



大学物理实验（一）

透镜焦距测量与望远镜的设计

2022年5月20日

实验背景

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。焦距则反映光学透镜特性的重要物理量，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。

望远镜 (telescope) 是利用透镜或反射镜以及其他光学器件观测遥远物体的光学仪器。



人类一直都有往远看的强烈愿望，中国古代有“顺风耳”、“千里眼”的传说。

三星堆中的铜面具，双眼突出，大约是新石器时代晚期的作品，这可能是中国古人对望远镜的理想与愿望！



实验背景



1608年荷兰米德尔堡眼镜师汉斯·李波尔 (Hans Lippershey) 造出了世界上第一架望远镜。



1990年，哈勃太空望远镜是人类第一座太空望远镜



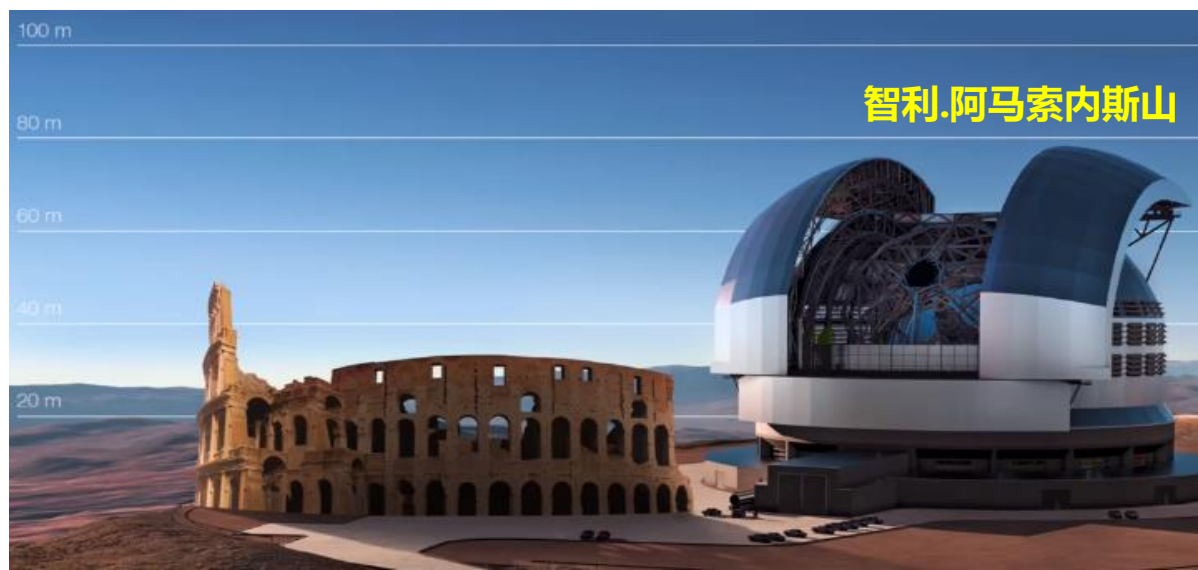
哈勃望远镜见证恒星死亡的灿烂画面



哈勃望远镜拍摄的类星体



实验背景



最大光学望远镜ELT，口径39.3米，集光力是人类肉眼1亿倍

图为它和罗马斗兽场的大小比较



世界最大射电望远镜FAST，口径：口径达500米；世界上单口径最大而且最灵敏的射电望远镜；具有中国的自主知识产权（南仁东）；从2021年4月1日开始，对外国的科学家开放，需要通过申请

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
- 测量凹透镜焦距



二 实验原理 2.1 薄透镜成像公式

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:

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

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。



二 实验原理 2.2 位移法测凸透镜焦距

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

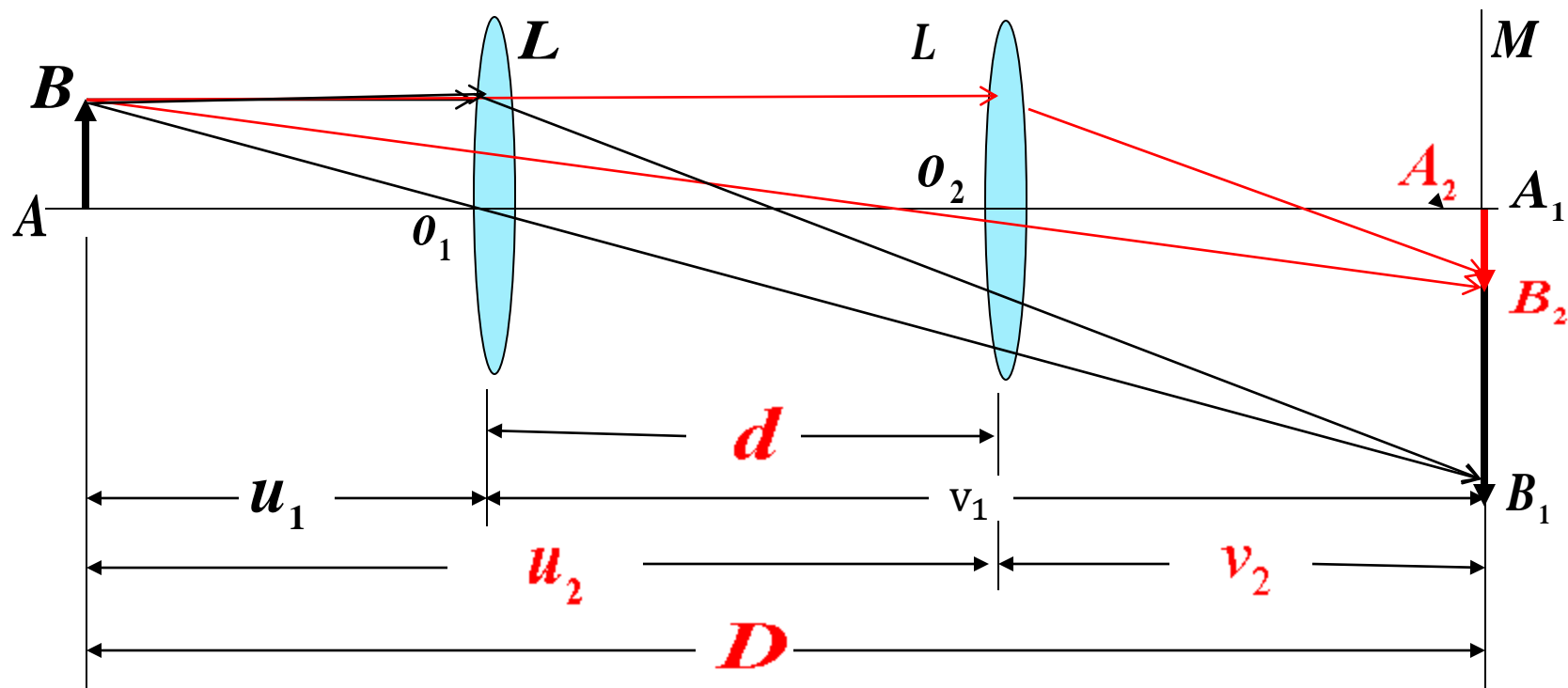


图1二次成像光路图



二 实验原理 2.2 位移法测凸透镜焦距

如图1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

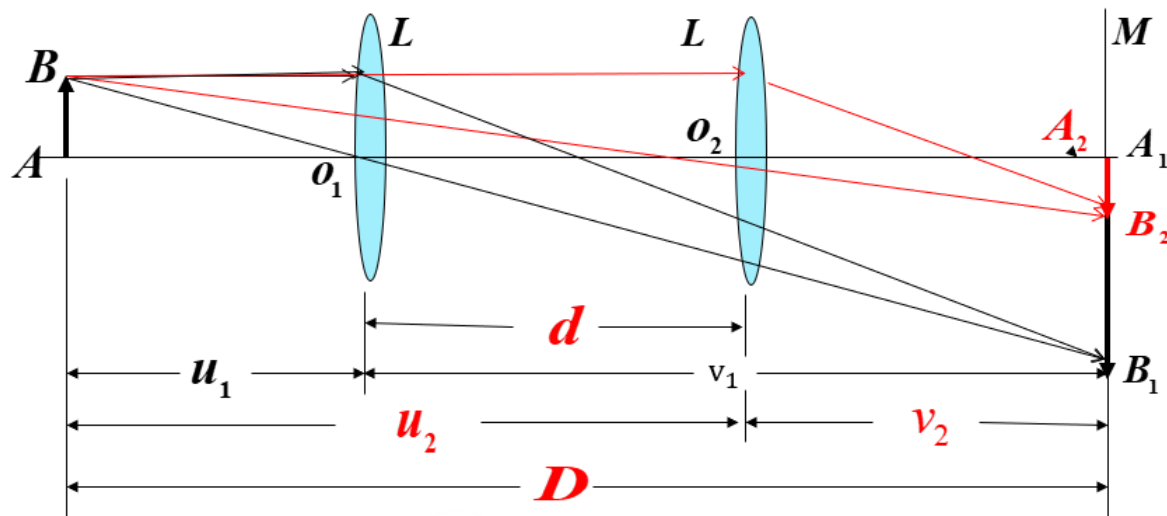
$$O_1 \text{处: } \frac{1}{u_1} + \frac{1}{u_2} = \frac{1}{f}, \frac{1}{u_1} + \frac{1}{D - u_1} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

$$O_2 \text{处: } \frac{1}{u_2} + \frac{1}{v_2} = \frac{1}{f}, \frac{1}{u_1 + d} + \frac{1}{D - u_1 - d} = \frac{1}{f} \quad (2)$$

由 (1) (2) 公式可以推出：

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

因此，只要测出 D 和 d ，
就可以求出焦距。

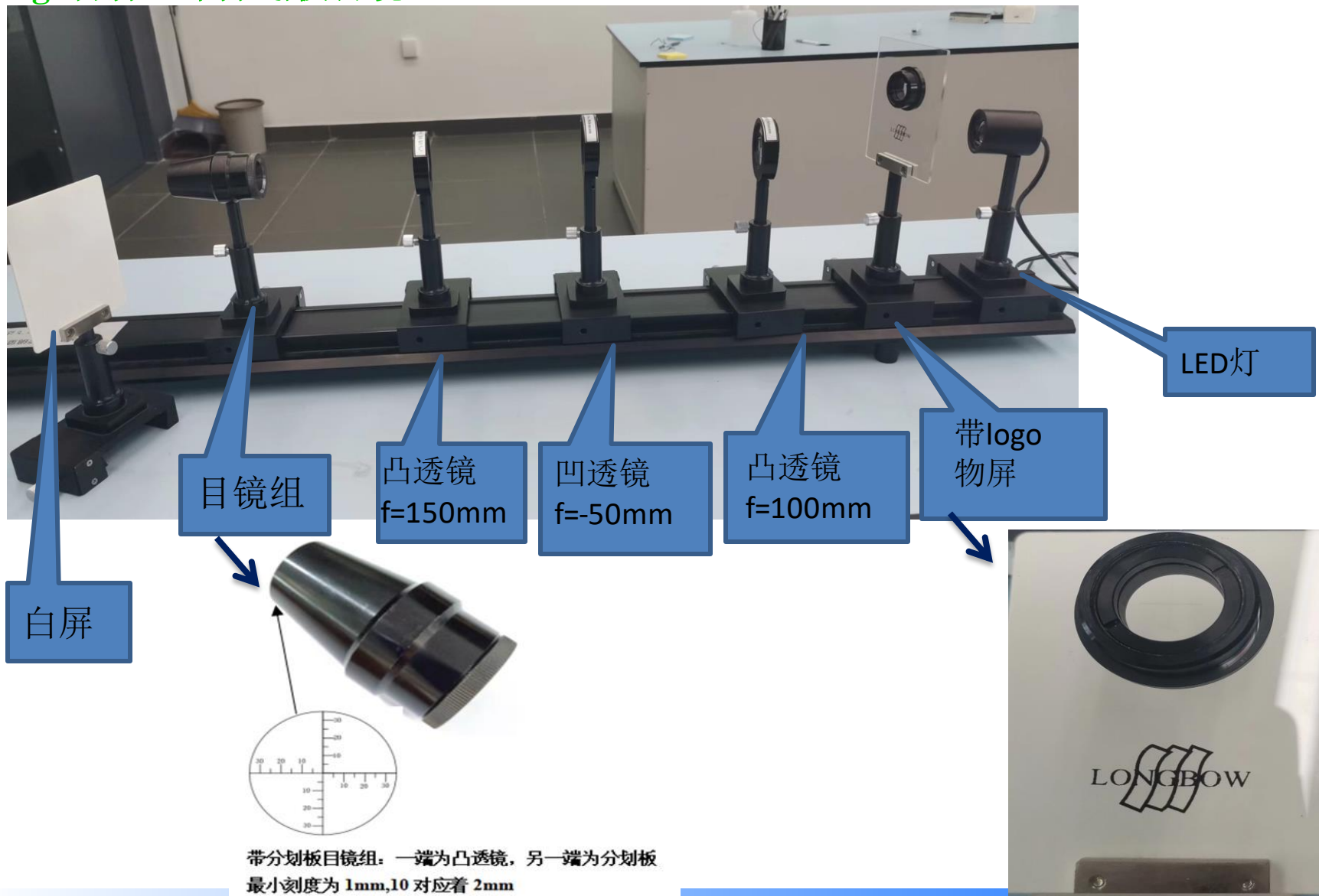


二次成像光路图



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

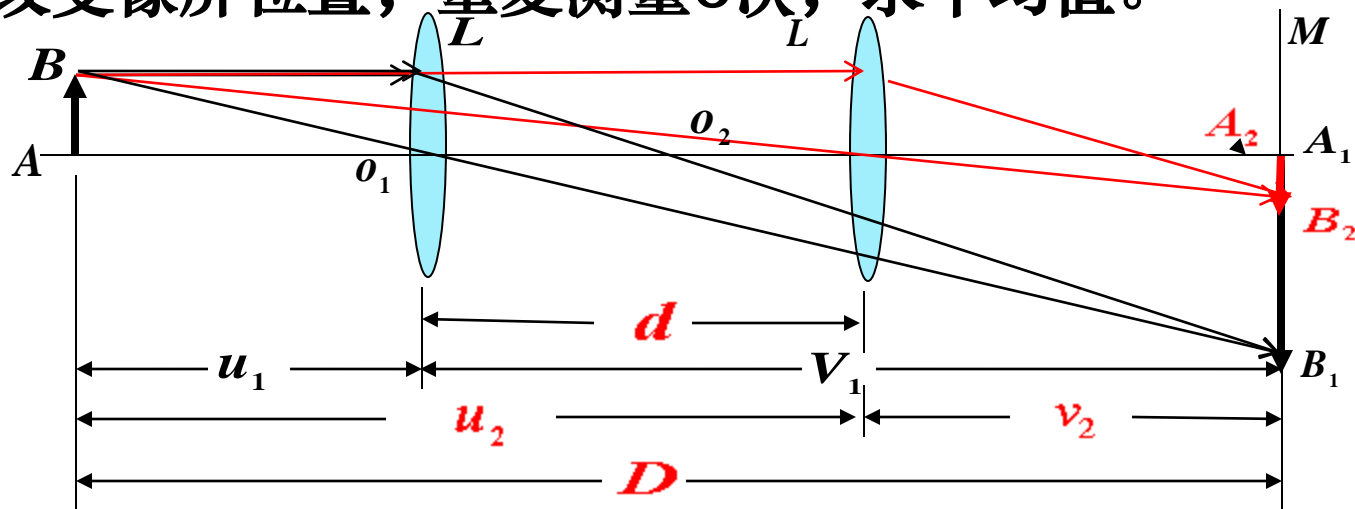


四 实验内容及步骤 4.1 位移法测凹透镜焦距

4.1 位移法测凸透镜焦距:

主要步骤:

- (1) 物AB与像屏的间距 $D > 4f$ ($f = 150$) 时;
- (2) 透镜在间移动时可在像屏上成两次像,一次成放大的像 u_1 ,一次成缩小的像 u_2 , $d = u_2 - u_1$, $f = \frac{D^2 - d^2}{4D}$
- (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



四 实验内容及步骤

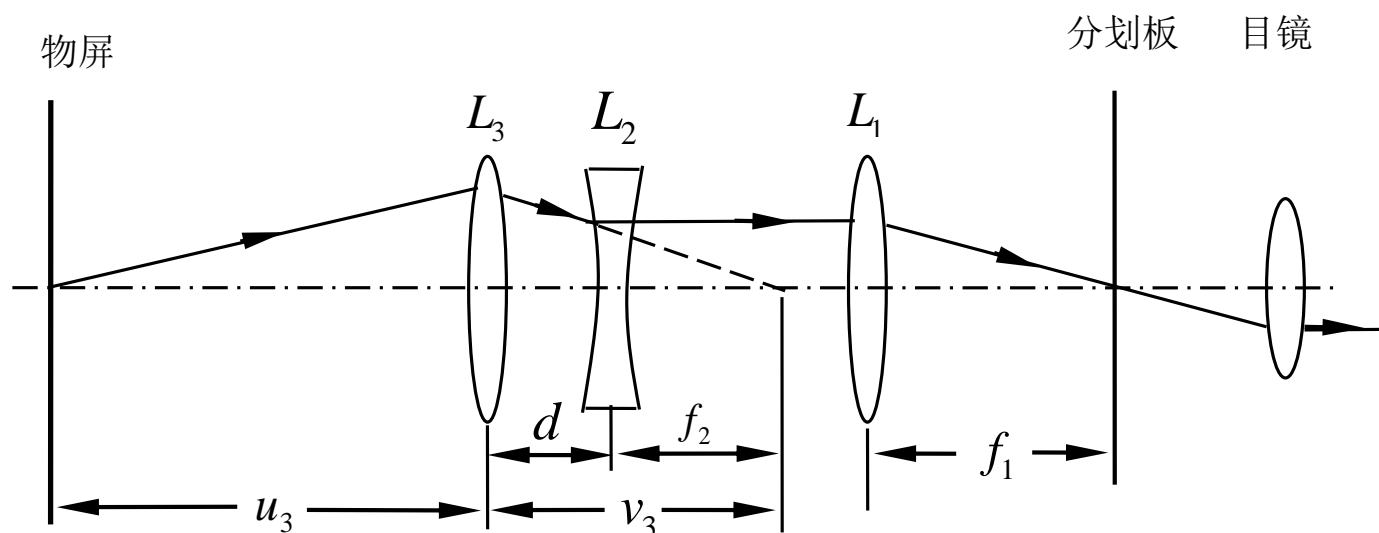
4.1 位移法测凹透镜焦距

	物屏	透镜位置1	透镜位置2	像屏	D	d	f
1							
2							
3							
4							
5							
6							



四 实验内容及步骤 4.2自组望远镜并测量凹透镜焦距

4.2. 自组望远镜并测量凹透镜焦距：



主要步骤：

- (1) 物屏与透镜 L_3 ($f=100$) 组平行光；
- (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；



四 实验内容及步骤 4.2自组望远镜并测量凹透镜焦距

(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。记下此时 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。

	L_1 与目镜距离	实像位置 a	L_2 位置 b	L_2 焦距 ($a-b$)
1				
2				
3				
4				
5				
6				



五 实验报告要求

- 1、用位移法计算凸透镜焦距，评估不确定度
- 2、计算凹透镜焦距，评估不确定度

思考题

- a利用位移法测凸透镜焦距有什么优点？
- b共轴调节的具体方法。

