**透镜望远镜显微镜综合实验**

**实验目的**

1. 了解透镜作为光学元件在光学系统中的作用

2. 掌握透镜焦距测量原理

3. 了解望远镜和显微镜的构造及其放大原理，并掌握其使用方法

4. 了解视放大率的概念并掌握其测量方法

**实验仪器**

LED可调电源、LED灯、刻度屏、导轨、凸透镜（*f*=100mm）、凸透镜（*f*=150mm）、凹透镜(*f*=-50mm)、

白屏、带分划板目镜组

**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。焦距则是反映光学透镜特性重要物理量，当透镜的厚度比其焦距小很多时，称为薄透镜。不同焦距的透镜及透镜组组成了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. 凸透镜的焦距测量**

1.1利用物距像距公式求焦距（物像法）

在实验中分别测出物距和像距，即可用式求出该透镜的焦距。测得量须添加符号，求得量则根据求得结果中的符号判断其物理意义。

1.2位移法(又称为共轭法、二次成像法或贝塞尔物像交换法)

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4倍焦距（），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。

*d的*

图1 二次成像光路图

如图1所示，设物距为时，得放大的倒立实像；物距为时，得缩小的倒立实像，透镜两次成像之间的位移为，根据透镜成像公式，可知：

处： ，

处： ，

由上述公式可以推出：，因此，只要测量出和，就可以求出透镜的焦距。

**2. 凹透镜的焦距测量：成像法（辅助透镜法）**

如图2所示，先使物发出的光线经凸透镜后，移动白屏，白屏上形成一大小适中的实像；然后在和之间放入待测凹透镜，移动白屏，白屏上形成另一实像。分别测出到*’*和之间距离、，根据式 即可求出的像方焦距。

图2 凹透镜焦距测量成像法光路图

**3. 望远镜**

3.1开普勒望远镜

开普勒望远镜光学系统是由物镜和目镜组成的无焦系统，物镜的像方焦点与目镜的物方焦点重合。无穷远物体发出的光经物镜后在物镜焦平面上成一倒立缩小的实像，再经目镜成虚像于无穷远处，使视角增大，利于人眼观察。如图3所示

*ω*

图3 开普勒望远镜光路图

望远镜的视角放大应定义为最后的虚像对目镜所张视角与物体在实际位置所张视角之比，。由于物距远比望镜远筒长大得多，它对眼睛或目镜所张视角实际上和它对物镜所张视角是一样的。从图3中不难看出，，而，代入式可以得到

。

上式表明，物镜的焦距越大，望远镜的放大倍率越高。开普勒望远镜系统中，物镜与目镜均为凸透镜，所得到到的像是倒立放大的像。在此实验中作为物的平行光，我们可利用凸透镜的准直原理来达到目的。如图4所示，

物屏

准直透镜

图4平行光准直系统

在开普勒望远镜系统中，当确定物镜以及目镜的位置，调节准直透镜位置，直到能看到一个清晰的像，此时观察准直透镜与像之间的距离，则是该准直透镜的焦距。

3.2内调焦望远镜

为了能够观察不同距离物体，我们在物镜和目镜中间加上一个凹透镜，这个凹透镜起到调焦作用（改变放大倍率），随着凹透镜与分划镜之间距离的改变，望远镜系统观察到的距离也在改变即发现准直透镜与刻度尺的距离在改变。

物镜

目镜

调焦凹透镜

远光

合成物镜

图5 内调焦望远镜光路图

3.3伽利略望远镜

伽利略望远镜的目镜为负透镜组，这种望远镜尺寸短小，可直接获得正立的像，但像质较差，一般用作袖珍观剧镜或者傻瓜照相机的取景器。

眼睛

像

目镜

物镜

图6 伽利略望远镜光路图

**4. 显微镜**

显微镜是用来观察近距离微小目标的目视光学仪器，简单的放大镜的倍率有限（几倍到几十倍），欲得到更大的放大率要靠显微镜。显微镜的原理光路如图所示。在放大镜（目镜）前再加上一个焦距极短的会聚透镜组，称为物镜。物镜和目镜的间隔比它们各自的焦距大的多。被观察的物体放在物镜物方焦点外侧附近，它经物镜成放大实像于目镜物方焦点内侧附近，再经目镜成放大的虚像于明视距离以外。在实际显微镜中为了减少各种像差，物镜和目镜都是复杂的透镜。我们为了突出其基本原理，在图中二者都用一个薄透镜代替。

设为物体的长度，为中间像的长度，和分别为物镜和目镜的焦距，为物镜像方焦点到目镜物方焦点的距离（称为光学筒长）。显微镜的视角放大率为

，

其中为物体在明视距离处所张视角，即为最后的像所张的视角。如前所述，和中间像所张的视角一样，故。所以

（1），

式中是目镜的视角放大率，是物镜的横向放大率。

根据薄透镜的横向放大率公式，其中，，得，代入（1）式后，得到显微镜视角放大率的最后表达式

，

上式表明，物镜、目镜的焦距越短，光学镜筒越长，显微镜的放大倍率越高。

P

*L*

图7 显微镜光路图

**实验内容与步骤**

**1. 透镜焦距测量**

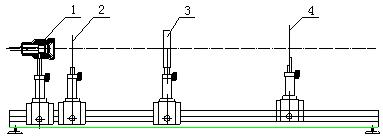
光具座上各光学元件同轴等高的调节

先将各光学元件粗调成共轴等高，然后用移动透镜进行细调。使两次所

成的像中心重合(大像追小像)。在测量焦距的时候，使光通过刻度屏上面的

刻度或者，得到发光物体。

1.1凸透镜焦距测量



1-LED光源 2-物屏 3-凸透镜 4-白屏

图8凸透镜焦距测量（物像法、位移法）

1.1.1 物像法

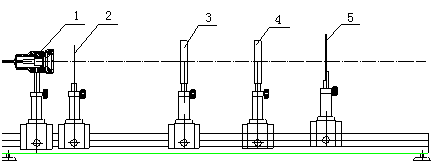
物像法凸透镜焦距测量如图8所示，将透镜放在物屏1倍焦距以外，移动白屏成像；记录此时物屏、凸透镜、白屏的位置。

**注：**在**物像法**中，使光通过刻度屏上部分，容易观察到像。

1.1.2 位移法

位移法凸透镜焦距测量如图8所示，物屏和白屏相距超过4倍焦距，移动凸透镜可以在不同位置成放大和缩小的像；记录物屏和白屏位置以及凸透镜在放大缩小两个成像点的位置。

1.2. 凹透镜焦距测量（成像法）



1-LED光源 2-物屏 3-凸透镜 4-凹透镜 5-白屏

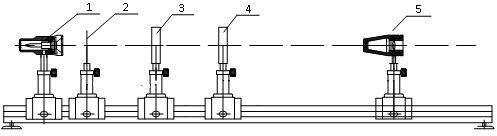
图9凹透镜焦距测量（成像法）

凹透镜焦距测量如图9，首先利用凸透镜成一放大实像；记录此时白屏位置。在白屏前面加入凹透镜，移动白屏找到像的位置；记录此时白屏的位置。

注：在**凹透镜焦距测量（成像法）**中，由于使用部分，人眼难以判断清晰实像，使光通过刻度屏上**刻度部分**，以观察成像。

**3.望远镜**

3.1 开普勒望远镜



1-LED光源2-物屏3-准直透镜 （） 4-聚焦透镜 （） 5-带分划板的目镜组（）

图10开普勒望远镜

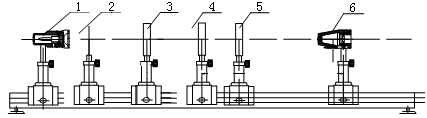
（1）选择合适的透镜，按图10组成开普勒望远镜, 光路调节，同轴等高调节，其中发光管和准直透镜形成平行光，将刻度屏置放在准直透镜的焦平面上。（在望远镜系统中，调节LED高度，使光源对准刻度屏中的方框中心，此位较细小的线）。

（2）将物镜的位置固定，用接收屏来接收刻度屏经物镜所成的像，直到最清晰，并记下此时接收屏所处的位置。

（3）移走接收屏，将目镜移近物镜，直至令目镜的物方焦面与接收屏的所处位置大致重合，此时固定好目镜的位置。调节透镜高度使三者同轴等高。

（4）前后微调目镜位置，人眼位于目镜之后进行观察，直至能够看到清晰的像。此时可粗略认为物镜的像方焦面与目镜的物方焦面相重合，从而实现了望远镜的自组。

3.2内调焦型望远镜



1-LED光源 2-物屏 3-准直透镜（）

4-聚焦透镜（） 5-凹透镜（） 6-带分划板的目镜组（）

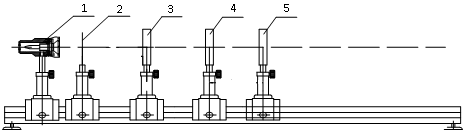
图11 内调焦型望远镜

（1）选择合适的透镜，按图11组成内调焦开普勒望远镜,调节，同轴等高调节，其中发光管和准直透镜形成平行光, 将刻度屏置放在准直透镜的焦平面处。

（2）将物镜的位置固定，用接收屏来接收刻度屏经物镜所成的像，直到最清晰。

（3）移走接收屏，将目镜移近物镜，直至令目镜的物方焦面与接收屏的所处位置大致重合，此时固定好目镜的位置。调节透镜高度使三者同轴等高。

（4）将凹透镜放入物镜与目镜中间，此时可以实现望远镜内调焦，观察不同距离的物体的像，表现出来就是前方准直透镜位置的改变。

 3.3伽利略望远镜

1-LED光源 2-物屏 3-准直透镜（） 4-聚焦透镜（5-凹透镜

图12伽利略望远镜

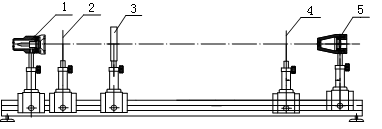
（1）选择合适的透镜，按图12组成伽利略望远镜, 光路调节，同轴等高调节，将刻度屏置放在准直透镜的焦平面上。

（2）将物镜的位置固定，用接收屏来接收刻度屏经物镜所成的像，直到最清晰。

（3）移走接收屏，将目镜移近物镜，直至令目镜的像方焦面与接收屏的所处位置大致重合，此时固定好目镜的位置。调节透镜高度使三者同轴等高。

（4）前后微调目镜位置，人眼位于目镜之后进行观察，直至能够看到清晰的像。此时可粗略认为物镜的像方焦面与目镜的像方焦面相重合，从而实现了望远镜的自组。

**注：**在调节伽利略望远镜时，由于人眼差异，图13中的参数仅为参考。当从目镜中看到模糊的像时，可调节准直透镜（*f*=90mm）与刻度屏之间距离或者调节聚焦透镜（*f*=150mm）与凹透镜（*f*=-50mm）之间距离，直到从目镜中看到清晰的像。

** 4. 显微镜**

1-LED光源 2-物屏 3-物镜（） 4-白屏 5带分划板的目镜组（）

图13 显微镜示意图

（1）将光源、物体、物镜、目镜按图13依次放置在光具座上，并仔细调节各组成元件的高度，同轴等高。

（2）根据已知物镜的焦距大小，将物屏放置在物镜的物方焦面附近并分别固定好物屏及物镜的位置。

（3）用白屏找寻物体经物镜所成的像的位置，该像应为一倒立放大的实像，记录下此时的位置。移动目镜，尽量使其目镜的物方焦平面与实像面位置相重合，固定好目镜的位置。

（4）微调物镜进行调焦，人眼位于目镜之后进行观察，并也可调整目镜直至能够看到清晰的像，从而实现了显微镜的自组。

**注意事项**

（1）在做透镜焦距实验时，由于用眼睛来判断成像的清晰度，所以存在因人而异的差别，导致像屏的位置不可能完全一致，从而产生一定的误差。解决误差过大的方法就是多测量几次，平均最后的结果。

（2）在做显微镜和望远镜的实验时候，用眼睛在目镜后观察像，务必要把LED光源的强度减弱，避免眼睛被强光伤害。

（3）保持透明刻度尺的干净，使光透性能好。

**学生姓名 教师签字**

**1. 凸透镜焦距测量**   **月 日**

1.1 物像法

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 物屏位置 | 透镜位置 | 白屏位置 | 物距 | 象距 |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |

1.2 位移法

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 物屏位置 | 透镜位置Ⅰ | 透镜位置Ⅱ | 白屏位置 | *D* | *d* |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |

**2. 凹透镜透镜焦距测量**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 凹透镜位置 | 白屏位置Ⅰ | 白屏位置Ⅱ |  |  |  |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |