

自组显微镜与望远镜

钟瑞

2021年5月

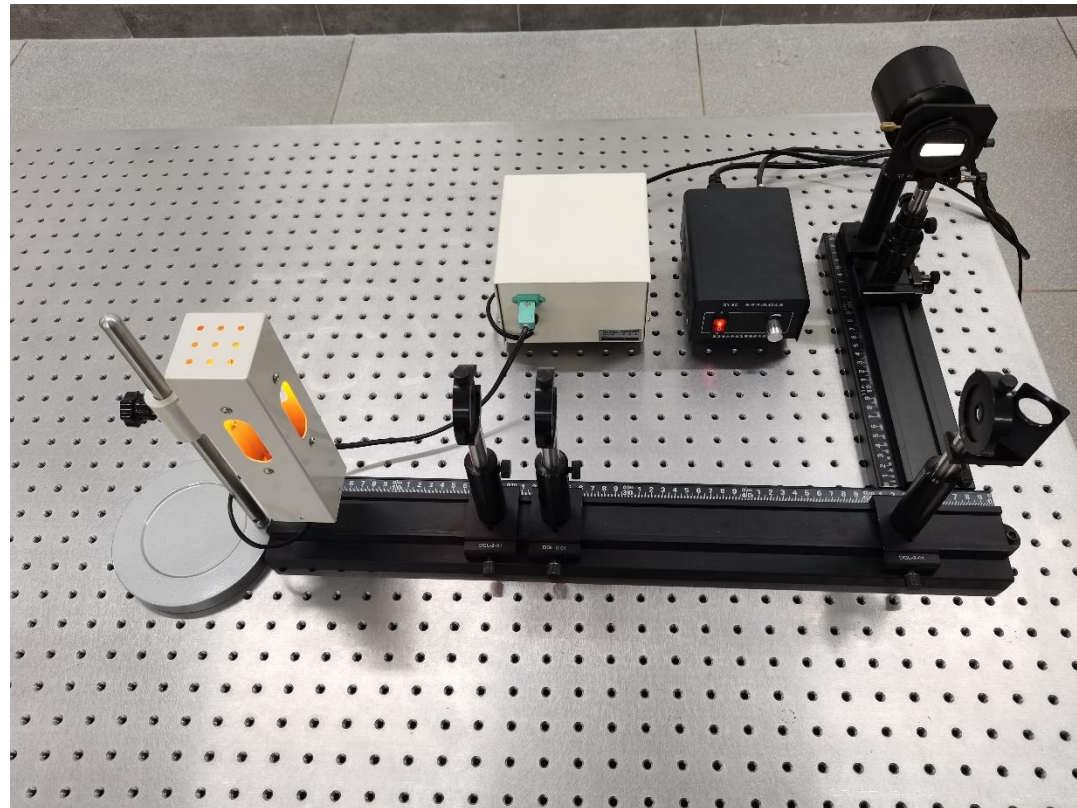


实验目的及内容

1. 了解显微镜和望远镜的工作原理及调节过程。
2. 掌握显微镜和望远镜放大率的测量方法。

实验器材

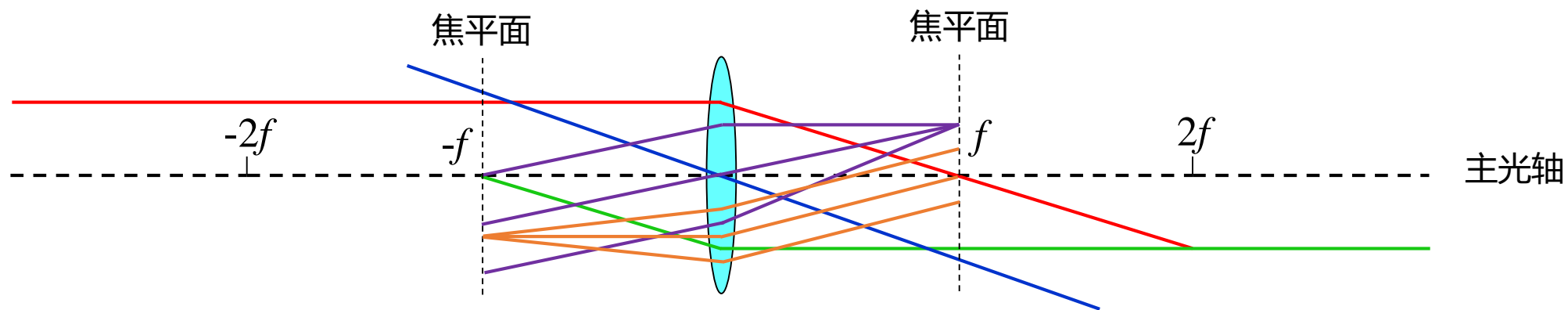
光学平台、滑轨、透镜、1/10 mm微尺、光学调节架、毫米尺、偏振片、光源。



实验原理



凸透镜对光线的作用



1. 平主过焦

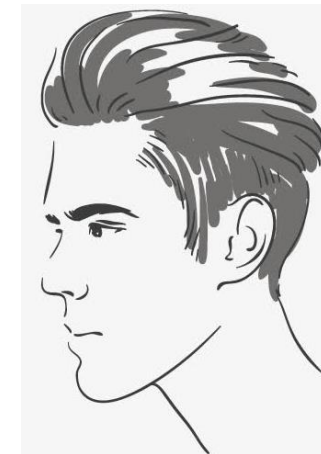
2. 过焦平主

3. 过心不变

4. 平行光会聚于焦平面

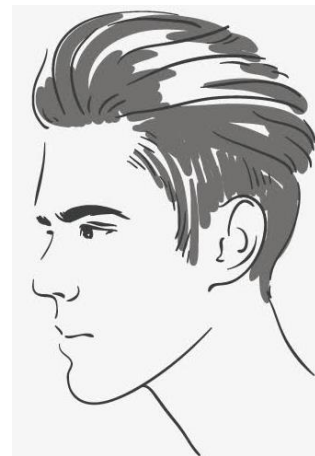
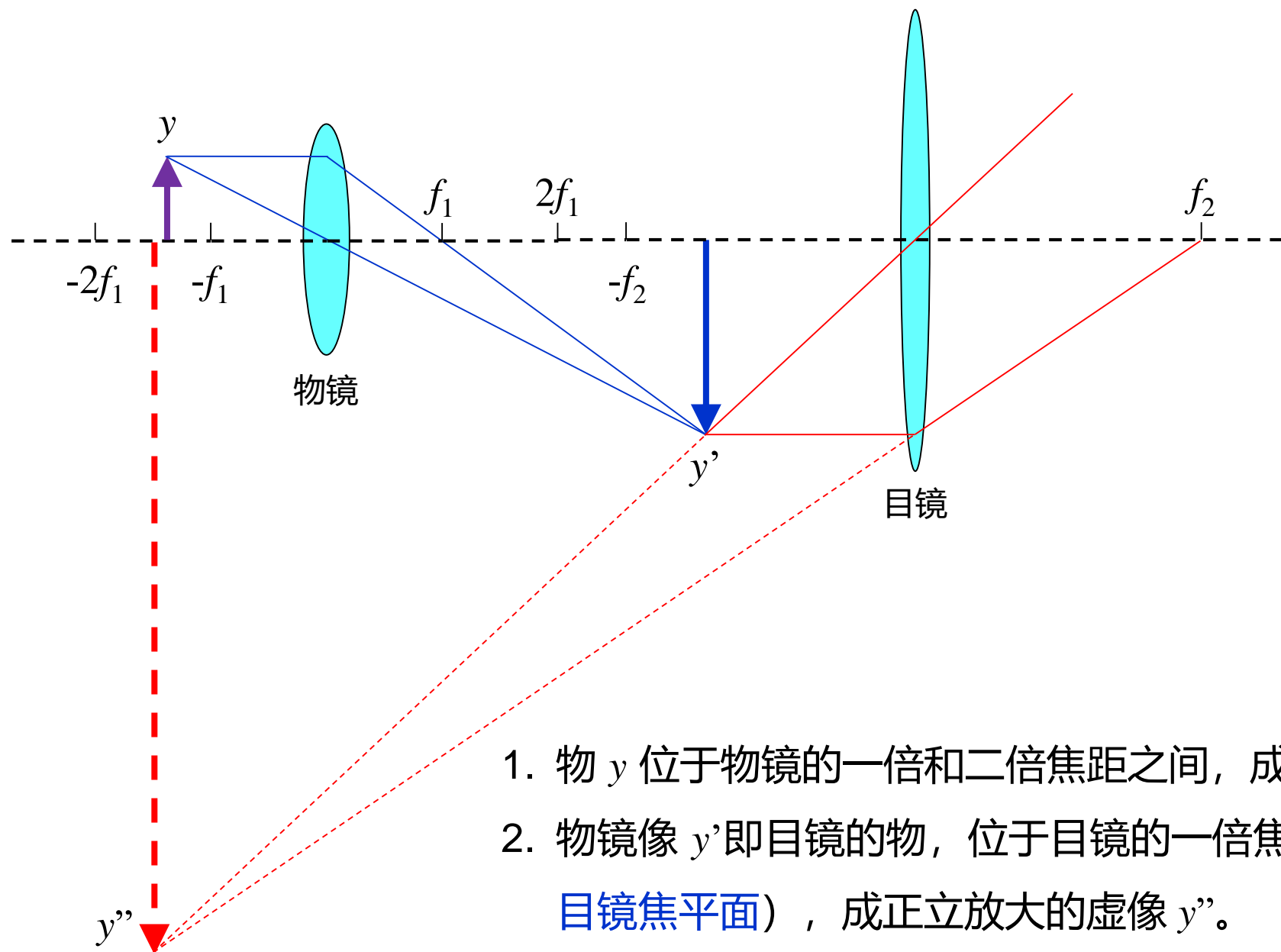
5. 焦平面上任意点发出的光成为平行光




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



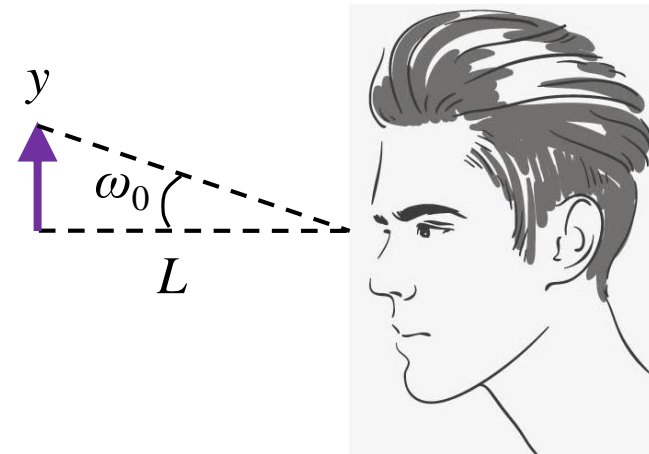
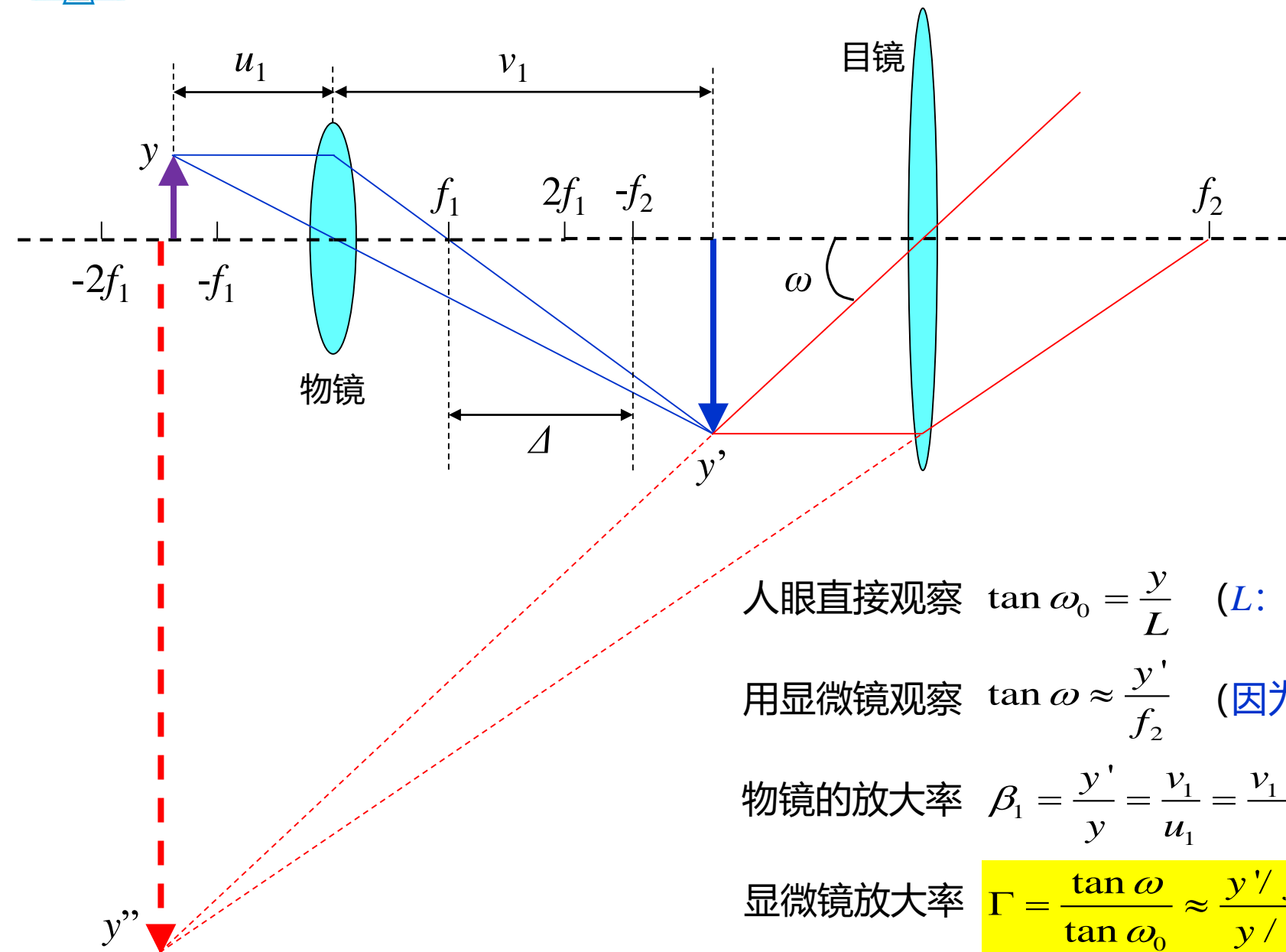
显微镜成像原理



1. 物 y 位于物镜的一倍和二倍焦距之间，成倒立放大的实像 y' 。
2. 物镜像 y' 即目镜的物，位于目镜的一倍焦距以内（非常靠近目镜焦平面），成正立放大的虚像 y'' 。



显微镜放大率



人眼直接观察 $\tan \omega_0 = \frac{y}{L}$ (L : 人眼明视距离, 约25cm, 视个人情况)

用显微镜观察 $\tan \omega \approx \frac{y'}{f_2}$ (因为物镜像 y' 非常靠近目镜焦平面)

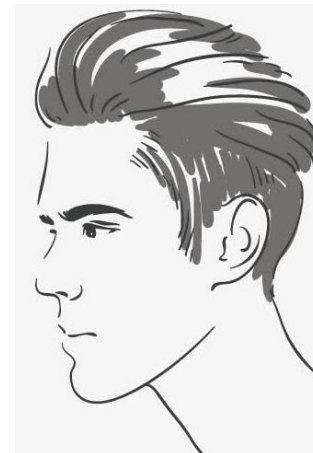
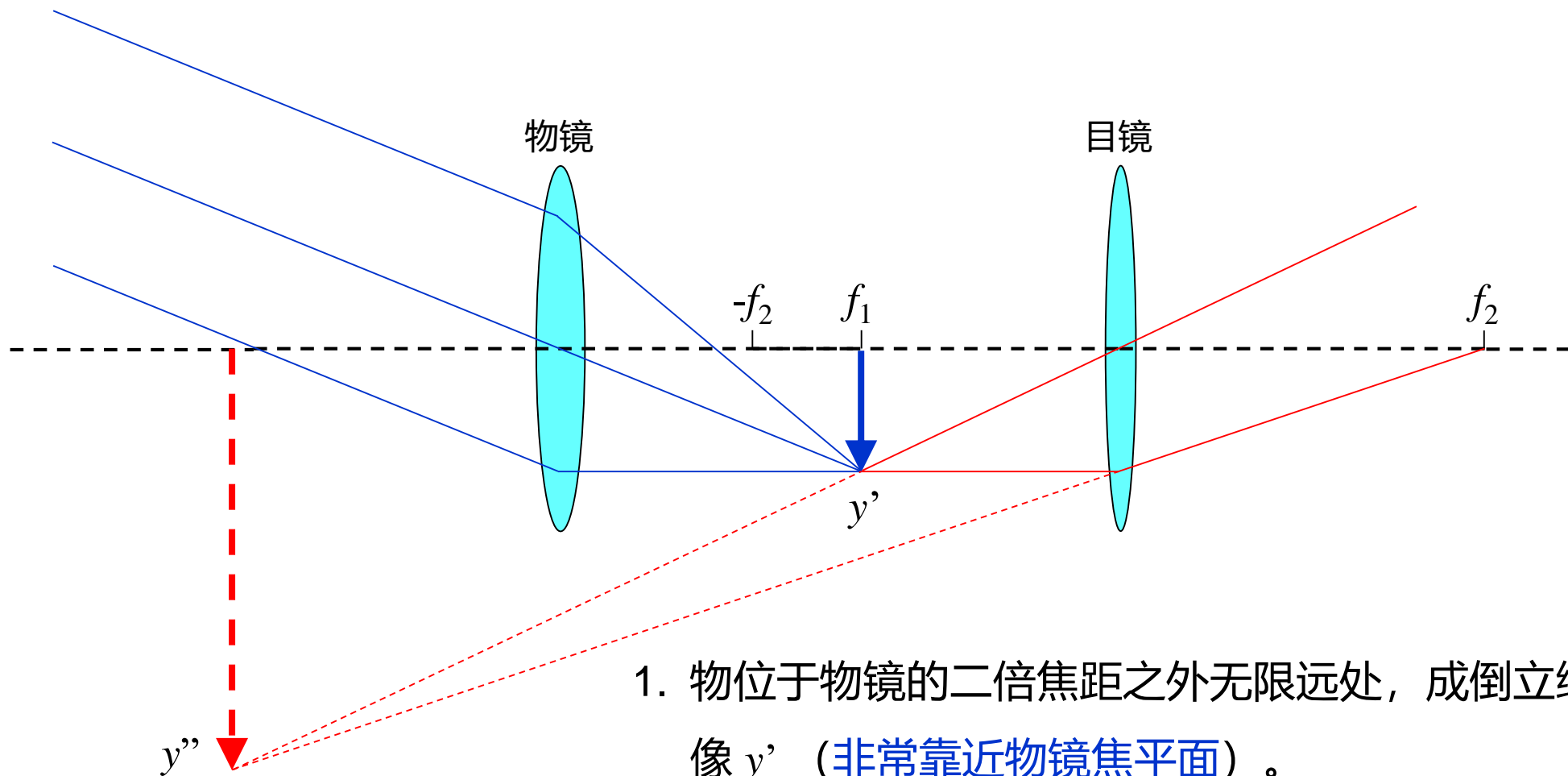
物镜的放大率 $\beta_1 = \frac{y'}{y} = \frac{v_1}{u_1} = \frac{v_1 - f_1}{f_1} \approx \frac{\Delta}{f_1} \longrightarrow y' \approx \frac{y \cdot \Delta}{f_1}$

显微镜放大率 $\Gamma = \frac{\tan \omega}{\tan \omega_0} \approx \frac{y' / f_2}{y / L} \approx \frac{L \cdot \Delta}{f_1 \cdot f_2}$





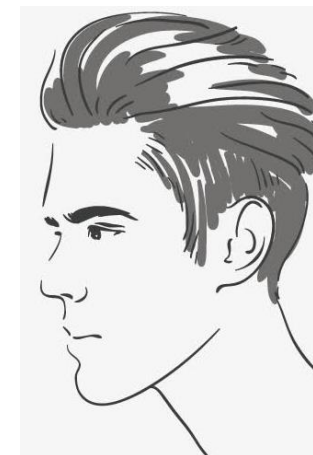
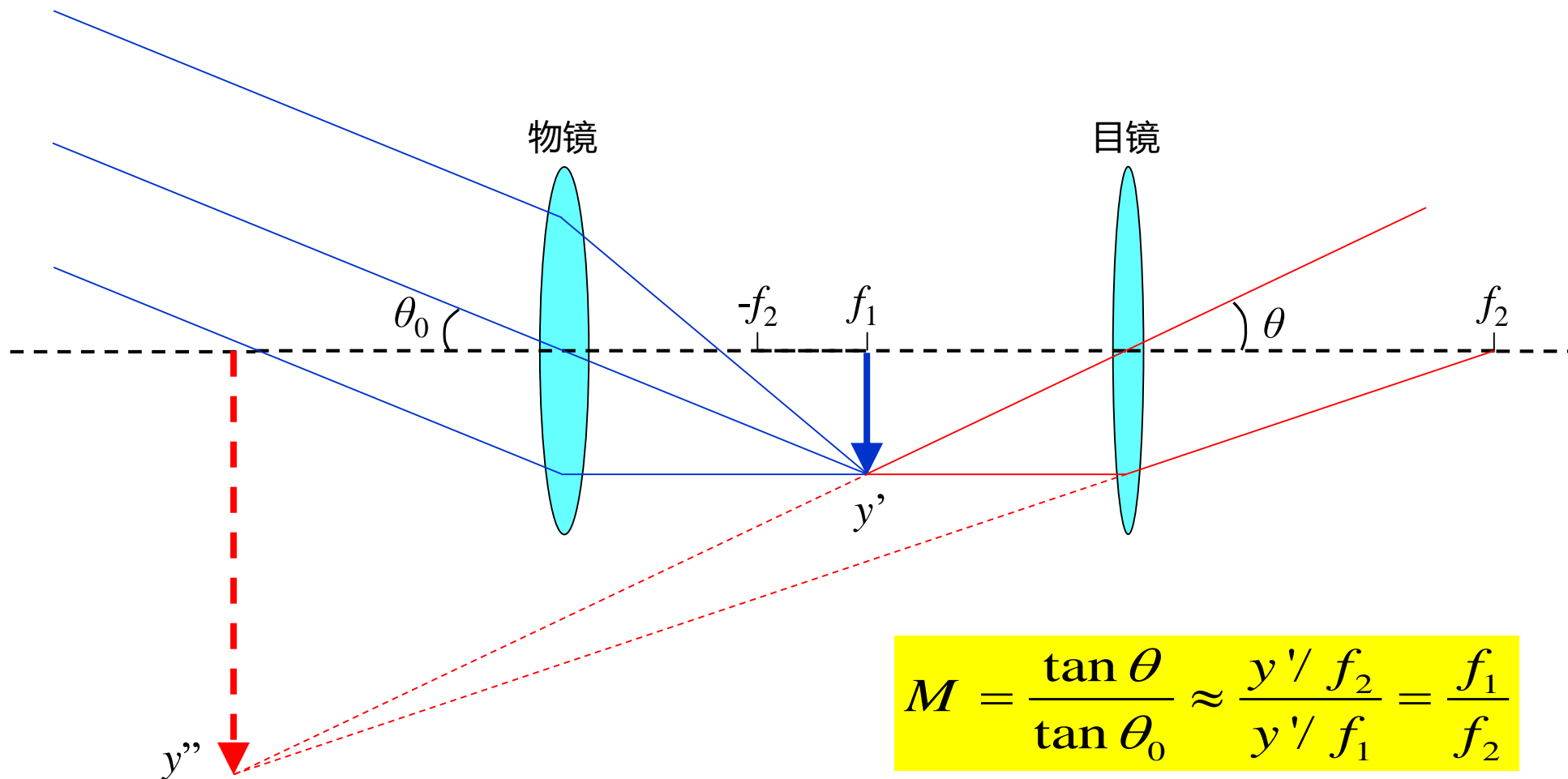
开普勒望远镜成像原理



1. 物位于物镜的二倍焦距之外无限远处，成倒立缩小的实像 y' （非常靠近物镜焦平面）。
2. 物镜像 y' 即目镜的物，位于目镜的一倍焦距以内（非常靠近目镜焦平面），成正立放大的虚像 y'' 。



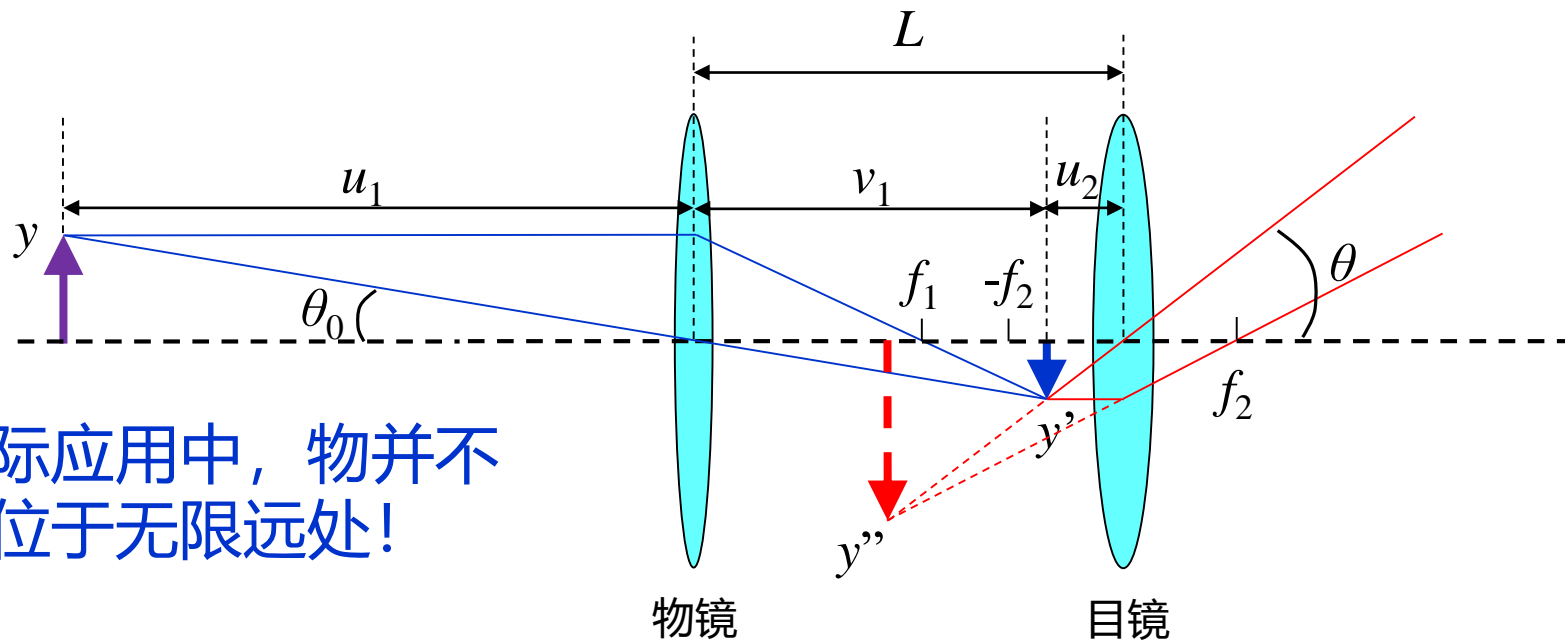
开普勒望远镜放大率



y' 非常靠近物镜的后焦面和目镜的前焦面 (f_1 和 $-f_2$ 位置几乎重合)



开普勒望远镜放大率修正



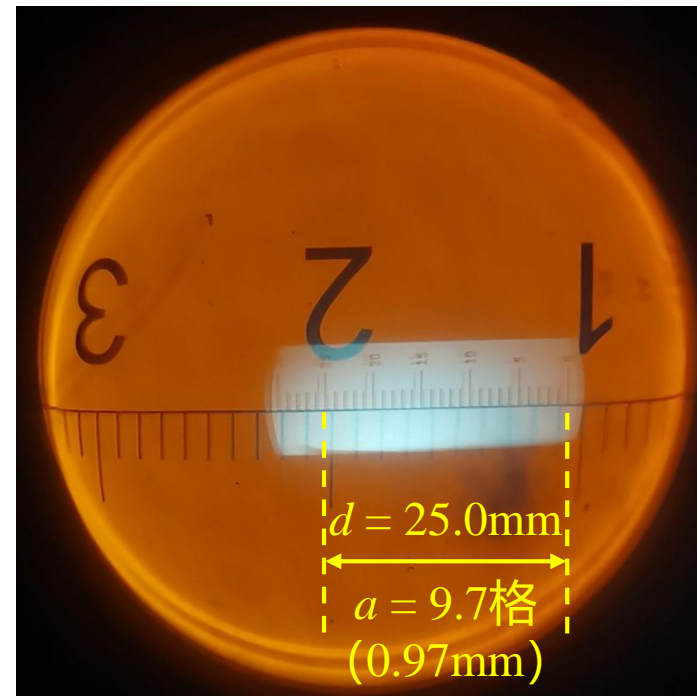
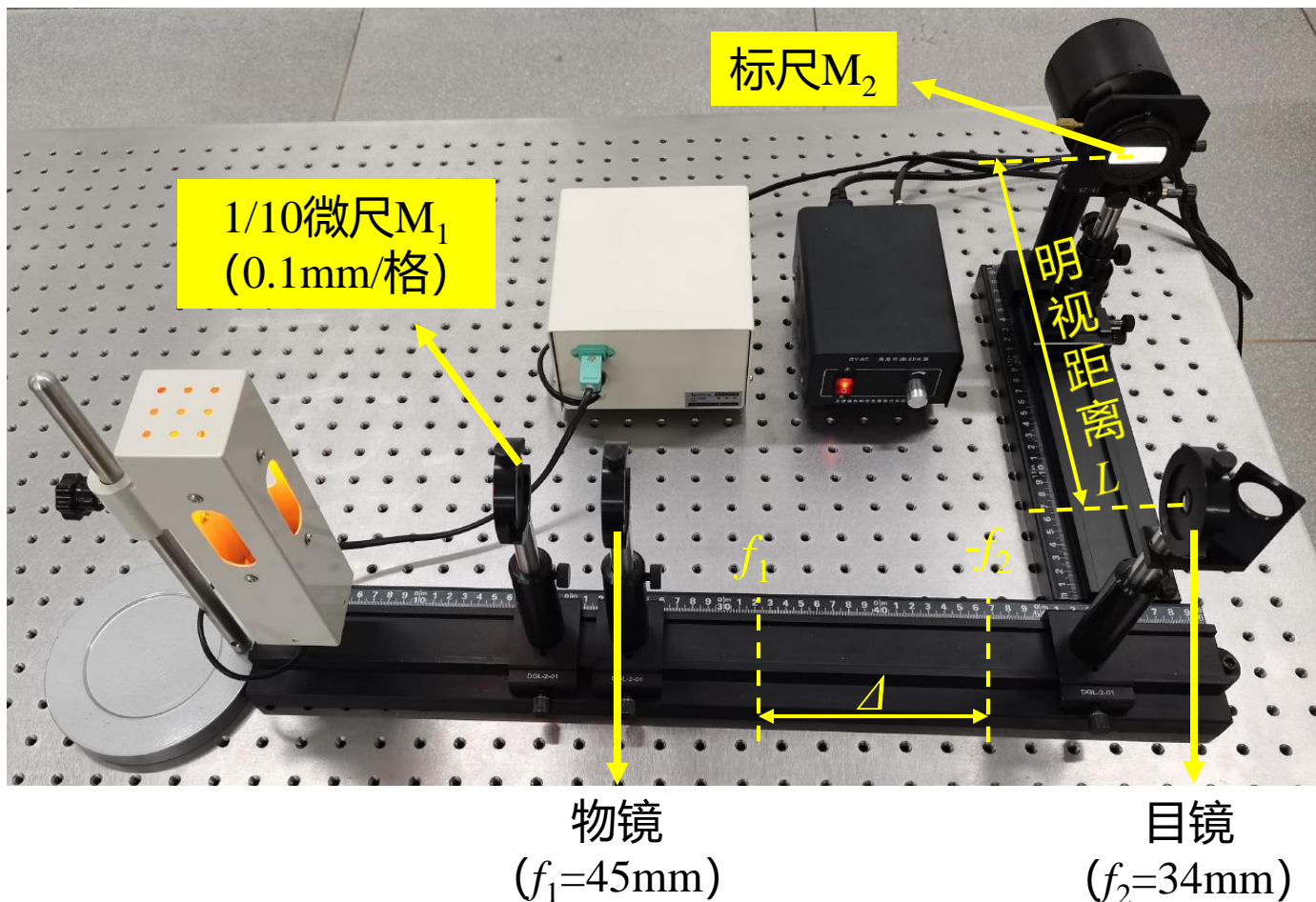
实际应用中，物并不是位于无限远处！

$$\left. \begin{aligned} \tan \theta_0 &= \frac{y}{u_1} \\ \tan \theta &= \frac{y'}{u_2} = \frac{y'}{L - v_1} \\ \frac{1}{u_1} + \frac{1}{v_1} &= \frac{1}{f_1} \end{aligned} \right\} M = \frac{\tan \theta}{\tan \theta_0} = \frac{u_1 \cdot f_1}{u_1 \cdot L - f_1 \cdot L - u_1 \cdot f_1}$$

实验操作



测显微镜放大率



读出未放大的 M₂ 像距离 d
所对应的 M₁ 像的格数 a

放大率计算值 $\Gamma_1 = \frac{L \cdot \Delta}{f_1 \cdot f_2}$

放大率测量值 $\Gamma_2 = \frac{d}{a \times 0.1\text{mm}}$

测显微镜放大率数据记录

序号	物镜位置 x_1 (mm)	目镜位置 x_2 (mm)	1/10微尺 M_1 位置 x_3 (mm)	明视距离 L (mm)	光学筒长 $\Delta = x_1 - x_2 - f_1 - f_2$ (mm)	d (mm)	d 对应的 格数 a	放大率 Γ	
								计算值	测量值
1	298.0	70.0	358.0	260.0	149.0	25.0	9.7	25.32	25.77
2									
3									
4									
5									

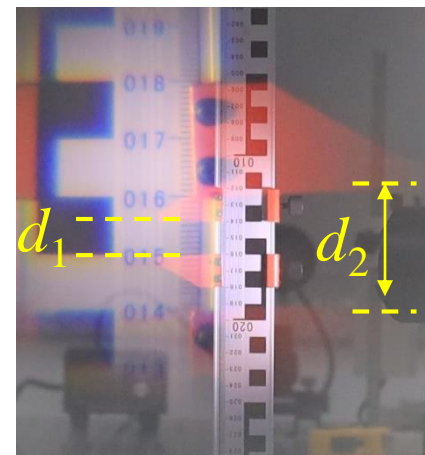
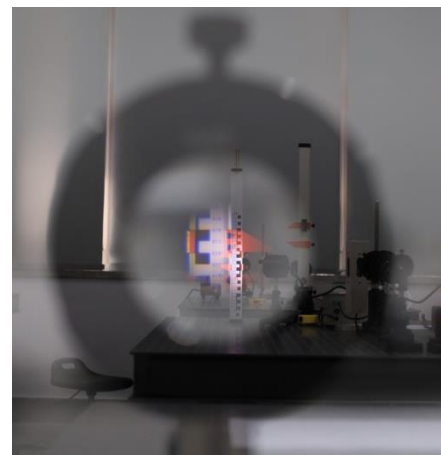
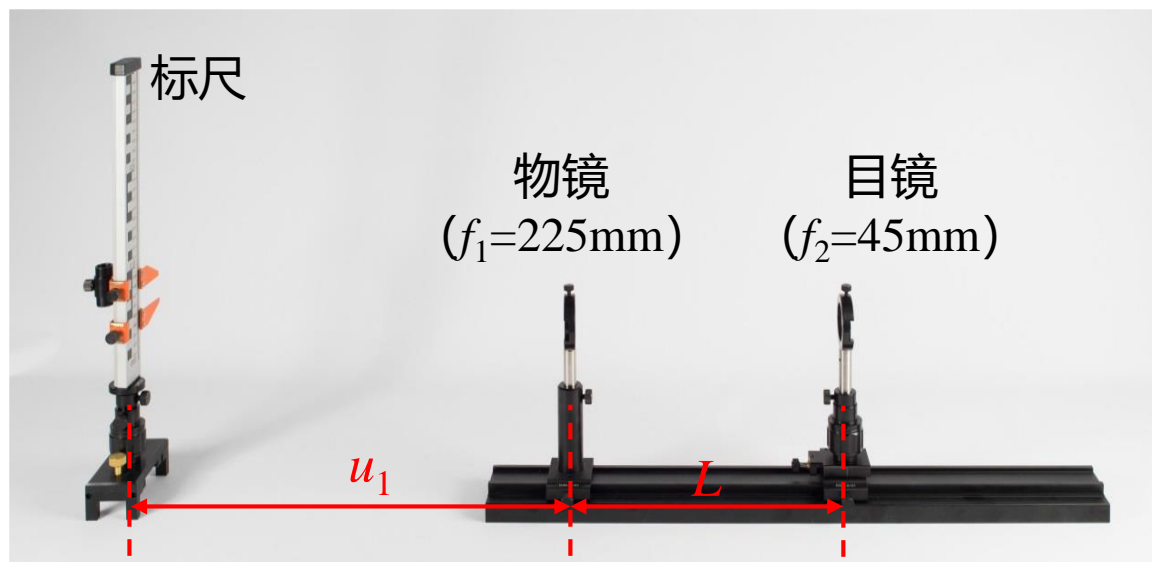
放大率计算值 $\Gamma_1 = \frac{L \cdot \Delta}{f_1 \cdot f_2}$

$f_1 = 45\text{mm}$

放大率测量值 $\Gamma_2 = \frac{d}{a \times 0.1\text{mm}}$

$f_2 = 34\text{mm}$

测开普勒望远镜放大率



1. 固定目镜位置不动，标尺距离物镜约1.5~3米，固定红色指标间距为 d_1 （例如取 $d_1=10.0\text{mm}$ ），前后仔细调节物镜位置，直到能从目镜中观察到清晰的标尺像。
2. 经适应性练习，获得被望远镜放大的和直观的标尺的叠加像(通过仔细调节望远镜目镜的高矮和光轴的方向取得)，再测出放大的红色指标内直观标尺的长度 d_2 （最好两位同学配合测量）。
3. 放大率测量值 $M_1=d_2/d_1$ ，与修正后的计算值 $M_2=[u_1 f_1/(u_1 L - f_1 L - u_1 f_1)]$ 进行比较。

测开普勒望远镜放大率数据记录

序号	物镜位置 x_1 (mm)	目镜位置 x_2 (mm)	目镜和物镜间距 $L= x_1-x_2 $ (mm)	标尺距离物镜的距离 u_1 (mm)	红色指标间距 d_1 (mm)	d_2 (mm)	放大率 M	
							测量值	计算值
1	410.0	100.0	310.0	1525.0	10.0	58.0	5.80	5.73
2								
3								

放大率计算值

$$M = \frac{u_1 \cdot f_1}{u_1 \cdot L - f_1 \cdot L - u_1 \cdot f_1}$$

$(f_1=225\text{mm})$

谢谢