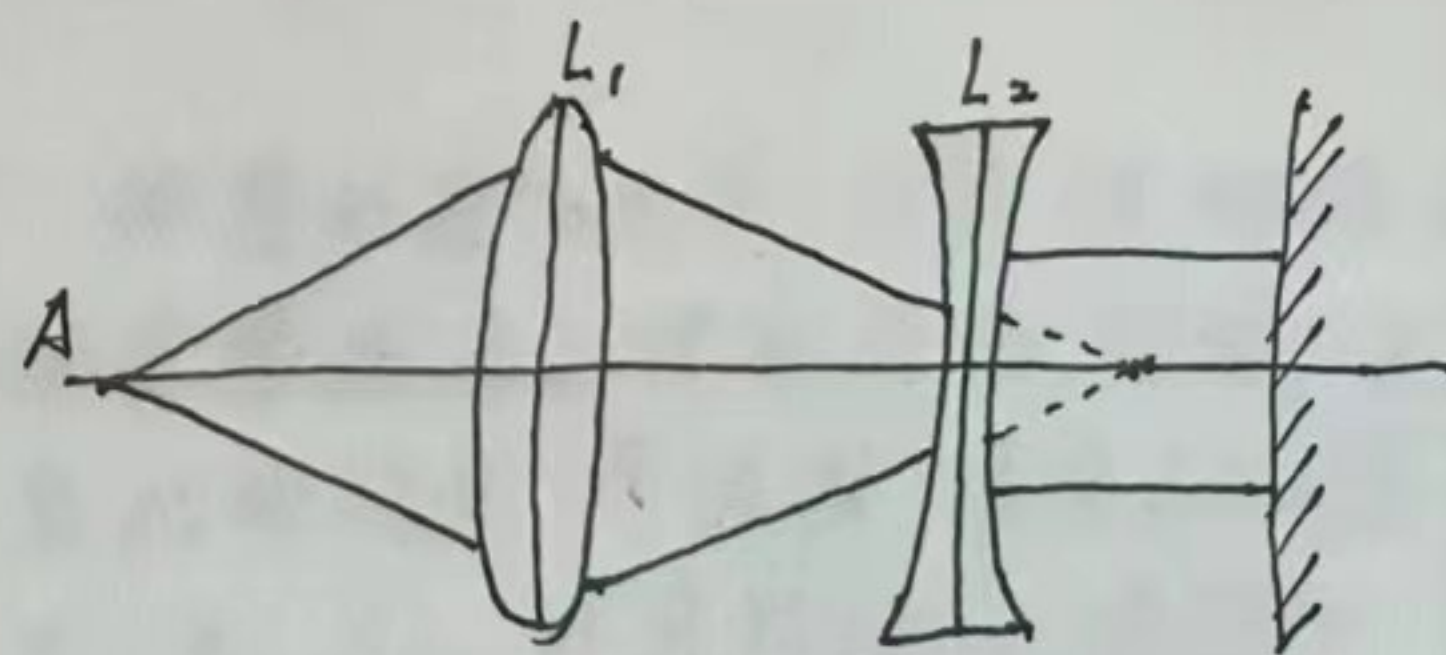
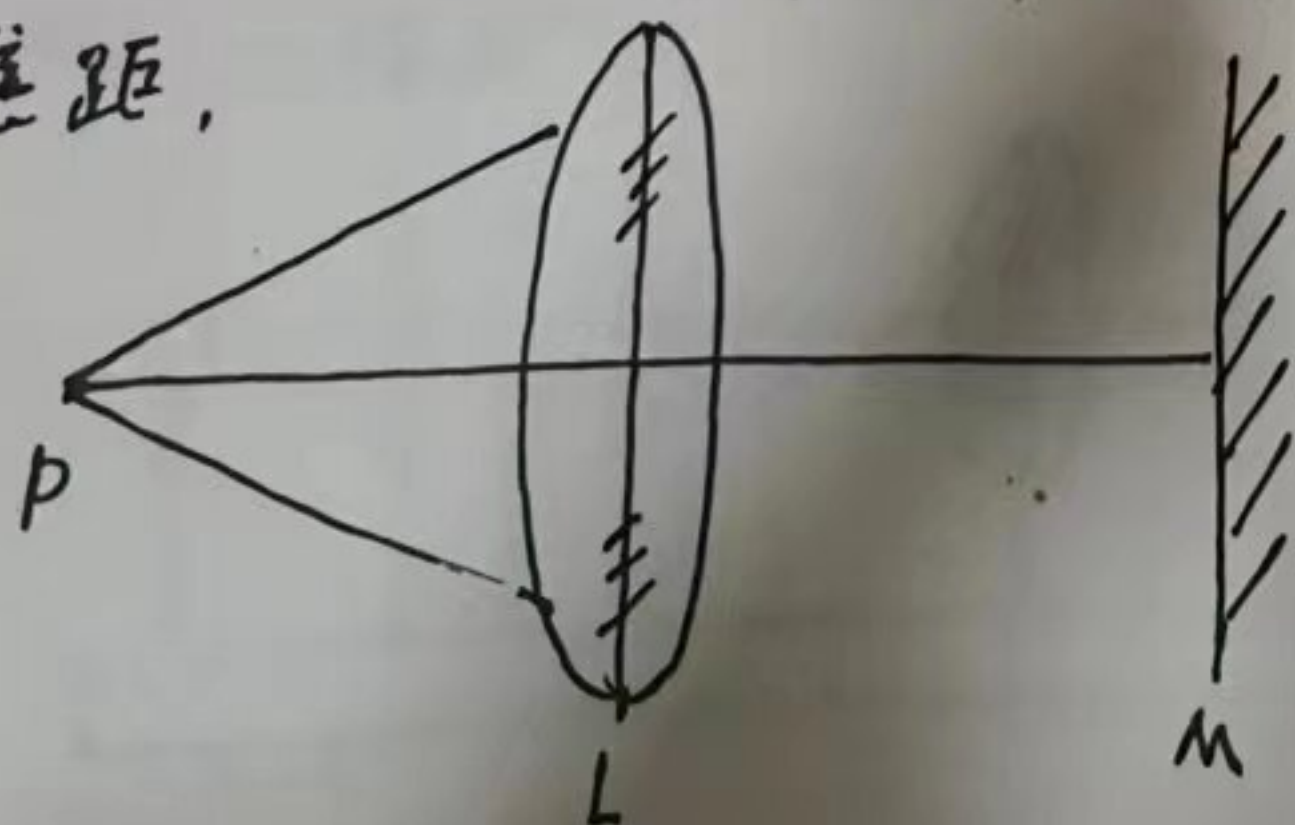
(1) "物距—像距"法

该方法是通过测出物距和像距, 由 $f = \frac{uv}{u+v}$ 计算出透镜的焦距。



(2) 自准法(平面镜法)

自准法是根据平面镜的定义, 用平行光照射透镜成像, 直接测定透镜焦距。



指导教师签字: _____

联系方式: _____

测出 P 与 L 之间的距离和 I 与 L₂ 之间的距离即为凸透镜和凹透镜的焦距

vivo X80 · ZEISS

2023/03/10 17:28

北京理工大学良乡校区管理处监制

电话: 8138208

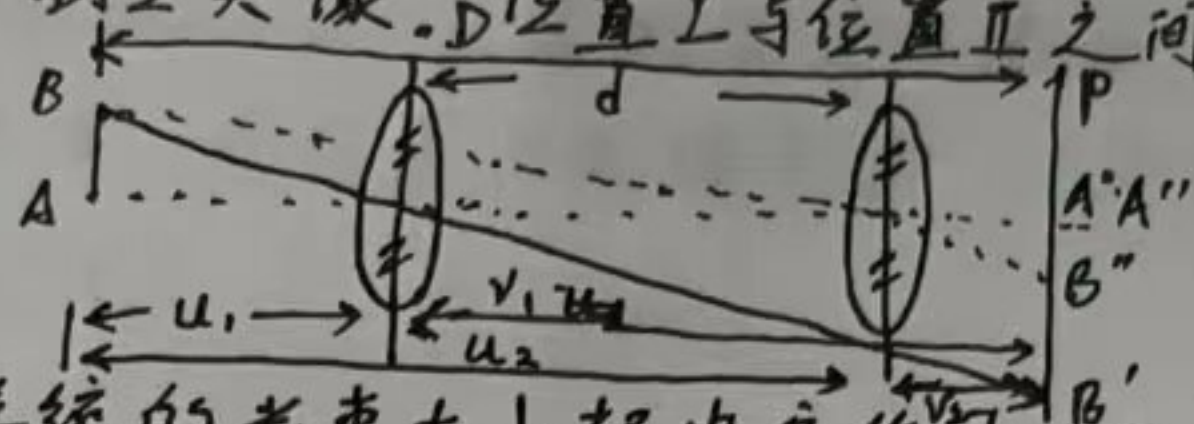
实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

(一) 共轭法

共轭法也称透镜位移法。取物屏与像屏之间的距离 $D > 4f$, 且保持不变。当沿主光轴方向移动凸透镜时, 可以在像屏上观察到两次成像。透镜在位置 I 时, 物距为 u_1 , 像距为 v_1 , 成放大倒立实像; 透镜在位置 II 时, 物距为 u_2 , 像距为 v_2 , 成缩小倒立实像。位置 I 与位置 II 之间距离为 d , 推得:

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



3. 光阑与景深

光阑: 光阑对通过光学系统的光束大小起决定作用, 用它可控制进入光学系统光能量的多少及改变某些像差的大小。

景深: 能够在同一平面上成清晰像所对应的空间的深度

4. 像差

像差分为两大类: 球面像差和单色像差

色像差

产生色差的直接原因是折射率随光波波长而变化

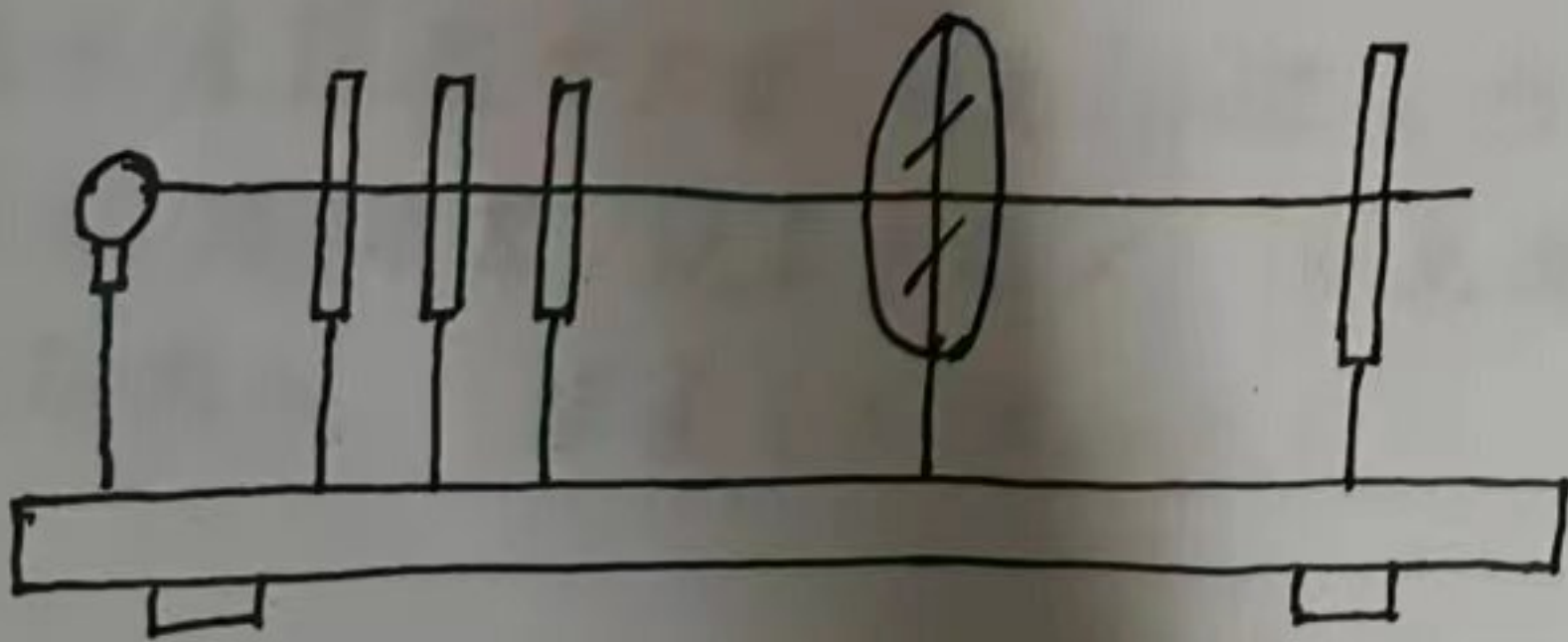
单色像差

单色像差共有 5 种: 球面像差, 像散, 慧形像差, 像场弯曲, 畸变

实验内容与步骤

测量凸透镜焦距

"物距—像距"法



按图放置元件, 移动被测凸透镜, 像在像距屏上得到清晰的像, 分别记录此时物屏, 凸透镜, 像屏的位置坐标, x_1, x_2, x_3 ; 计算物距 u , 像距 v , 凸透镜焦距 f 。

系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____

实验名称: _____

班级: _____

教学班级: _____

实验日期: _____

年 _____

月 _____

日 _____

学号: _____

姓 _____

名: _____

(2) 自准法

把像屏换成平面反光镜, 使平面镜反射的光经凸透镜成像在物屏上, 记录物屏和凸透镜位置坐标 x_1, x_2 , 焦距 $f = |x_2 - x_1|$

(3) 共轭法,

将物屏与像屏距离调到 $D > 4f$, 记录物屏与像屏坐标 x_1, x_2 , 使凸透镜在位置 I 成放大像, 在位置 II 成缩小像, 记录 I, II 坐标 x_I, x_{II}

$$D = |x_1 - x_2|, \quad d = |x_I - x_{II}|$$

测凹透镜焦距

(1) "物距-像距"法

(2) 自准法

用凸透镜在像屏成缩小像, 坐标为 x_1 , 在 x_1 前插入凹透镜, 用平面反射镜取代像屏; 移动凹透镜, 使其在物屏上成像, 记录位置 x_2 , $f = x_2 - x_1$

3. 测景深

用凸透镜在像屏上成等大像, 保持像距不变, 紧靠透镜后放多孔光阑, 移动物屏, 找到像清晰度基本相同所对应的位置 x_1, x_2 , 景深: $|x_2 - x_1|$

4. 观测色差

用凸透镜在像屏上成等大像, 保持物距不变, 用红色滤光片, 移动像屏找到清晰红色像位置 x_1 , 用蓝色滤光片同理, 坐标为 x_2 , $s = |x_2 - x_1|$

(2) 观测球差

用凸透镜成等大像, 用光阑遮住凸透镜, 使入射光经过透镜中心, 移动像屏找清晰像, 记录坐标 x_1 , 用光阑 b , 使入射光经透镜边缘, 找清晰像, 坐标为 x_2 , 球差 $L = |x_2 - x_1|$

vivo X80 · ZEISS

指导教师签字: _____

联系方: 2023/03/10 17:28

北京理工大学良乡校区管理处监制

电话: 81382088

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: 2023 年 3 月 7 日
 班级: _____ 教学班级: _____ 学号: _____ 姓名: _____

测凸透镜焦距

1. 物距—像距法

物屏 $x_1 = 94.10 \text{ cm}$
 $= 94.10 \text{ cm}$
 $= 94.10 \text{ cm}$
 凸透镜 $x_2 = 71.92 \text{ cm} = x_2$
 $= 63.48 \text{ cm}$
 $= 67.90 \text{ cm}$
 像屏 $x_3 = 54.70 \text{ cm}$
 $= 49.12 \text{ cm}$
 $= 52.19 \text{ cm}$

2. 自准法

物屏 $x_1 = 94.10 \text{ cm}$
 $= 91.80 \text{ cm}$
 $= 87.20 \text{ cm}$

凸透镜 $x_2 = 75.70 \text{ cm}$

序号	72.30	81.00	日
时间	7:41	76.85	晚上
上午	下午	晚上	

共轭法

物屏 $x_1 = 94.10 \text{ cm}$, 像屏 $x_2 = 35.15 \text{ cm}$
 位置 I $x_1 = 82.10 \text{ cm}$, 位置 II, $x_2 = 47.60 \text{ cm}$

镜焦距

距—像距法

位置坐标 $x_1 = 55.05 \text{ cm}$, 凸透镜位置 $x_2 = 56.80 \text{ cm}$,
 位置 $x_3 = 53.60 \text{ cm}$

位置坐标 $x_1 = 55.05 \text{ cm}$, 凸透镜位置 $x_2 = 56.80 \text{ cm}$, 像屏位置 $x_3 = 53.60 \text{ cm}$
 $= 53.25 \text{ cm}$,
 $= 55.05 \text{ cm}$
 $= 48.50 \text{ cm}$
 $= 56.81 \text{ cm}$
 $= 57.16 \text{ cm}$
 $= 58.64 \text{ cm}$
 $= 56.90 \text{ cm}$
 $= 51.65 \text{ cm}$
 $= 52.7 \text{ cm}$
 $= 47.25 \text{ cm}$
 $= 49.10 \text{ cm}$
 $= 43.50 \text{ cm}$
 $= 45.11 \text{ cm}$
 $= 43.00 \text{ cm}$

指导教师签字: _____

实验报告

课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
 班级: _____ 教学班级: _____ 学号: _____ 姓名: _____

020 自准法

像的位置 $x_1 = 53.40 \text{ cm}$. 凹透镜位置 $x_2 = 59.00 \text{ cm}$
 $= 48.50 \text{ cm}$
 $= 44.35 \text{ cm}$

序号:	王荣强		
时间:	年	月	日
上午	下午	晚上	

~~望远镜测量: 最远物距点 $x_1 = 82.10 \text{ cm}$ 时间: 最近物距点 $x_2 = 84.10 \text{ cm}$~~

实验三 光学基础实验

一、测凸透镜的焦距(用 C 透镜)

1. “物距—像距”法测凸透镜焦距

物位置 X_1	透镜位置 X_2	像位置 X_3	物 距 u	像 距 v	焦 距 f	平均值 \bar{f}
94.10cm	71.92cm	54.70cm	22.18cm	17.22cm	9.69cm	9.76cm
	63.48cm	49.12cm	30.62cm	14.36cm	9.77cm	
	67.90cm	52.19cm	26.20cm	15.71cm	9.82cm	

2. 自准法测凸透镜的焦距

物位置 X_1	透镜位置 X_2	焦距 f	焦距的平均值 \bar{f}
94.10cm	83.60cm	10.50cm	10.55cm
71.80cm	81.00cm	10.80cm	
87.20cm	76.85cm	10.35cm	

3. 共轭法测凸透镜焦距

物屏位置 X_1	像屏位置 X_2	距 离 D	透镜位置		透镜位移 d	焦 距 f
			X_1	X_2		
94.10cm	35.15cm	58.95cm	82.10cm	47.60cm	30.50cm	9.69cm 9.69cm
			82.10cm			

二、测凹透镜焦距(用 D 透镜)

1. “物距—像距”法测凹透镜焦距

物位置 X_1	凹透镜位置 X_2	像位置 X_3	物 距 u	像 距 v	焦 距 f	平均值 \bar{f}
53.25cm	56.81cm	47.25cm	-3.56cm	9.56cm	-5.67cm	-5.92cm
	57.16cm	47.10cm	-3.91cm	9.06cm	-6.04cm	
	56.90cm	46.70cm	-3.65cm	9.20cm	-6.05cm	

表中的物位置是指凸透镜成的像的位置;表中的像位置是指凹透镜成的像的位置。

2. 自准法测凹透镜焦距

凸透镜的像位置 X_1	凹透镜的位置 X_2	焦距 f	焦距的平均值 \bar{f}
53.40 cm	59.00 cm	-5.60 cm	5.52 cm
48.50 cm	53.82 cm	-5.32 cm	
44.35 cm	50.00 cm	-5.65 cm	

三、景深的测量(用 C 透镜)

光阑孔径/mm	20	15	12	10	8
物位置/mm					
景深/mm					

光阑孔径与景深的关系:

四、透镜像差的观测(用 C 透镜)

1. 观测透镜的色差

红色像的位置: $X_1 =$

蓝色像的位置: $X_2 =$

透镜对红光与蓝光的色差: $|X_2 - X_1| =$

2. 观测透镜的球差

中心孔像的位置: $X_1 =$

边缘环像的位置: $X_2 =$

透镜的球差: $|X_2 - X_1| =$

思考题

思考题:

1. 证明: $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$

$$f = \frac{uv}{u+v} \quad \text{原式}$$

$$u+v \geq 2\sqrt{uv}$$

$$f = \frac{uv}{u+v} \leq \frac{1}{2}\sqrt{uv}$$

$$2f \leq \sqrt{uv}$$

$$L = u+v \geq 2\sqrt{uv} \geq 4f$$

当且仅当 $u=v$ 时取“=”

$$\therefore L > 4f$$

2. 操作简便, 只需移动物镜

避免了测量物距和象距时由于估计透镜光心不准位置不准带来的偏差

3. $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v} \quad f = \frac{uv}{u+v}$

设读数误差为 Δx

$$\Delta f = \frac{(u+\Delta x)(v+\Delta x)}{u+v+2\Delta x} - \frac{uv}{u+v}$$

$$\ln f = \ln u + \ln v - \ln(u+v)$$

$$\text{相对不确定度 } E = \sqrt{\left(\frac{\partial \ln f}{\partial u}\right)^2 u^2 + \left(\frac{\partial \ln f}{\partial v}\right)^2 v^2}$$

$$= \left[\frac{v}{u(u+v)} \cdot \ln \frac{u}{u+v}\right]^2 + \left[\frac{u}{v(u+v)} \cdot \ln \frac{v}{u+v}\right]^2$$

当 $u=v$ 时, E 最小, 即 $2f = u = v$

指导教师签字: _____