



中国地质大学(武汉)实验教学系列教材  
中国地质大学(武汉)实验技术研究经费资助出版  
湖北省普通高等院校物理精品课程配套教材

# 光电子专业实验

GUANGDIANZI ZHUANYE SHIYAN

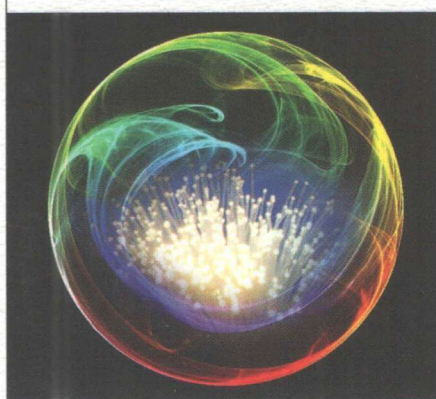
周俐娜

吕涛 ◎ 主 编

杜秋姣

陈洪云 ◎ 副主编

张光勇



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

中国地质大学(武汉)实验教学系列教材  
中国地质大学(武汉)实验技术研究经费资助出版  
湖北省普通高等院校物理精品课程配套教材

# 光电子专业实验

周俐娜 吕 涛 杜秋姣 主 编  
陈洪云 张光勇 副主编



 中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

## 内 容 简 介

本书是作者在多年光电子方向理论和实验教学实践的基础上编写而成的,以培养学生实际动手能力和综合应用所学理论知识的能力为宗旨,所选实验一方面紧密结合理论课讲授内容,同时也反映了一些目前被广泛应用的技术,并吸收了教师们在科学研究中的成果。全书包括基础光学、信息光学、激光原理与应用、光电技术与光学传感、研究型 and 综合性实验五大部分,共 35 个实验。

本书适合大专院校物理专业、光电子技术专业、信息光电技术专业、光学专业等相关专业高年级本科生或研究生使用,也可供从事科学实验的相关科技人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

光电子专业实验/周俐娜,吕涛,杜秋姣主编. —武汉:中国地质大学出版社,2015. 10

ISBN 978-7-5625-3757-4

I. ①光… II. ①周…②吕…③杜… III. ①光电子-实验-教材 IV. ①O462.1-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 262042 号

光电子专业实验

周俐娜 吕 涛 杜秋姣 主 编  
陈洪云 张光勇 副主编

责任编辑:李 晶

责任校对:周 旭

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027) 67883511

传真:67883580

E-mail: cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://www.cugp.cn

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:276 千字 印张:10.75

版次:2015 年 10 月第 1 版

印次:2015 年 10 月第 1 次印刷

印刷:武汉市教文印刷厂

印数:1—1000 册

ISBN 978-7-5625-3757-4

定价:26.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 中国地质大学(武汉)实验教学系列教材

## 编委会名单

主 任: 唐辉明

副主任: 徐四平 殷坤龙

编委会成员: (以姓氏笔画排序)

马 腾 王 莉 牛瑞卿 石万忠 毕克成

李鹏飞 吴 立 何明中 杨明星 杨坤光

卓成刚 罗忠文 罗新建 饶建华 程永进

董元兴 曾健友 蓝 翔 戴光明

选题策划:

毕克成 蓝 翔 郭金楠 赵颖弘 王凤林

# 前 言

光电子技术是光子技术与电子技术相互融合而形成的一门技术,靠光子和电子的共同行为来执行其功能,是继微电子技术之后迅速兴起的一个高科技领域,在当今信息时代占有重要的地位。近年来,光电子技术发展很快,应用领域日益增多,成为信息科学的重要分支,得到越来越广泛的应用。

《光电子专业实验》是作者在多年光电子方向理论和实验教学的基础上编写而成,同时也吸收了教师们在实际科学研究中的成果。本书配合光电子技术理论的学习,按照循序渐进的原则,安排了基础光学实验、信息光学实验、激光原理实验、光电子技术实验、研究型 and 综合性实验五大部分,使学生打牢基础、巩固理论、提升能力,切实培养学生的科学实验素质、分析解决问题的能力及创新思维。

本书编写分工如下:周俐娜撰写实验 1、2、16、17、18、19、26、27、28、29、35;杜秋娇撰写实验 3、4、5、11、12、13、14、15、31、32;吕涛撰写实验 20、21、22、23、24、25、30、33、34;陈洪云撰写实验 6、7、8、9、10。全书由周俐娜、陈洪云、张光勇负责审校、定稿。

在本书的编写过程中参考了大量的国内光学实验工作者的教材、著作和最新研究成果,在此一并表示诚挚的谢意。

由于编写时间仓促,加之编者经验不足、水平有限,书中的疏漏、不足甚至错误在所难免,衷心希望专家及广大读者对本书提出意见,以供我们再版时改正,提高本书的编写质量。

编 者  
2015 年 9 月

# 目 录

|       |                       |    |
|-------|-----------------------|----|
| 第一部分  | 基础性实验                 | 1  |
| 实验 1  | 自准直法调校平行光管            | 1  |
| 实验 2  | 透镜成像规律实验              | 4  |
| 实验 3  | 薄透镜焦距的测定              | 9  |
| 实验 4  | 透镜组节点和焦距的测定           | 13 |
| 实验 5  | 像差的观测                 | 16 |
| 实验 6  | 双棱镜干涉测量光波波长           | 20 |
| 实验 7  | 等厚干涉及应用               | 26 |
| 实验 8  | 迈克尔逊干涉实验              | 34 |
| 实验 9  | 光栅衍射                  | 39 |
| 实验 10 | 偏振光的观测与研究             | 43 |
| 第二部分  | 信息光学实验                | 48 |
| 实验 11 | 透射型全息图的拍摄与再现          | 48 |
| 实验 12 | 像全息图的拍摄与再现            | 53 |
| 实验 13 | 阿贝-波特成像及空间滤波          | 56 |
| 实验 14 | $\theta$ 调制空间假彩色编码    | 62 |
| 实验 15 | 全息资料存储                | 65 |
| 第三部分  | 激光原理与应用实验             | 68 |
| 实验 16 | 氦-氖激光束基模特征参数的测量以及光束准直 | 68 |
| 实验 17 | 氦-氖激光器模式分析            | 74 |
| 实验 18 | 半导体激光器光学特性测试          | 80 |
| 实验 19 | Nd:YAG 脉冲激光器的调节与调 $Q$ | 86 |
| 实验 20 | 脉冲激光耦合及性能参数测量         | 91 |
| 实验 21 | 激光多普勒测速               | 96 |



---

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| <b>第四部分 光电技术与光学传感实验</b> .....     | 100 |
| 实验 22 电光效应 .....                  | 100 |
| 实验 23 光电效应及 Planck 常数的测定 .....    | 102 |
| 实验 24 光电探测器响应时间的测试 .....          | 106 |
| 实验 25 大功率白光 LED 发光特性研究 .....      | 109 |
| 实验 26 CCD 特性实验 .....              | 115 |
| 实验 27 光纤布拉格光栅传感实验 .....           | 121 |
| 实验 28 可调光纤 F-P 干涉仪特性实验 .....      | 126 |
| <br><b>第五部分 研究型实验与综合性实验</b> ..... | 130 |
| 实验 29 激光散斑法测微位移综合性实验 .....        | 130 |
| 实验 30 色散曲线的测定 .....               | 135 |
| 实验 31 特征识别 .....                  | 139 |
| 实验 32 全息光栅的制作 .....               | 145 |
| 实验 33 光纤传输激光脉冲消融生物软组织实验 .....     | 150 |
| 实验 34 微秒聚焦激光剥蚀铁靶实验 .....          | 154 |
| 实验 35 CCD 相机综合性实验 .....           | 159 |
| <br><b>主要参考文献</b> .....           | 162 |

# 第一部分 基础性实验

这部分实验紧密联系“物理光学”“应用光学”这两门专业课程来开设。所选实验均为常见的例子,反映了经典的理论。通过这些实验的训练,学生将掌握常见的光学仪器的使用方法,积累一定的实验技能,打下比较扎实的实验基础。

## 实验 1 自准直法调校平行光管

平行光管是光学测量的基本设备,其作用主要是产生一束平行光,或是用作一无穷远的光源。平行光管在使用前必须进行调校,即检验平行光管射出的光束是否为平行光,若不是,则需调整物镜与分划板的相对位置。平行光管调校的目的就是使平行光管分划板的刻线面准确地调整到平行光管物镜的焦面位置上。平行光管调校方法很多,本实验只是介绍目前最常用的自准直方法。

### 一、实验目的

- (1) 了解利用自准直法调校平行光管的原理,并熟练掌握它们的调校方法。
- (2) 分析自准直法的调校误差。

### 二、主要实验仪器

平行光管( $f = 550\text{mm}$ ),带有十字分划的分划板,高斯式自准直目镜,平面反射镜(其口径大于平行光管物镜的通光口径)。

### 三、实验原理

平行光管调校的目的就是使平行光管分划板的刻线面准确地调整到平行光管物镜的焦面上。

#### 1. 平行光管结构和用途

通过平行光管可以获得平行光,平行光管是装、校、调整光学仪器的重要工具之一。在平行光管上装有自校准装置(可调平面镜和目镜)的就称为自校准平行光管。用不同的分划板,各种附件以及测微目镜和读数显微镜,可以测定透镜和透镜组等光学系统成像质量和焦距。自校准平行光管结构如图 1-1 所示。

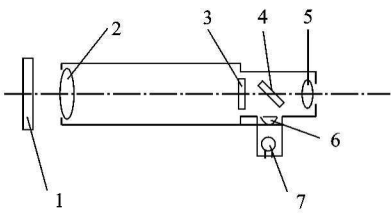


图 1-1 自校准平行光管结构图

- 1. 平面反射镜; 2. 物镜; 3. 分划板;
- 4. 半透半反镜; 5. 目镜; 6. 聚光镜; 7. 小电珠



## 2. 自校准法定焦原理

将调校的平行光管分划板后面配置一个自准直目镜,这时由平行光管和自准直目镜一起构成了自准直望远镜。调校时,在平行光管物镜前放一个平面度良好的平面反射镜,如图 1-1 所示。人眼通过自准直目镜观察分划板和由平面镜反射回来的分划板的像,当人眼判断分划板和分划板的像在纵向方向(即光轴方向)一致时,则认为平行光管已调校好。

自准直法定校误差由两部分组成,即调焦误差和平面镜的面形误差。因此,总的调校误差可以用下式表示:

$$\Delta SD = \Delta SD_1 + \Delta SD_2 \quad (1-1)$$

其中,  $\Delta SD_1$  是当平面镜是理想的平面时,相当于望远镜的调焦误差。由于此自准直法,调焦精度提高一倍。

如果平面镜口径大于平行光管物镜的有效口径  $D_c$ ,且在  $D_c$  范围内的面形误差为  $N$  个光圈,则平面镜面形误差的计算公式为:

$$\Delta SD_2 = \frac{1}{R} = \frac{4N\lambda}{D_c^2} \quad (1-2)$$

式中:  $R$ ——镜面的曲率半径;

$\lambda$ ——光波波长。

自准直法定焦的光路图如图 1-2 所示。

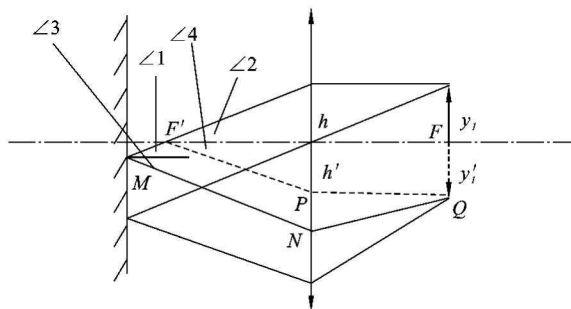


图 1-2 自准直法定焦光路图

过焦点  $F'$  作一平行于反射光线  $MN$  的辅助光线  $F'P$ , 则  $PQ$  必与光轴平行。由反射原理:  $\angle 1 = \angle 3$ , 又  $\angle 1 = \angle 2$ ,  $\angle 3 = \angle 4$ , 故  $\angle 2 = \angle 4$ ,  $h = h'$ ,  $y_1 = y'_1$ 。即, 若物体处在透镜焦平面上, 其倒立实像也在焦平面上, 且像与物大小相等。

## 四、实验内容

(1) 点亮小电珠, 调节反射镜角度, 使得通过目镜可以看到光源反射过来的亮斑。

(2) 粗调分划板位置(转动分划板镜框), 使得通过目镜可以看到分划板刻线的倒立清晰像。微调反射镜角度, 使分划板十字叉丝的中心与它的像对齐。

(3) 用摆头法判断分划板刻线与其自准直像有无视差(像不动则无视差)。微调分划板位置, 直至无视差为止。或者观察分划板刻线间距与其像的长度, 微调分划板位置, 直至长度相同为止。

## 五、思考题

现有  $f = 3000\text{mm}$ 、 $f = 1875\text{mm}$ 、 $f = 1200\text{mm}$ 、 $f = 550\text{mm}$ 、 $f = 50\text{mm}$  等平行光管需要进行调校。实验室现有  $D = 90\text{mm}$  的平面反射镜、高斯式自准直目镜、阿贝式自准直目镜、有效口径为  $45\text{mm}$  的五棱镜、观察望远镜各一台。采用什么方法对这些平行光管进行调校?根据测量方法如何选择部件组成测量仪器?

## 实验2 透镜成像规律实验

光学系统多用于对物体成像,在实际光学系统的近轴区近似为理想光学系统。理想光学系统理论是在1841年由高斯提出来的。1893年阿贝发展了理想光学系统理论,理想光学系统理论又被称为“高斯光学”。在各向同性均匀介质中的理想光学系统,物空间中的光线和像空间中的光线均为直线。物空间的一点对应于像空间的一点,这一对点的位置可以用光线通过一定的几何关系确定下来。本实验以透镜成像为例,研究理想光学系统的成像规律。

### 一、实验目的

- (1) 研究薄正透镜、薄负透镜的成像特性,即成像的位置、大小、正倒和虚实性。
- (2) 加深对实物、虚物、实像、虚像等基本概念的理解。

### 二、主要实验仪器

光具座,毫米尺(透明),钨丝灯,正透镜,负透镜,光屏,读数显微镜。

### 三、实验原理

理想光学系统只作为光学系统的一个理论模型,不涉及光学系统的具体结构。对于透镜成像的研究是根据理想光学系统的共线成像理论来研究物和像之间的关系。已知物求像的方法有图解法和解析法。如需要精确地求出像的位置和大小,则需用解析的方法,即用公式进行计算。

光学系统多在同一种介质中,当物像空间介质折射率相同( $n = n'$ )时,系统的物像方焦距相等,相对光学系统主点的物像位置公式为:

$$\frac{1}{l'} - \frac{1}{l} = \frac{1}{f'} \quad (2-1)$$

常称为高斯公式。式中, $l$ 表示物点到物方主点的距离, $l'$ 表示像点到像方主点的距离, $f'$ 表示物像方焦距。

以主点为坐标原点的物像距的放大率公式为:

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{l'}{l} \quad (2-2)$$

式中, $y$ 和 $y'$ 分别表示物高和像高。放大率随物体位置而异,某一放大率只对应一个物体位置。在不同的共轭面上,放大率是不同的。

光学系统的成像特性主要表现在像的位置、大小、倒正和虚实。物像的倒正和虚实性满足如下规律。

- (1)  $\beta > 0$ ,像为正立像,物与像虚实性相反; $\beta < 0$ ,像为倒立像,物与像虚实性相同。
- (2)  $l < 0$ ,实物; $l > 0$ ,虚物; $l' < 0$ ,虚像; $l' > 0$ ,实像。

对于正透镜, $f' > 0$ ,做出其高斯方程曲线,如图2-1(a)所示。

区域 I:  $l < -f' < 0, l' > f' > 0$ , 实物成倒立实像, 其中, 当  $l < -2f'$  时, 缩小实像; 当  $l = -2f'$  时, 等大实像; 当  $-2f' < l < -f'$ , 放大实像。区域 II:  $-f' < l < 0, l' < 0$ , 实物成正立放大虚像。区域 III:  $l > 0, l' > 0$ , 虚物成正立缩小实像。

对于负透镜,  $f' < 0$ , 做出其高斯方程曲线, 如图 2-4(b) 所示。区域 I:  $l < 0, l' < 0$ , 虚物成正立缩小实像。区域 II:  $0 < l < -f', l' > 0$ , 虚物成正立放大实像。区域 III:  $l > -f' > 0, l' < 0$ , 虚物成倒立虚像, 其中, 当  $-f' < l < -2f'$  时, 放大虚像; 当  $l = -2f'$  时, 等大虚像; 当  $l > -2f'$  时, 缩小虚像。

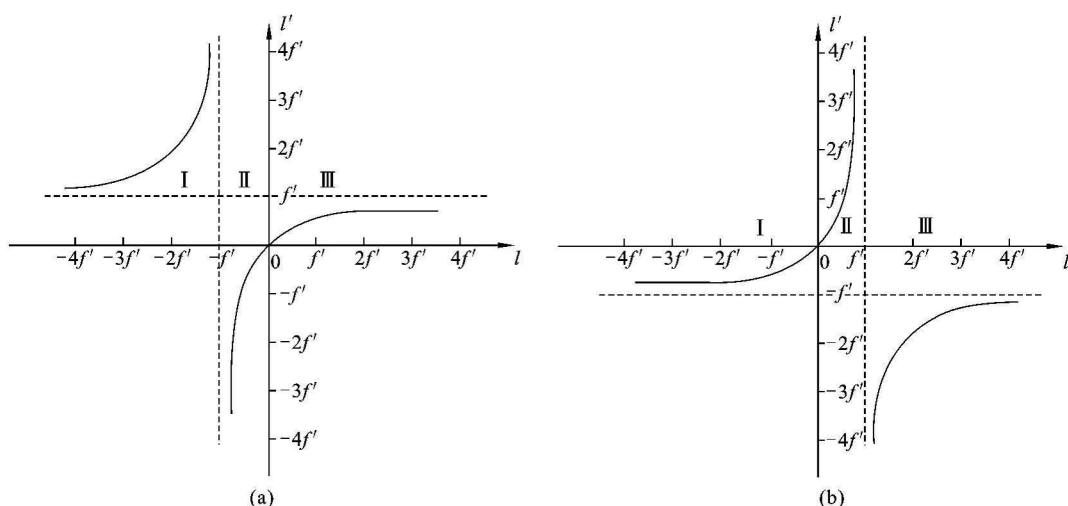


图 2-4 透镜的高斯方程曲线

## 四、实验内容

### 1. 观察正透镜( $f' = 150\text{mm}$ ) 的成像规律

#### (1) 物位于物方焦面和主面间。

调整光源、毫米尺、正透镜, 使它们共轴, 使物距满足  $-f' < l < 0$ 。此时朝透镜里观察, 将会看到毫米尺的虚像, 观察像的正倒。为了测得虚像的位置和大小, 必须借助附加正透镜, 如图 2-2 所示。将附加正透镜放在被测正透镜和光屏间, 使附加正透镜和光屏间距离为附加透镜的两倍焦距, 且毫米尺与光屏的距离小于附加透镜的四倍焦距。移动被测透镜, 直至光屏上出现毫米尺的清晰像。那么毫米尺通过被测透镜成的虚像必处在附加正透镜的物方焦面上, 且与光屏上的像大小相等方向相反。测出附加正透镜到被测正透镜的距离  $d$  和物距  $l$ , 则虚像的像距  $l'$  满足  $-l' = -2f_2 - d$ 。只要测出光屏上实像的像高, 就得到虚像的像高。将光屏取下, 在光屏所在位置处换上读数显微镜, 略微增加读数显微镜到辅助透镜的距离(向后移动读数显微镜), 直至通过读数显微镜目镜观察到毫米尺的清晰像。转动读数显微镜的读数鼓轮, 使游丝对准毫米尺像的某个刻度, 记下此时读数鼓轮的格数(读数鼓轮转一圈, 游丝移动  $1\text{mm}$ , 读数鼓轮转一格, 游丝移动  $0.01\text{mm}$ )。转动读数鼓轮, 使游丝对准与刚才刻度相邻的一个刻度, 记下读数鼓轮转动的圈数和此时读数鼓轮的格数。圈数即为游丝移动毫米数的整数部分, 格数之差(后者减去前者)即为游丝移动毫米数的小数部分。游丝移动的距离即是像高, 它对应毫米尺上一

个毫米单位的物。

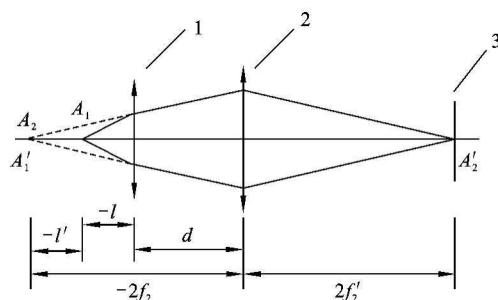


图 2-2 在正透镜后加附加透镜成像光路示意图

1. 被测正透镜; 2. 附加正透镜; 3. 光屏

(2) 物位于一倍物方焦距和两倍物方焦距之间。

将附加透镜和读数显微镜取下, 换上光屏。将透镜后移, 使物距满足  $-2f' < l < -f'$ 。移动光屏, 直至光屏上出现清晰的像。记下物距和像距, 观察像的正倒。取下光屏, 用读数显微镜测出一毫米物高对应的像高。

(3) 物位于两倍物方焦距处。

将读数显微镜取下, 换上光屏。将透镜后移, 使物距满足  $l = -2f'$ 。移动光屏, 直至光屏上出现清晰的像。记下物距和像距, 观察像的正倒和像的变化。取下光屏, 用读数显微镜测出一毫米物高对应的像高。

(4) 物位于物方无限远和两倍物方焦距之间。

将读数显微镜取下, 换上光屏。继续将透镜后移, 使物距满足  $l < -2f'$ 。移动光屏, 直至光屏上出现清晰的像。记下物距和像距, 观察像的正倒和像的变化。取下光屏, 用读数显微镜测出一毫米物高对应的像高。

(5) 物在主面和像方无限远之间。

为了获得虚物, 必须在被测正透镜前加入附加正透镜, 按图 2-3 布置光路。将物置于附加正透镜的两倍物方焦距处, 将光屏置于附加正透镜像方两倍焦距内。移动被测透镜, 直至光屏上出现清晰像。测出像距和两透镜间的间距  $d$ , 则虚物的物距为  $2f_1' - d$ 。其中,  $f_1'$  为附加正透镜的焦距。分析像相对与虚物的正倒。取下光屏, 用读数显微镜测出一毫米物高对应的像高。

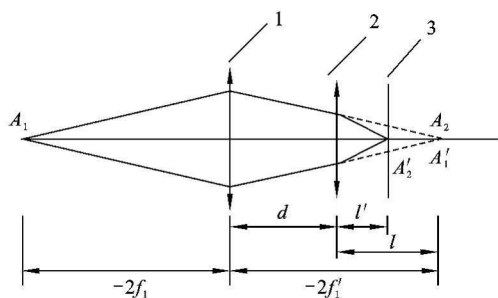


图 2-3 在正透镜前加附加透镜成像光路示意图

1. 附加正透镜; 2. 被测正透镜; 3. 光屏

## 2. 观察负透镜的成像规律

### (1) 物位于物方无限远与物方主面之间。

调整光源、毫米尺、负透镜,使它们共轴,使物距满足  $l < 0$ 。此时朝透镜里观察,将会看到毫米尺的虚像,观察像的正倒。为了测得像的位置和大小,必须借助附加正透镜。如图 2-4 所示,使光屏到附加正透镜的距离为两倍附加正透镜焦距,且光屏到毫米尺的距离大于四倍附加正透镜焦距。移动被测透镜,直至光屏上出现清晰像。记下此时的物距和两透镜之间的距离  $d$ ,则虚像的大小与光屏上像的大小相等。虚像的像距  $l'$  满足  $-l' = -2f_2' - d$ ,其中,  $f_2'$  为附加正透镜的物方焦距。取下光屏,用读数显微镜测出一毫米物高对应的像高。

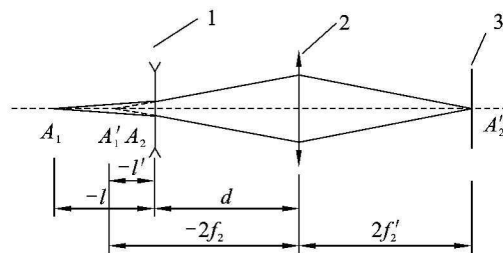


图 2-4 在负透镜后加附加正透镜成像光路示意图

1. 被测负透镜; 2. 附加正透镜; 3. 光屏

### (2) 物位于像方主面与像方焦点之间。

为了得到虚物,必须在被测负透镜前加入附加正透镜,按图 2-5 布置光路。使物位于附加正透镜物方两倍焦距处,使被测负透镜在附加正透镜像方,且与它的距离  $d$  略小于附加正透镜两倍焦距。移动光屏直至出现清晰像,观察像的正倒,记下像距和  $d$ 。虚物的物距  $l$  满足  $l = 2f_1' - d$ ,其中,  $f_1'$  为附加正透镜像方焦距。取下光屏,用读数显微镜测出一毫米物高对应的像高。

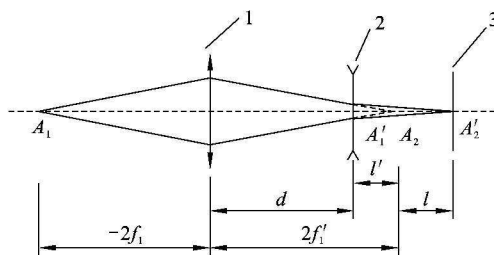


图 2-5 在负透镜前加附加正透镜成像光路示意图

1. 附加正透镜; 2. 被测负透镜; 3. 光屏

### (3) 物位于像方一倍焦距与两倍焦距之间。

仍然按图 2-5 布置光路。将被测负透镜向附加正透镜方向移动,使  $d$  满足  $2f_1' - 2f_2' < d < 2f_1' - f_2'$ ,其中,  $f_1'$  为附加正透镜像方焦距,  $f_2'$  为被测负透镜像方焦距。透过被测负透镜可看到毫米尺的虚像,观察像的正倒,比较它与物的大小。

### (4) 物位于像方两倍焦距处。

仍然按图 2-5 布置光路。继续将被测负透镜向附加正透镜方向移动,使  $d$  满足  $d = 2f_1' - 2f_2'$ ,透过被测负透镜观察像的变化,比较它与物的大小。

(5) 物位于像方两倍焦距外。

仍然按图 2-5 布置光路。继续将被测负透镜向附加正透镜方向移动,使  $d$  满足  $d < 2f'_1 - 2f'_2$ , 透过被测负透镜观察像的变化,比较它与物的大小。

## 五、数据处理(表 2-1)

表 2-1 透镜成像规律测量数据表格

| 透镜种类 | 物距 $l$           | 像 距<br>$l'$ (测量值) | 像 距<br>$l$ (理论值) | 放大率<br>$\beta'$ (测量值) | 放大率<br>$\beta$ (理论值) | 成像特性<br>(虚实正倒) |
|------|------------------|-------------------|------------------|-----------------------|----------------------|----------------|
| 正透镜  | $l < 2f$         |                   |                  |                       |                      |                |
|      | $l = 2f$         |                   |                  |                       |                      |                |
|      | $2f < l < f$     |                   |                  |                       |                      |                |
|      | $f < l < 0$      |                   |                  |                       |                      |                |
|      | $l > 0$          |                   |                  |                       |                      |                |
| 负透镜  | $l < 0$          |                   |                  |                       |                      |                |
|      | $0 < l < -f'$    |                   |                  |                       |                      |                |
|      | $-f' < l < -2f'$ |                   |                  |                       |                      |                |
|      | $l = -2f'$       |                   |                  |                       |                      |                |
|      | $l > -2f'$       |                   |                  |                       |                      |                |



## 实验3 薄透镜焦距的测定

透镜是光学仪器中最基本的元件,反映透镜特性的一个主要参量是焦距,它决定了透镜成像的位置和性质(大小、虚实、倒立)。对于薄透镜焦距测量的准确度,主要取决于透镜光心及焦点(像点)定位的准确度。本实验在光具座上采用几种不同方法分别测定凸、凹两种薄透镜的焦距,以便了解透镜成像的规律,掌握光路调节技术,比较各种测量方法的优缺点,为今后正确使用光学仪器打下良好的基础。

### 一、实验目的

- (1) 学会用多种方法测量薄凸透镜的焦距,并比较各种方法的优缺点。
- (2) 学会测量薄凹透镜焦距的方法。
- (3) 掌握简单光路的分析和调整方法,掌握透镜成像的规律。

### 二、主要实验仪器

光源,光具座,凸透镜,凹透镜,平面镜,像屏。

### 三、实验原理

#### 1. 自准直法测薄凸透镜焦距

如图 3-1 所示,物在凸透镜的焦平面上,物上的任意一点经过透镜成为平行光,再经过平面镜反射后成等大的像在焦平面上。

#### 2. 物距像距法测薄凸透镜焦距

在凸透镜一侧的物体经过凸透镜成一实像,在光距座上记录物距  $U$  和像距  $V$ ,再将物距  $U$  和像距  $V$  代入以下的成像公式:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{U} + \frac{1}{V} \quad (3-1)$$

即可算出透镜的焦距,如图 3-2 所示。

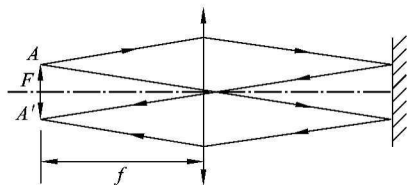


图 3-1 自准直法测薄凸透镜焦距

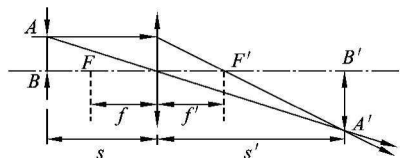


图 3-2 物距像距法测薄凸透镜焦距

#### 3. 二次成像法(共轭法,贝塞尔法)

固定透镜和接受屏的距离为  $D$ ,其中  $D > 4f$ ,再移动透镜的位置,将在接受屏上观察到两

次成像,一次放大一次缩小的实像,如图 3-3 所示。根据以下公式可以算出透镜的焦距:

$$f = \frac{D^2 - d^2}{4D} \quad (3-2)$$

式中,  $d$  为两次成像的透镜位置之间的距离。

#### 4. 自准直法测薄凹透镜焦距

借助于凸透镜实现该方法: 物体  $AB$  经过凸透镜成像在  $A'B'$ , 将凹透镜放在恰当的位置, 也就是当  $A'B'$  到凹透镜的位置为凹透镜焦距时, 最右侧的光为平行光, 最后经过平面镜成像于实物的位置, 即  $A''B''$ , 如图 3-4 所示。

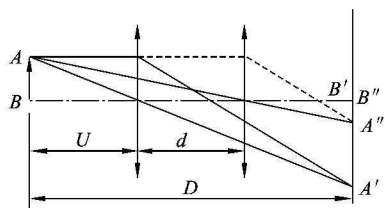


图 3-3 二次成像法

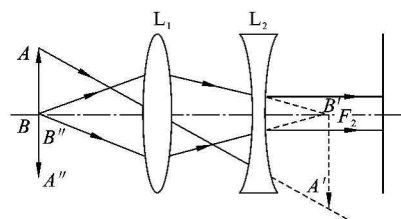


图 3-4 自准直法测凹透镜焦距

#### 5. 凹凸透镜成像法

借助于凸透镜实现凹透镜的成像。物点  $P$  经过凸透镜直接成像在  $B$  点, 再放上凹透镜后成像在  $D$ 。这个过程对于凹透镜而言,  $B$  为凹透镜的虚物经过凹透镜成像实物  $D$ 。  $S$  为物距,  $S'$  为像距, 如图 3-5 所示。

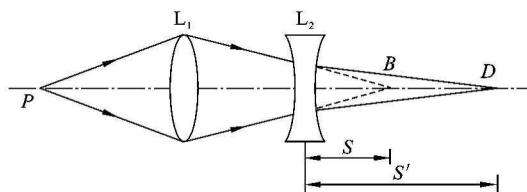


图 3-5 凹凸透镜成像法

### 四、实验内容

粗调: 先将物、透镜、像屏等用光具底座固定好以后, 再将它们靠拢, 用眼睛观察调节高低、左右, 使它们的中心大致在一条和导轨平行的直线上, 并使它们本身的平面互相平行且与光轴垂直。

细调: 如物不在透镜的光轴上, 而发生偏离, 那么其像的中心在屏上的位置将会随屏的移动而变化, 这时可以根据偏离的方向判断物中心究竟是偏左还是偏右、偏上还是偏下, 然后加以调整, 直到像的中心在屏上的位置不随屏的移动而变化时即可。

实物与测量点之间的距离为修正值:  $\Delta = 1.41\text{cm}$ 。

分别按前面所介绍的五种方法测量透镜焦距, 将数据记录在表 3-1 ~ 表 3-5 中。