

教师签字

总成绩

9.0

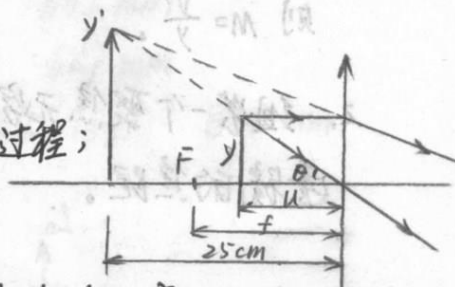
(注: 凡分低者由教师填写, 学生填写后, 填入表格中。)

实验(21) 自组显微镜与望远镜

一. 实验目的

1. 进一步掌握透镜的成像规律;
2. 了解显微镜和望远镜的工作原理及调节过程;
3. 学习测量显微镜和望远镜的放大率;

二. 实验原理



1. 放大镜: 最简单的放大镜就是一个凸透镜, 其作用是将被观察的物体放大, 其最主要的指标就是角放大率 m 。当人眼观察物 Y 时, 如已将物 Y 放在明视距离 (25 cm) 处, 并对人眼的张角为 θ 。如果通过一个凸透镜, 调节物 Y 与凸透镜之间的距离, 使人眼所观察的虚像 Y' 成在离凸透镜之间的距离为明视距离处, 则定义放大镜的角放大率 m 为 $m = \frac{\theta'}{\theta}$ 。 $\frac{1}{u} + \frac{1}{25} = \frac{1}{f} \Rightarrow u = \frac{25f}{25+f}$, 而 $\tan \theta \approx \theta \approx \frac{Y}{25}$, $\tan \theta' \approx \theta' \approx \frac{Y'}{u} \therefore m = \frac{\theta'}{\theta} = 1 + \frac{25}{f}$ 当 Y 移到焦点 F 处, $u = f$, 则角放大率为 $m' = \frac{25}{f}$

2. 显微镜: 是观察微小物体的光学仪器, 物镜 L_1 的焦距 f_1 非常短 ($f_1 < 10$ cm), 而目镜 L_2 的焦距 f_2 有几厘米长。二透镜相距 L , 物 Y 放在物镜焦点 F_1 外一点, 通过物镜成一放大、倒立的实像 Y' , 处于目镜焦点 F_2 内一点, 近似为 $v \approx L$, $u \approx f_1$ 。物镜的线放大率为 $M_1 = \frac{v}{u} \approx \frac{L}{f_1}$ 又目镜的角放大率为 $m' = \frac{25}{f_2}$, 则显微镜的放大率被定义为物镜的线放大率与目镜的角放大率乘积, 即 $M = M_1 m' = \frac{L}{f_1} \left(\frac{25}{f_2} \right)$ (光路图见下页)

3. 望远镜: 分为开普勒与伽利略望远镜两种

无穷远物 Y 上的顶点发出的光 (平行光) 经物镜成像 Y' 于物镜的焦平面处, 而目镜仍起到放大镜的作用, 将像 Y' 又成一放大、倒立的虚像 Y'' 。

三. 实验主要步骤或操作要点

1. 用实验室提供的器材自组一台简单的显微镜, 并近似测出其放大率。

望远镜的放大率定义为出射光对目镜所张的角 θ' 与入射光对物镜所张的角 θ 之比, 即 $m = \frac{\theta'}{\theta}$ 。

$$\text{又 } \theta \approx \frac{Y'}{f_1}, \theta' \approx \frac{Y''}{f_2} \therefore m = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{Y''/f_2}{Y'/f_1} = \frac{f_1}{f_2}$$

物 Y 可用塑料透明直尺, M 为一半反半透平面镜, 与望远镜的光轴成 45° 角放置, PO 为一钢板尺。当眼睛通过平面镜 M 观察物, 可同时看到物 Y 的放大像 Y'' 和钢板尺

通过平面镜 M 所成的像 $p'a'$ 。测量时先调节显微镜，同时看清 y' 与 $p'a'$

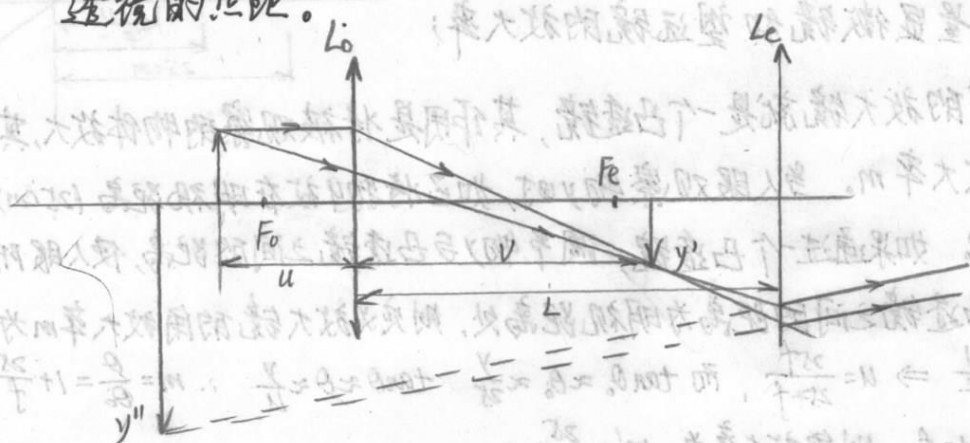
并消除视差。若塑料直尺的 n 个分格与钢板尺的 m 分格对齐，则说明

n 毫米高的物 y ，被放大的像 y'' 为 m 毫米。

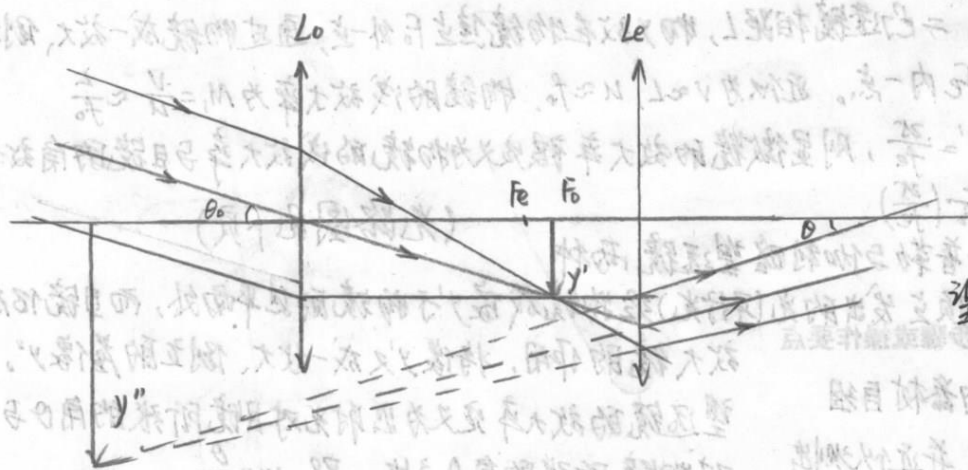
此时显微镜放大率 $M = M_1 m = \frac{y' y''/D}{y y'/25}$ ，如尺到光轴距离取为明视距离，

则 $M = \frac{y''}{y}$ 。

2. 组装一个聚焦无穷远的望远镜，并用其测量另一只凸透镜和一个凹透镜的焦距。



显微镜光路图



望远镜光路图

四. 实验数据

一. 自组显微镜

刻度位置 物: 632.0 mm 物镜: 689.0 mm 分划板(像屏): 841.0 mm.

$f_e \approx 50 \text{ mm}$. 物镜为 10-7. 目镜为 10-6

二. 自组望远镜

1. 物距-像距法测物镜焦距. (物镜选取 10-2).

刻度位置 物 50 mm 物镜 431 mm 分划板(像屏) 841 mm $u = 381 \text{ mm}$ $v = 410 \text{ mm}$

2. 用望远镜测另一个凸透镜的焦距 (10-3). 物: 50 mm 凸透镜 245.6 mm

测另一个凹透镜的焦距 (10-4). 物: 50 mm 10-3 289 mm 10-4 166.5 mm

$$V = 289.0 \text{ mm} - 195.6 \text{ mm} - 166.5 \text{ mm} = -73.1 \text{ mm}.$$

$$u = 166.5 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 116.5 \text{ mm}$$

调换位置后 物 50 mm 凸透镜 (10-3): 367.8 mm

凹透镜 675.4 mm

五. 数据处理

1. 自组显微镜

显微镜的原理光路图见预习部分.

经实验测得 物距 $u = 689.0 - 632.0 = 57.0 \text{ mm}$.

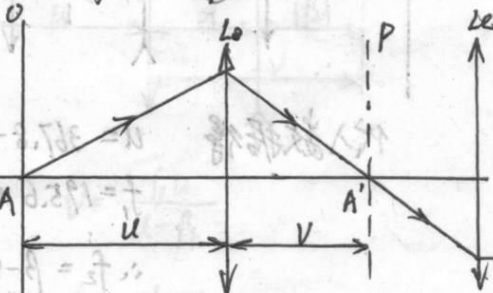
像距 $v = 841.0 - 689.0 = 152.0 \text{ mm}$.

因本实验不满足 $L \gg f_e$ 的要求 $\therefore M = \frac{v}{u} \cdot \frac{250}{f_e} = \frac{152.0}{57.0} \times \frac{250}{50} = 13.3 \text{ 倍}$.

\therefore 显微镜的放大倍数为 13.3 倍.

2. 望远镜物镜焦距的测量. (10-2).

测量原理: 光线由物发出, 经过凸透镜折射后, 成像在透镜的另一侧, 如右图. 将测出的物距 u 和像距 v 代入式 $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ 中, 即可算出焦距 f .



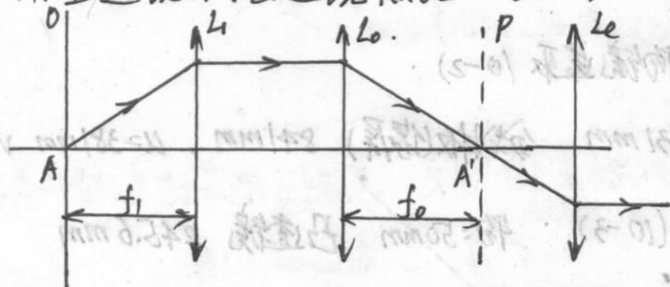
$$M = \frac{\theta}{\theta_0} = \frac{y'/f_e}{y/f_o} = \frac{f_o}{f_e} = \frac{197.5 \text{ mm}}{50 \text{ mm}} = 3.95 \text{ 倍}$$

$$u = 381.0 \text{ mm} \quad v = 410.0 \text{ mm}$$

$$\therefore f_o = \frac{uv}{u+v} = \frac{381.0 \times 410.0}{381.0 + 410.0} = 197.5 \text{ mm}$$

\therefore 物镜焦距为 197.5 mm.

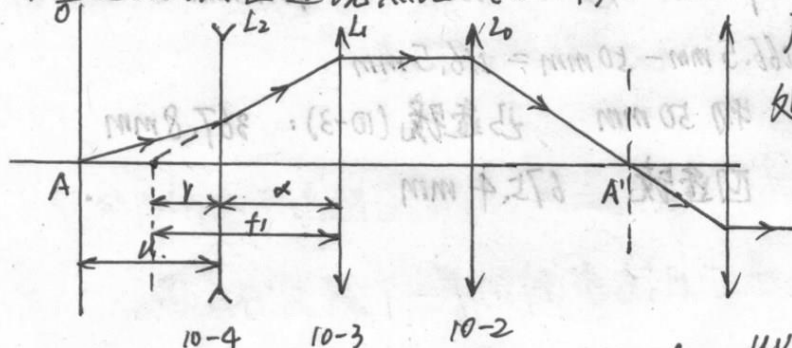
3. 用望远镜测凸透镜焦距 (10-3)



原理: 入射光要求是平行光, 即 A 点处的光经 L_1 后变成平行光, 调节 P 与 L_2 距离为 L_2 的焦距 f_2 , 则物到凸透镜的距离即为凸透镜的焦距 f_1 .

$$\therefore f_1 = 245.6 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 195.6 \text{ mm}$$

4. 用望远镜测凹透镜焦距 (10-4)



原理: 仍使入射光为平行光, 即 A 点处的光经 L_2, L_1 后变成平行光

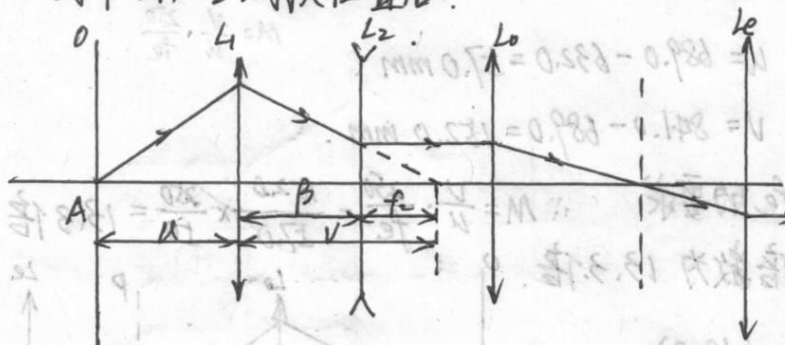
$$u = 166.5 \text{ mm} - 50 \text{ mm} = 116.5 \text{ mm}$$

$$v = 289.0 \text{ mm} - 166.5 \text{ mm} - 195.6 \text{ mm} = -73.1 \text{ mm}$$

$$\therefore f_2 = \frac{uv}{u+v} = \frac{116.5 \times (-73.1)}{116.5 - 73.1} = -196.2 \text{ mm}$$

\therefore 凹透镜的焦距为 -196.2 mm.

上图中 L_1, L_2 调换位置后.



原理: 仍使入射光成为平行光

即 A 点处的光经 L_1, L_2 后变成平

行光, 通过 u 和已知的 f_1

由 $\frac{1}{f_1} = \frac{1}{u} + \frac{1}{v}$ 可计算出 v , 则

$$f_2 = -v + \beta$$

代入数据得

$$u = 367.8 - 50 = 317.8 \text{ mm}$$

$$f_1 = 195.6 \text{ mm} \Rightarrow v = 508.7 \text{ mm} \quad \beta = 675.4 - 367.8 = 307.6 \text{ mm}$$

$$\therefore f_2 = \beta - v = 307.6 - 508.7 = -201.1 \text{ mm}$$

\therefore 此次测得凹透镜焦距为 -201.1 mm.

六. 实验结论及现象分析

实验结论: ① 自组显微镜的放大倍数为 13.3 倍.

② 自组望远镜的放大倍数为 3.95 倍.

③ 物镜 L_0 (10-2) 焦距为 $f_0 = 197.5 \text{ mm}$. 凸透镜的焦距 $f_1 = 195.6 \text{ mm}$.

凹透镜焦距 (10-4) $f_2 = -196.2 \text{ mm}$

误差分析: ① 每次观察成像时都要消视差, 否则可能导致数据误差较大.

② 目镜的共轴调节 ~~只靠~~ 不够到位会造成误差.

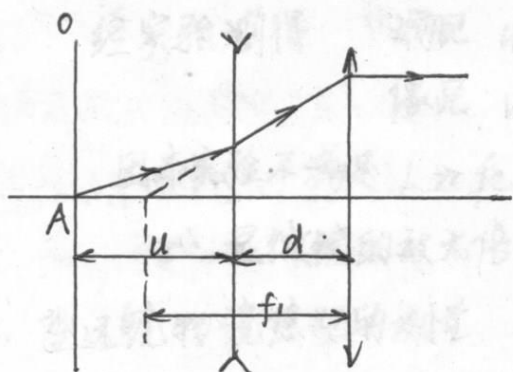
③ 仪器误差. 比如刻度尺的误差; 透镜中心不等高造成误差.

现象分析: 在测量凹透镜的焦距时一定要使光路足够长, 否则可能无论如何调节透镜的位置都无法看到清晰的像.

七. 讨论问题

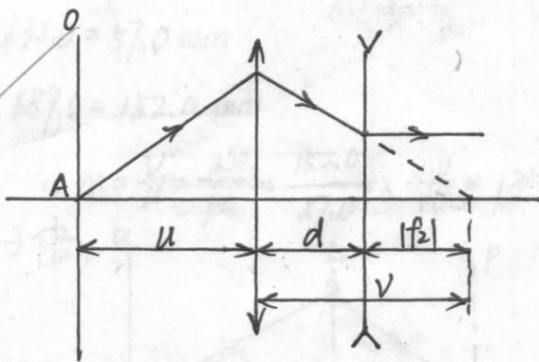
1. 答: 物镜所成像在物镜和目镜之间, 离目镜距离小于目镜焦距, 是倒立的实像. 人眼通过目镜看到的是一个倒立的虚像.

2. 答: 辅助透镜放在凹透镜的哪一边都可以, 只要经两棱镜射出的光是平行光即可. 光路图如下.



$$V = d - f_1$$

$$f_2 = \frac{uV}{u+V}$$



$$V = \frac{f_1 u}{u - f_1}$$

$$f_2 = d - V$$