

透镜成像原理

实作目标：探究透镜如何透过光折射而改变物件成像的位置大小与方向。

Q1：测量窗外树叶、树枝通过透镜成像在纸屏的像距 $\Rightarrow$ 树叶与透镜的距离(物距)目测 10(m) 以上，远大于三种凸透镜的焦距 $\Rightarrow$ 高斯公式 $\frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_i} = \frac{1}{f}$ 其中 $D_o \gg f \Rightarrow$ 像距 $D_i = \frac{1}{(\frac{1}{f} - \frac{1}{D_o})} \approx f \Rightarrow$ 像距几乎就是焦距。

透镜	大透镜	中透镜	小透镜
像距 D_i (m)	0.300	0.100	0.035
像尺寸 (m)	0.177	0.060	0.021
尺寸比	2.95	1.00	0.35

横向放大率 $M_T = -\frac{D_i}{D_o} \approx -\frac{f}{D_o} \propto f$ 与实验结果大致相符。

Q2：测量手机屏幕成像的物距和像距并计算透镜焦距

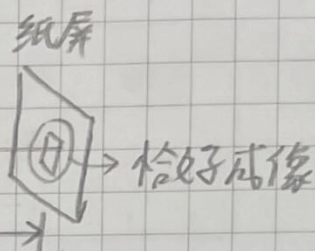
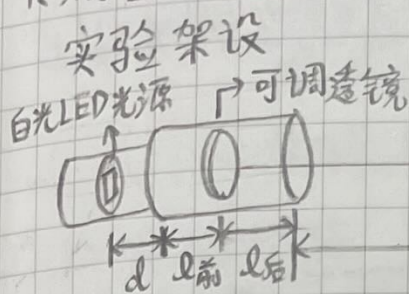
透镜	大透镜	中透镜	小透镜
物距 D_o (m)	0.690	0.260	0.370
像距 D_i (m)	0.510	0.170	0.040
焦距 f (m)	<u>0.293</u>	<u>0.103</u>	<u>0.036</u>

其中 $f = \frac{1}{(\frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_i})}$ 。

good!

额外问题

1. 测量可调透镜的焦距



d 为镜筒前缘到光源的距离、 $l_{前}$ 为透镜到镜筒前缘的距离、 $l_{后}$ 为透镜到镜筒后缘的距离、 L 为镜筒后缘到纸屏的距离。

⇒ 物距 $D_o = d + l_{前}$ 、像距 $D_i = l_{后} + L$ ⇒ 焦距 $f = \frac{1}{\left(\frac{1}{d+l_{前}} + \frac{1}{l_{后}+L}\right)}$ 。

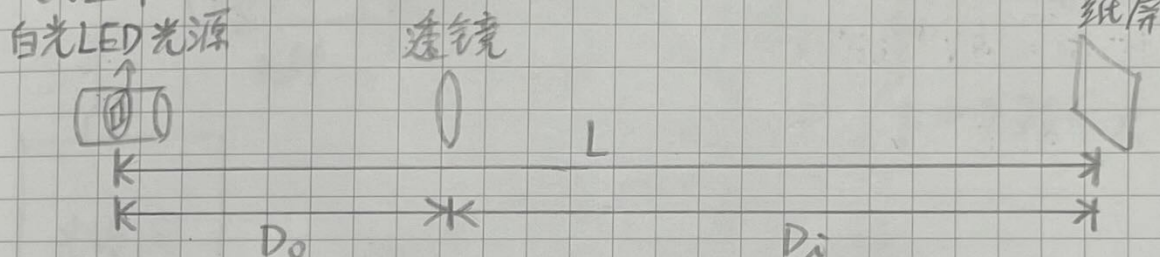
当纸屏成清晰实像时，测量 d 、 $l_{前}$ 、 $l_{后}$ 、 L 并计算 f 。

物理量	d	$l_{前}$	$l_{后}$	L	f
长度(m)	0.0180	0.0320	0.0455	0.6930	0.0468

$$f = 5 \text{ cm}$$

2. 讨论在限制物像距离为 L 时，焦距需满足什么条件才能成像

实验架设



高斯公式 $\frac{1}{f} = \frac{1}{D_o} + \frac{1}{D_i}$ 其中像距 $D_i = L - D_o$ ⇒ $\frac{1}{f} = \frac{1}{D_o} + \frac{1}{L - D_o}$

$$\Rightarrow D_o(L - D_o) = f(L - D_o + D_o) \Rightarrow D_o^2 - LD_o + fL = 0 \Rightarrow$$

物距 $D_o = \frac{1}{2}(L \pm \sqrt{L(L - 4f)})$ 当 $L - 4f \geq 0$ 才有实数解

⇒ 焦距 $f \leq \frac{L}{4}$ 的透镜才能成像

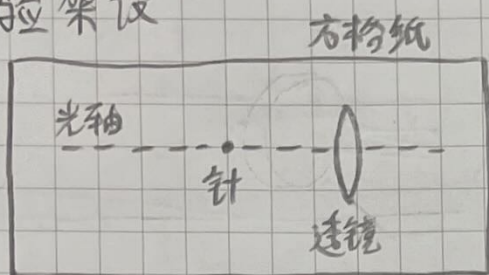
若 $f < \frac{L}{4}$ 有两个成像点 D_o ，放大率为 $M_L = -\frac{D_i}{D_o} = -\frac{2(L - D_o)}{L \pm \sqrt{L(L - 4f)}}$ 。

若 $f = \frac{L}{4}$ 有一个成像点 $D_o = \frac{L}{2}$ ，放大率为 $M_L = -\frac{2(L - \frac{L}{2})}{L} = -1$ 。

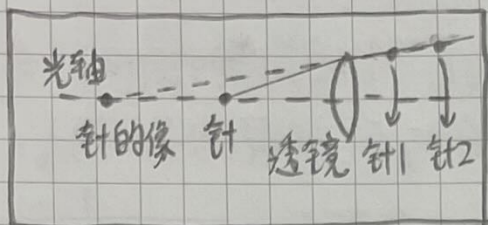
Excellent work

Q3: 利用光的直进特性测量透镜焦距

实验架设



将透镜立在纸上, 在透镜左侧光轴上扎一根针。



在透镜右侧观察针的像, 并在与针的像重叠的位置扎上针1, 再在与针的像与针1都重叠的位置扎上针2。

则针在透镜右侧的光路就是针1与针2的连线, 将其延长到交于光轴的点 就是针的像位置了。此时物距、像距可通过测量得知, 再计算透镜焦距。

Q: Did you try it?