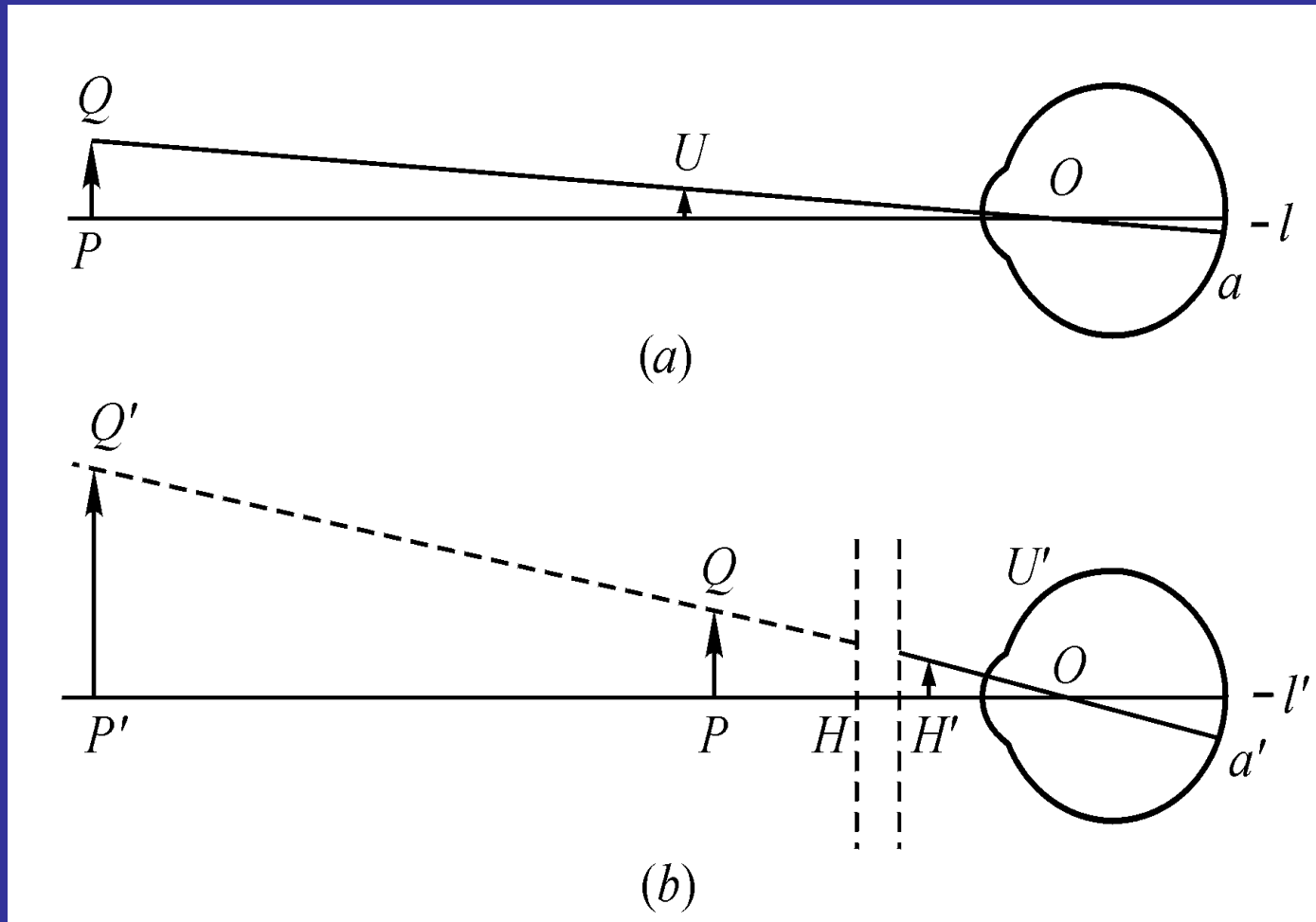


第二节

放大镜、放大本领

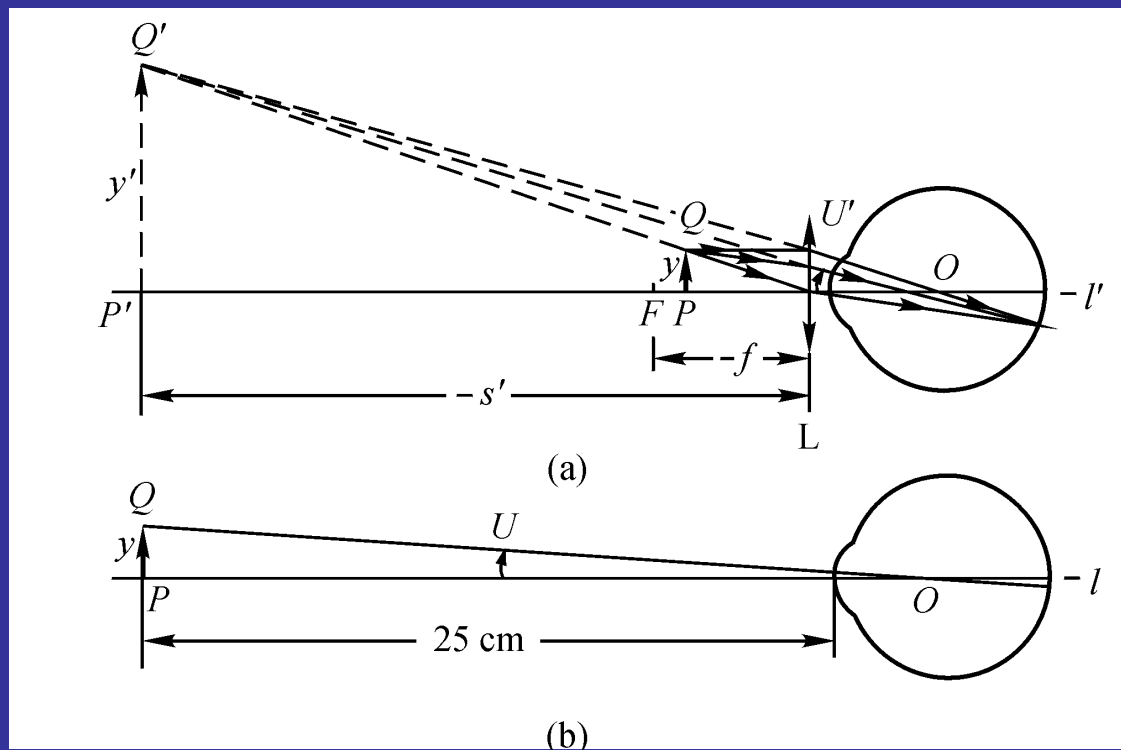
借助于放大镜or显微镜，使物体的细节对眼睛所张的视角大于眼睛的极限分辨率



放大本领

☀ 定义:

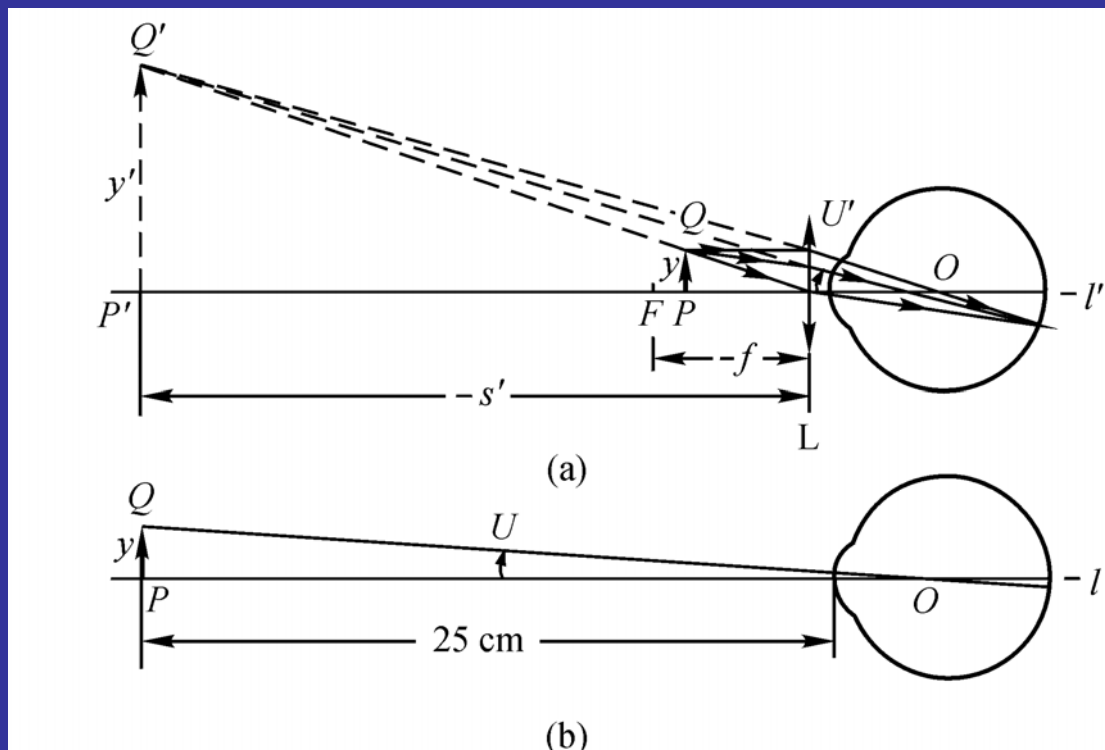
$$M = \frac{l'}{l} = \frac{\tan U'}{\tan U} \approx \frac{U'}{U}$$



为仪器的放大本领，它等于视角之比，即像对眼的张角 U' 与物体直接对眼的张角 U 之比。

位于明视距离
(25cm)处, 物
体经透镜成一放
大虚像 $P'Q'$ 对
眼的视角为

$$U \approx \frac{y'}{-s'} \approx \frac{y}{-f} = \frac{y}{f'}$$



不用透镜而物体置于明视距离处, 物对瞳孔的视角为

$$U = \frac{y}{25\text{cm}}$$

若 $f' = 10\text{cm}$

★ 放大本领 $M = \frac{U'}{U} = \frac{2s}{f'}$

则: $M = 2.5x$

三 目镜

1、目镜的作用

目镜也是放大视角用的仪器。通常放大镜用来直接放大实物，而目镜则用来放大其它光具组所成的象。复杂的助视光学仪器总是包括物镜和目镜两部分。目镜通常由不相接触的两个薄透镜组成，面向物体的透镜称为场镜，接触眼睛者称为视镜。常配备一块分划板，板上包含一组叉丝或透明刻度尺，以提高测量的精度。

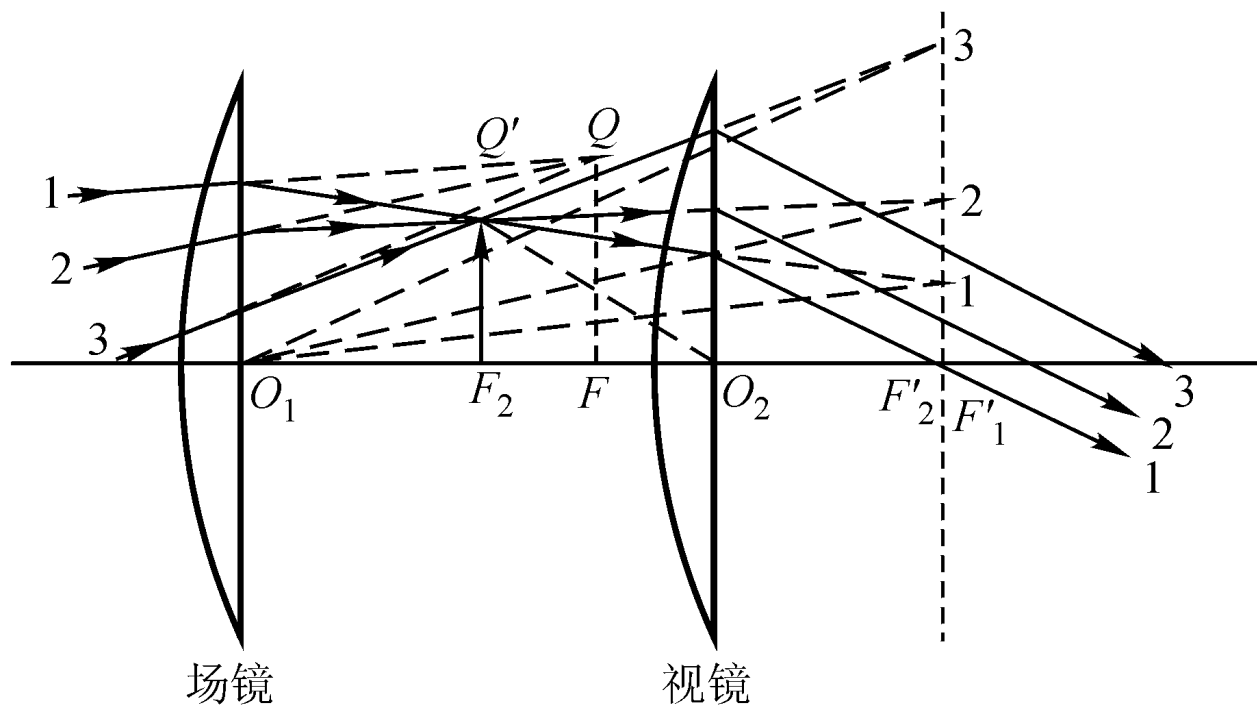
1. 惠更斯目镜 (Huygens eyepiece)

★ 结构

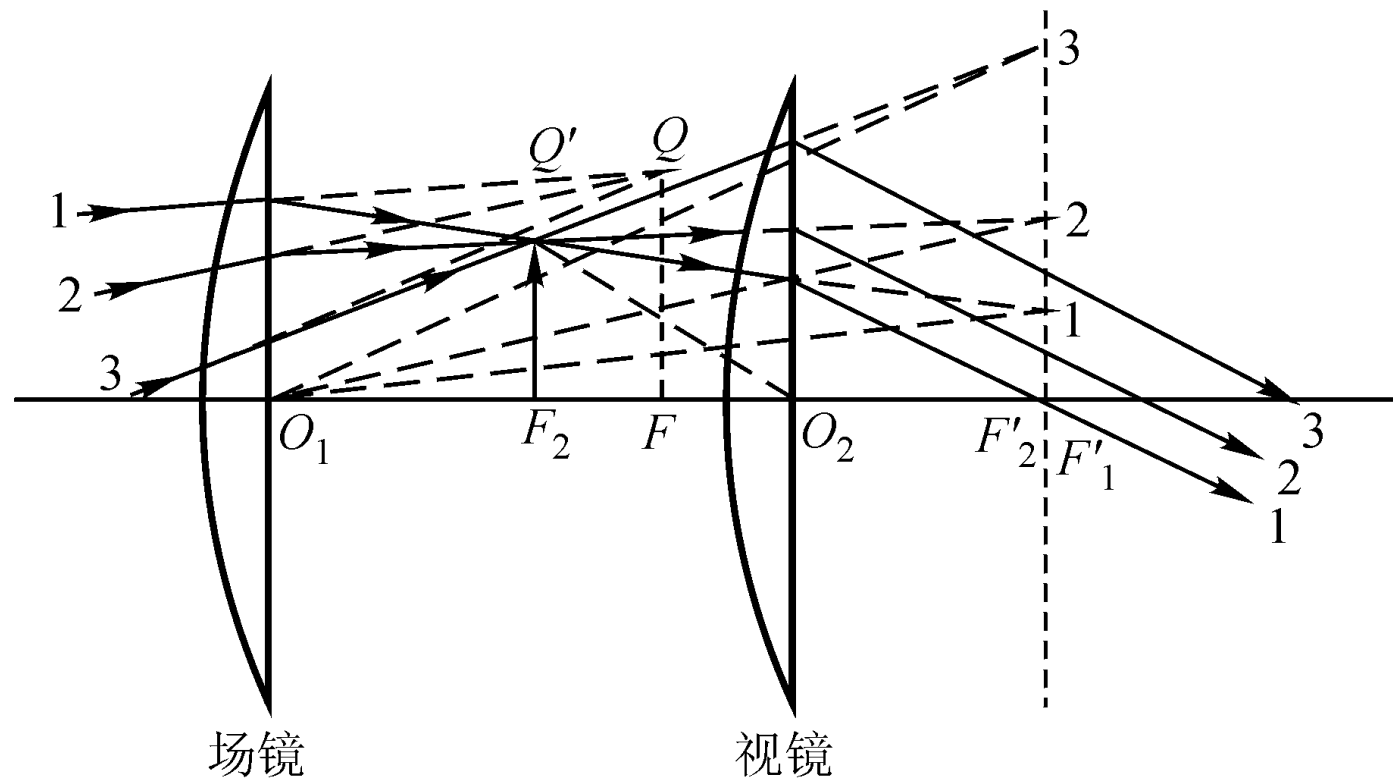
两个同种玻璃的平凸透镜组成，场镜和视镜都是凸面向着物镜。场镜的焦距等于视镜焦距的 3 倍，两者间的距离等于视镜焦距的 2 倍。

$$f_1' = 3f_2'$$

$$d = 2f$$



★ 光路图

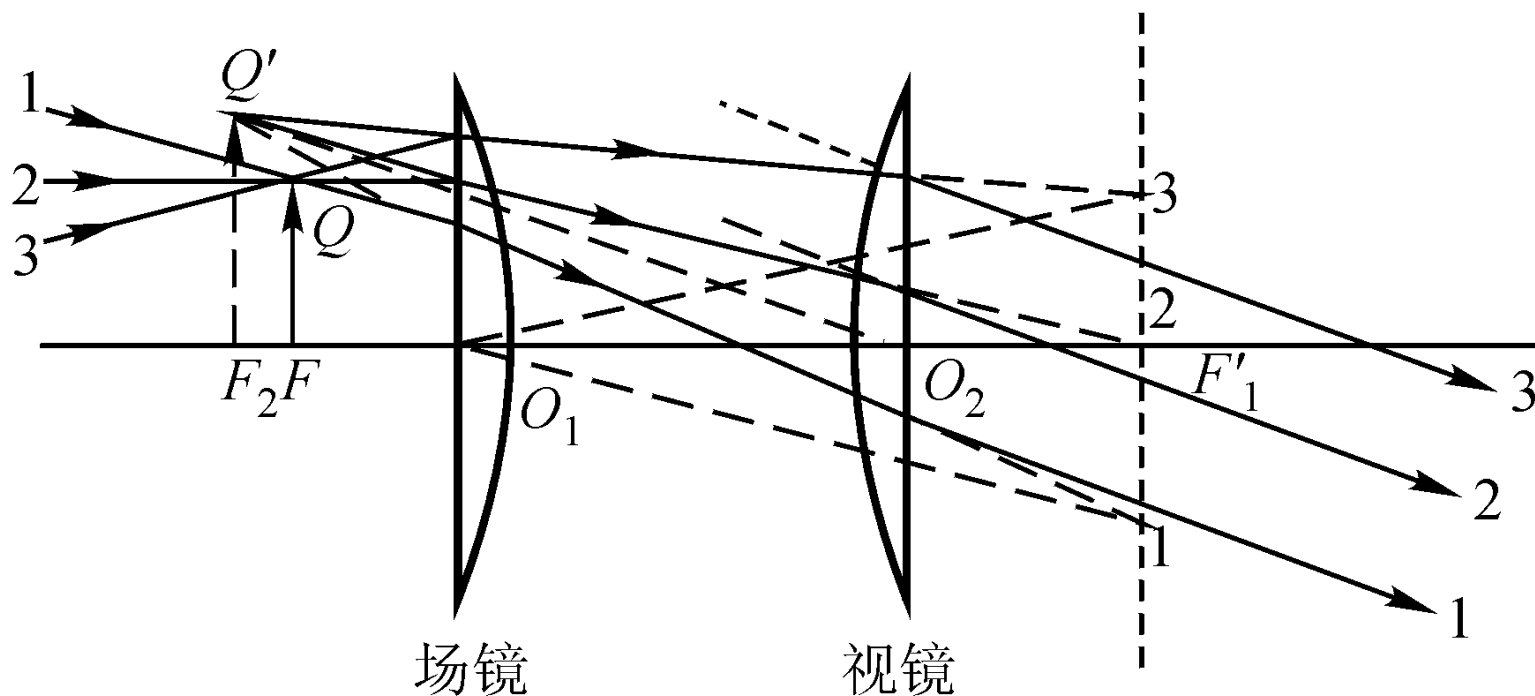


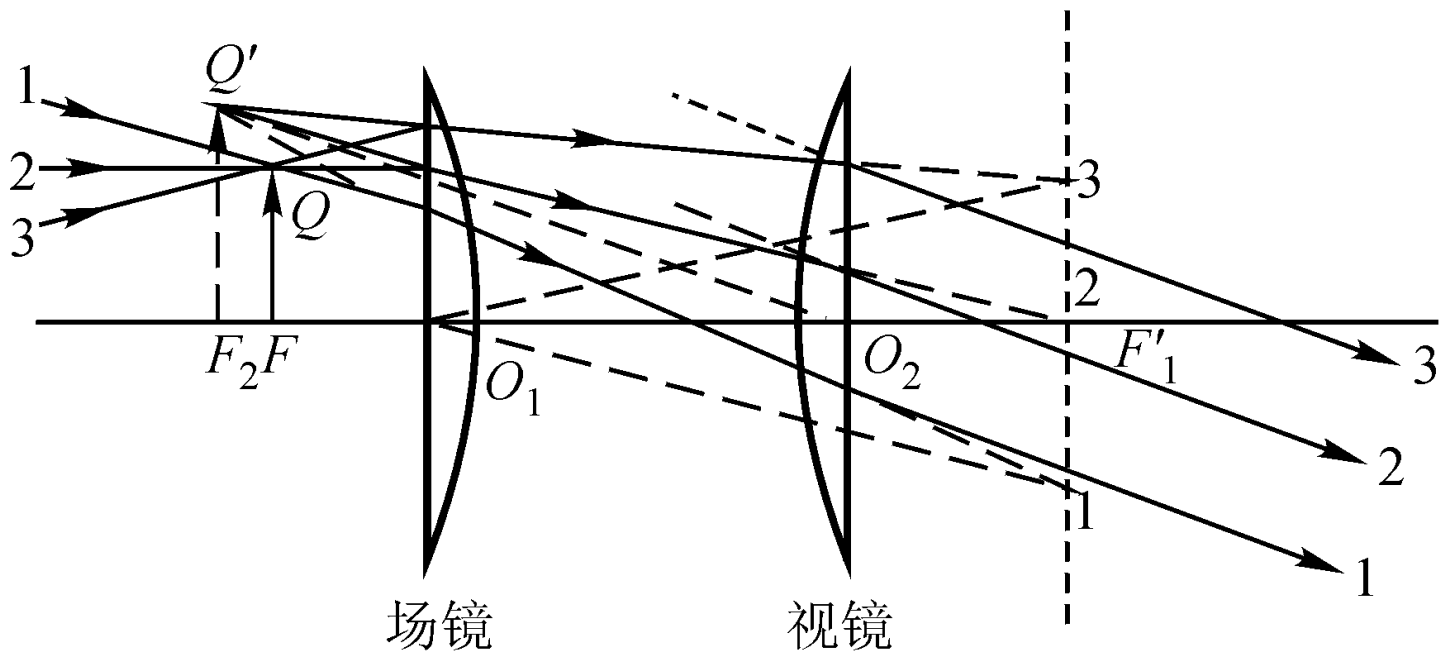
由物镜射来的会聚光束 Q 为虚物，经Huygens目镜成实像 Q' ， Q' 恰好落在视镜的物方焦平面上。 Q 在整个目镜的物方焦平面上，叉丝或刻度尺应装于 Q' ，使它们的像和目的物的像在眼睛视网膜上同一点出现。

2. 冉斯登目镜 (Ramsden eyepiece)

☀ 结构

两个同种玻璃的平凸透镜组成，两者焦距相等，凸面相向，平面向背，两透镜间距等于每一透镜焦距的 $2/3$ ， $f_1' = f_2'$ ， $d = (2/3)f_1'$



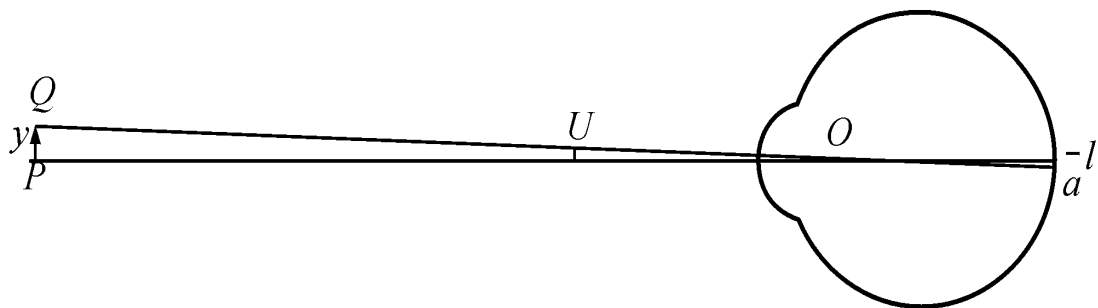
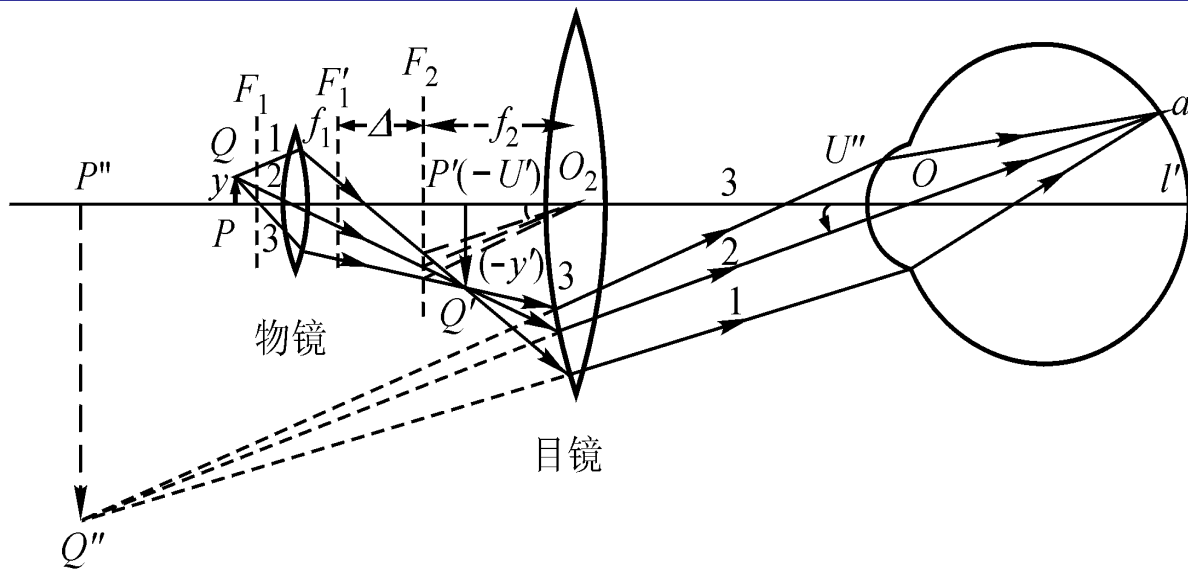


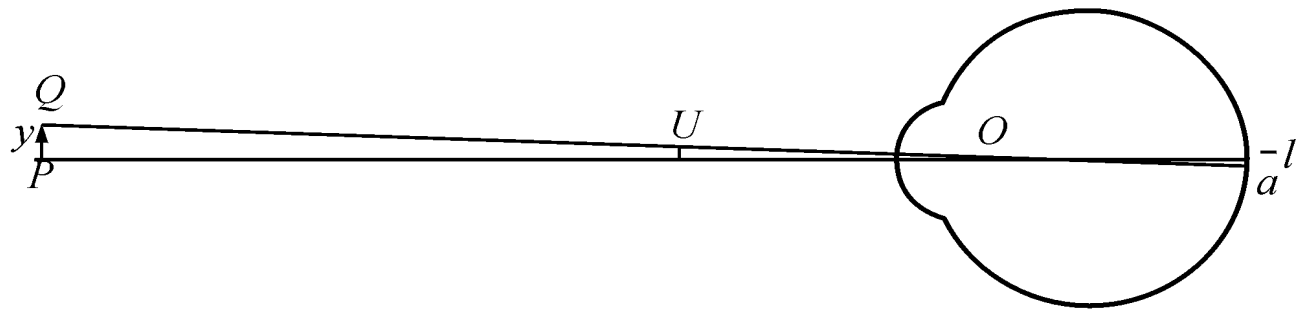
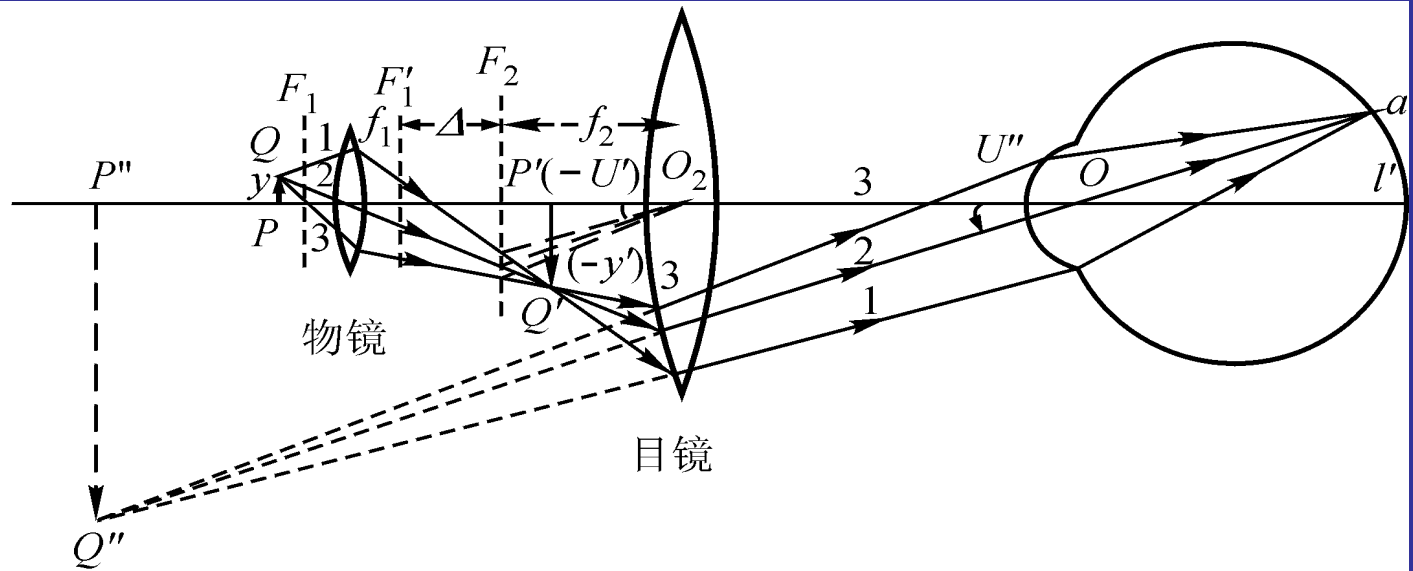
☀ 光路

从物镜射来的光束形成实像 FQ 由场镜折射成虚像 F_2Q' 。如果要使最后的像位于无限远，则可调节物镜的位置，使 F_2Q' 恰好落在视镜的物方焦平面上，此时物点 Q 正好落在目镜的物方焦平面 F 上，分划板装置在这个平面上，用于对被观察物或物镜所成的实像进行测量。

三 显微镜

1. 光路图



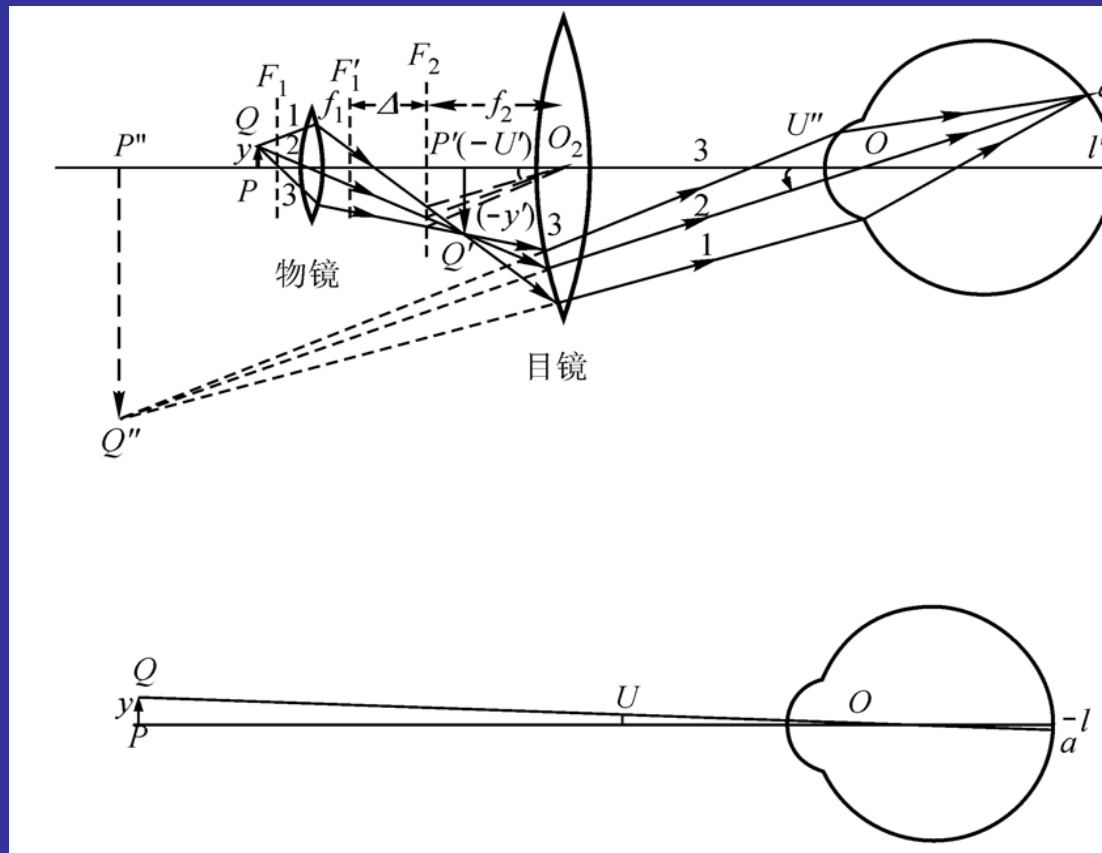


物 PQ 置于物镜的物方焦平面 F_1 之外附近，经物镜成放大实像 $P'Q'$ ，再经目镜放大，明视距离处成虚像 $P''Q''$ 。

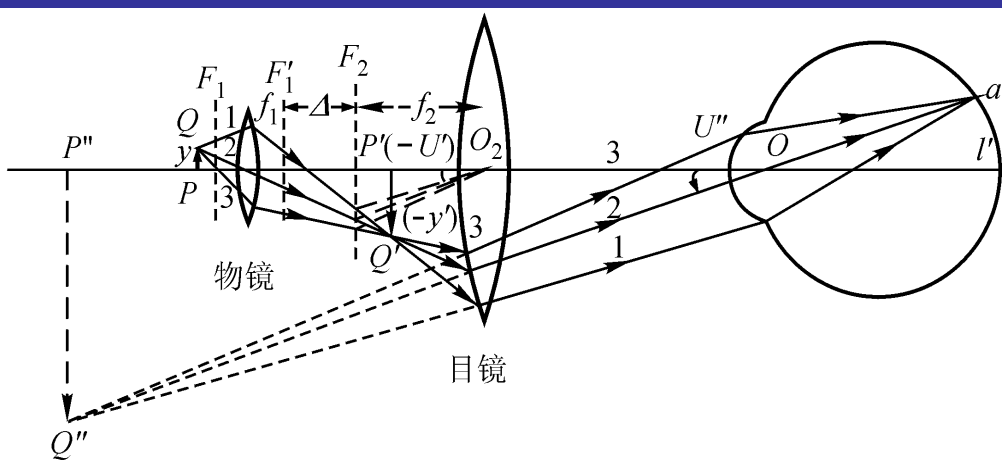
设显微物镜和目镜的焦距依次为 f_1' 和 f_1' ，物镜象方焦点取到目镜物方焦点 F_2 之间的距离(即光学间隔)为 Δ 。物体 PQ 置于 F_1 附近，物距 $s \approx f_1$ ，经物镜成象于 $P'Q'$ 。设象距为 s' ，物长 $PQ = y$ 象长 $P'Q' = -y'$ ，则物镜的横向放大率为

$$\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s} = \frac{s'}{f_1} = \frac{s'}{-f_1'} = -\frac{s'}{f_1'}$$

即 $y' \approx -y \frac{s'}{f_1'}$

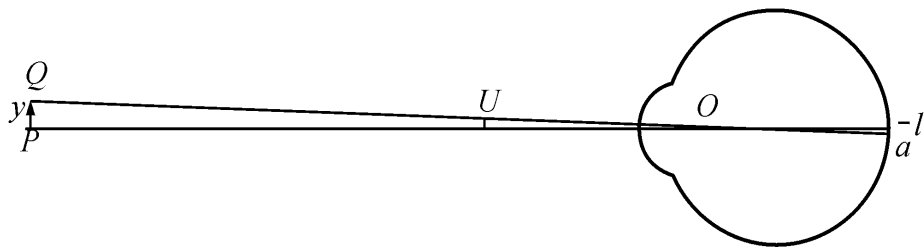


$$y' \approx -y \frac{s'}{f_1'}$$



$P'Q'$ 对 O_2 点所张的角：

$$-U' \approx \frac{-y'}{-f_2'} = -\frac{ys'}{f_1'f_2'}$$



欲使物镜所成的象大，物镜的焦距 f_1' 必须很短。

目镜将 $P'Q'$ 放大，目镜的焦距 f_2' 也必须很短。

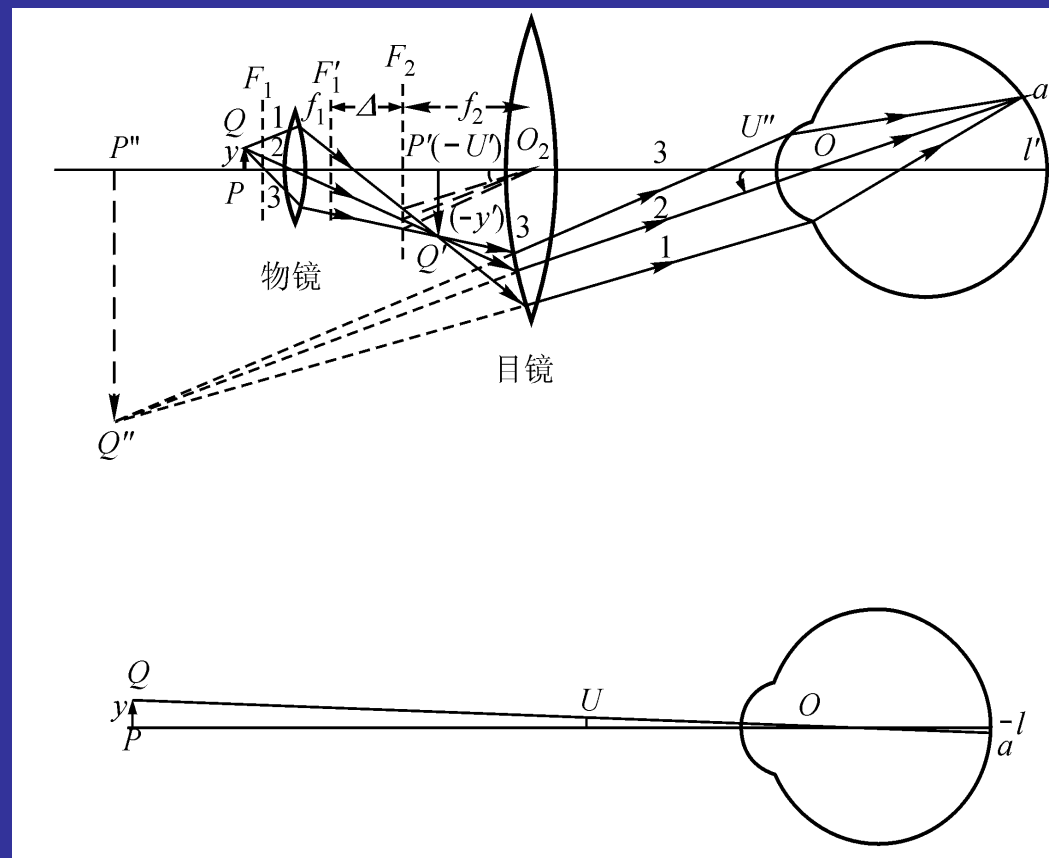
要使最后的象大，应使 $P'Q'$ 的位置尽量地靠近目镜物方焦平面 F_2 ，

象P''Q''在O(眼睛)
点所张的视角U''，

$$U'' \approx U' = -\frac{ys'}{f_1' f_2}$$

不用显微镜而直接看
位于明视距离处的
这个物体，视角为

$$U \approx \frac{y}{25\text{cm}}$$



2. 放大本领

$$M = \frac{U''}{U} \approx -\frac{25\text{cm} \times s'}{f_1' f_2'}$$

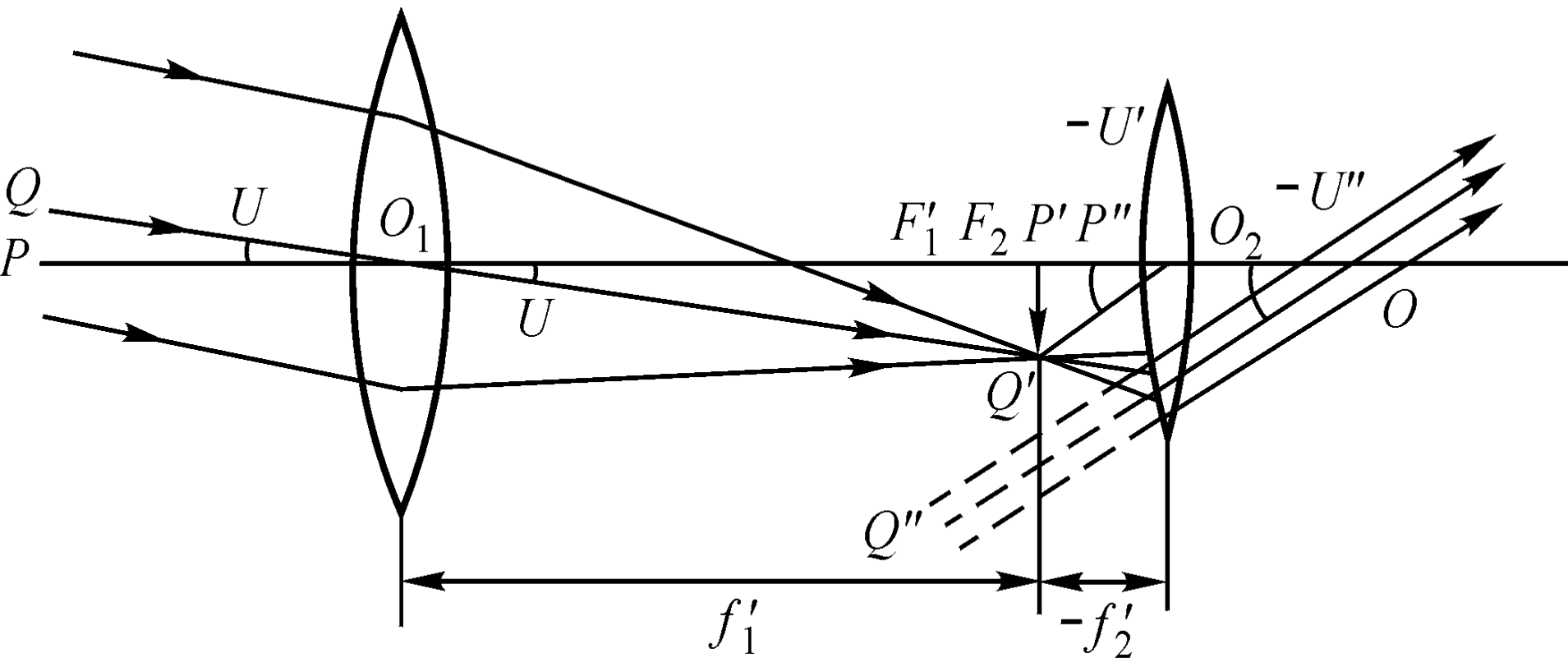
$s' \approx \Delta$ (光学间隔) $\approx l$ (镜筒之长)

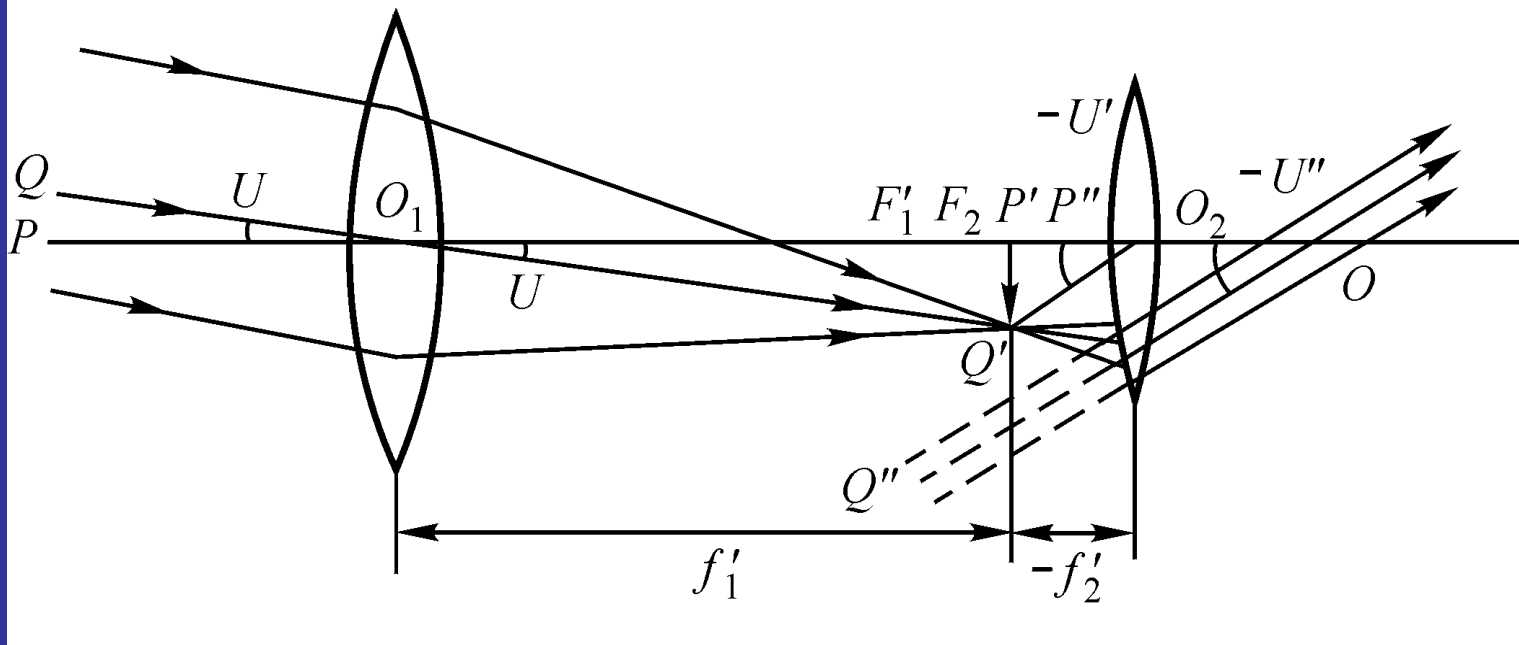
所以 $M \approx \left(-\frac{l}{f_1'}\right) \times \left(\frac{25\text{cm}}{f_2'}\right) =$ (物镜的横向放大率) \times

(目镜的放大本领)

四、望远镜的放大本领

1. 开普勒望远镜 (Kepler telescope)



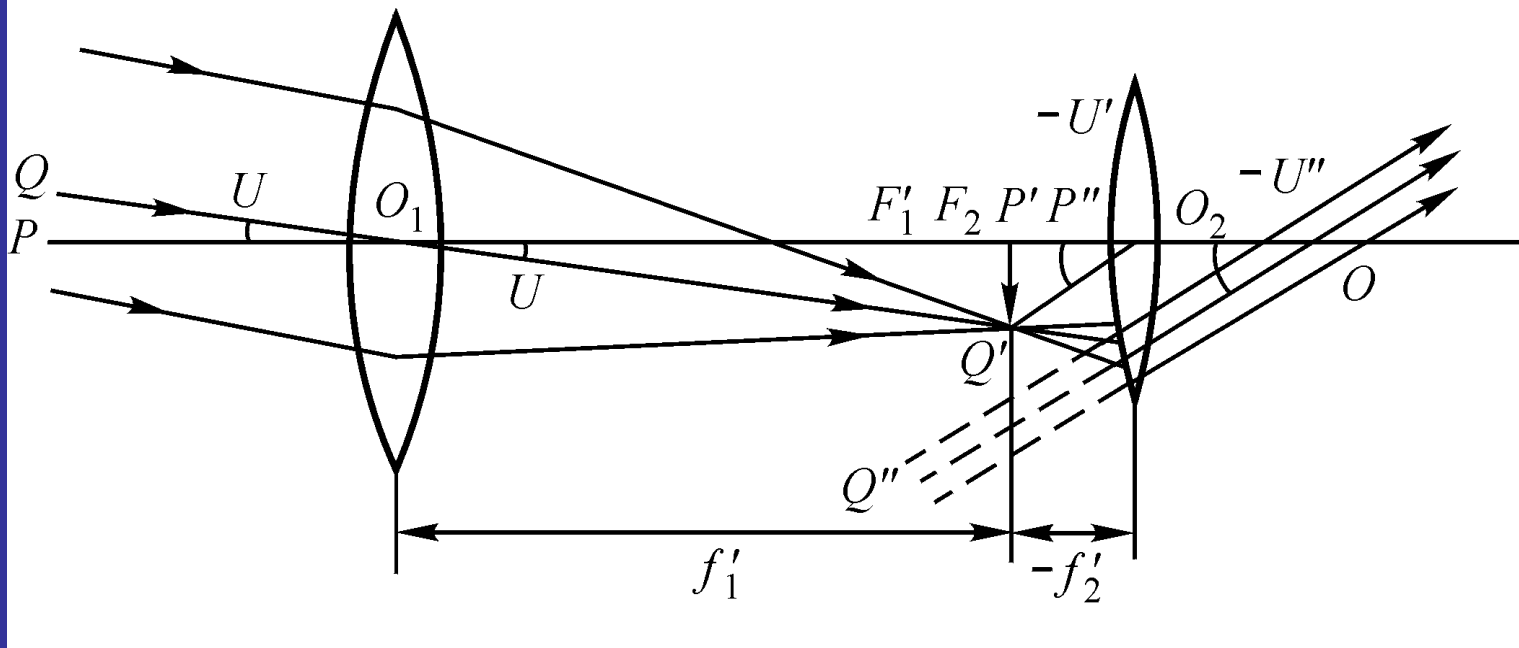


● 结构:

物镜和目镜所构成的天文望远镜，物镜像方焦点 F_1' 和目镜的物方焦点 F_2 重合。

● 光路: $Q \rightarrow Q' \rightarrow Q''$

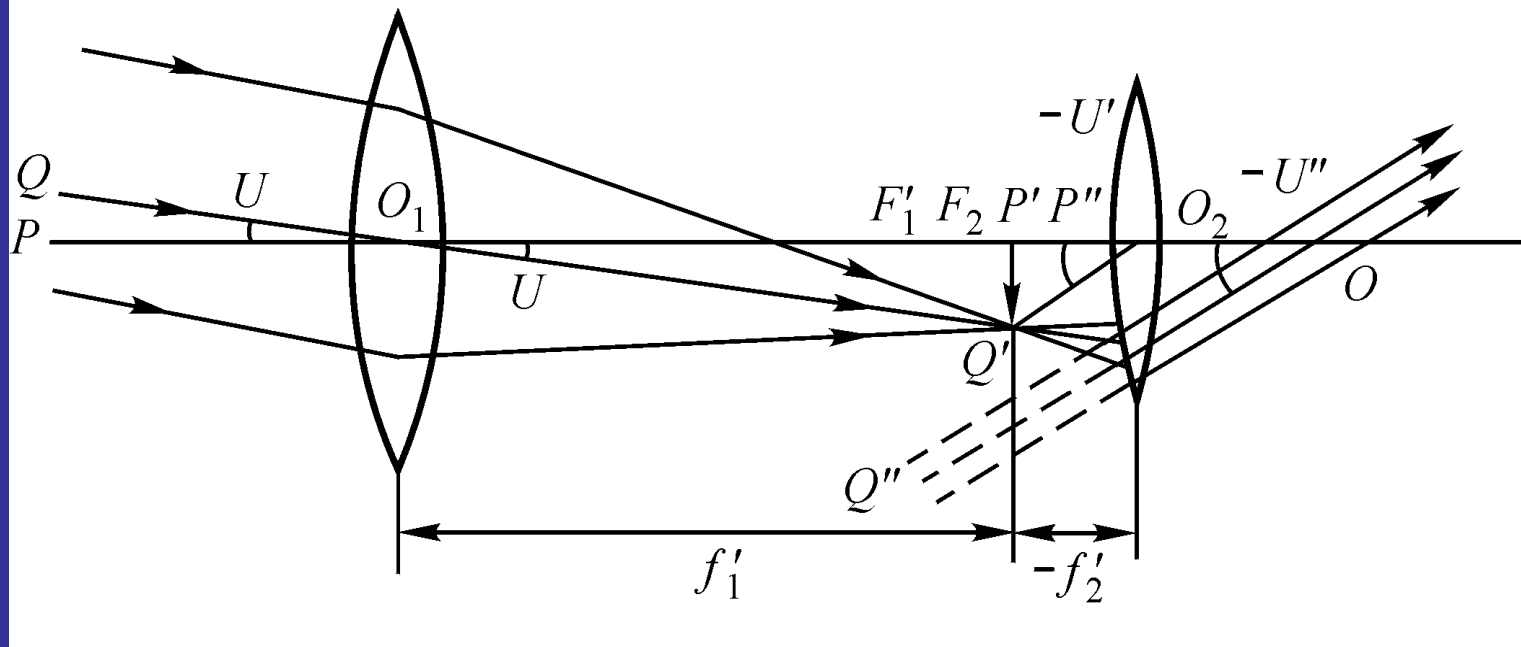
远物 Q 经物镜会聚于 Q' ，再经目镜后成像 Q'' 位于无限远处。



● M :

$$U = \angle P'' O Q'' = -U' = \angle P' O_2 Q' \approx \frac{P' Q'}{-f_2} = \frac{-y'}{f_2}$$

$$M_{\text{目}} = \frac{U''}{U} = \frac{f_1'}{f_2} = -\frac{f_1'}{f_2'}$$



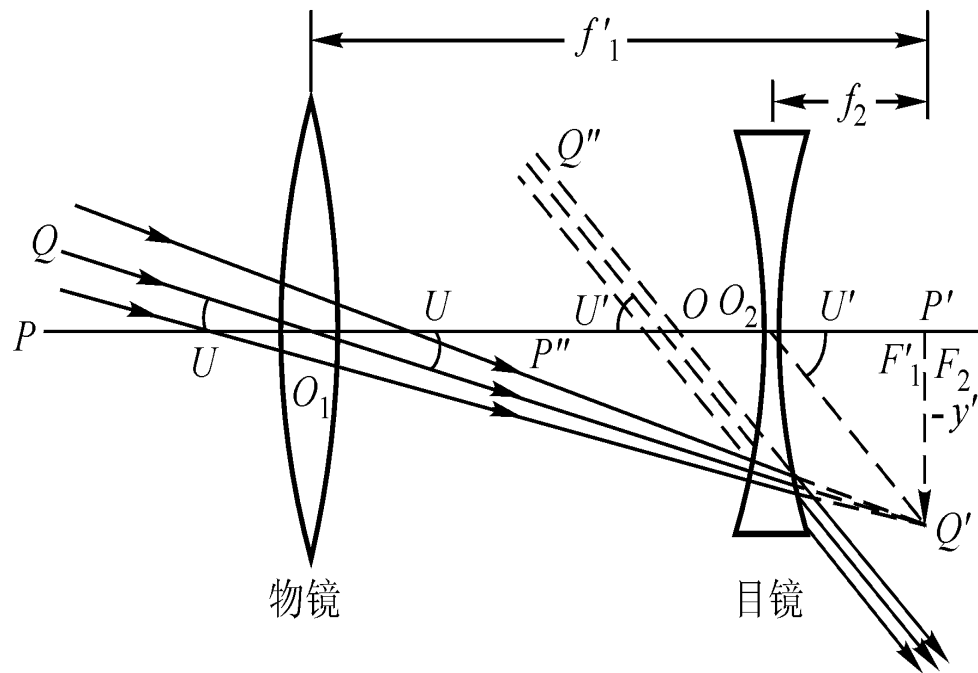
● 结论

物镜的焦距 f_1' 越长，目镜的焦距 f_2' 越短，则望远镜的放大本领就越大， M 为负值，故形成的是倒立的像。

2. 伽利略望远镜

● 结构

发散透镜作目镜，
会聚透镜作物镜，
物镜的像方焦点
和目镜的物方焦
点重合。

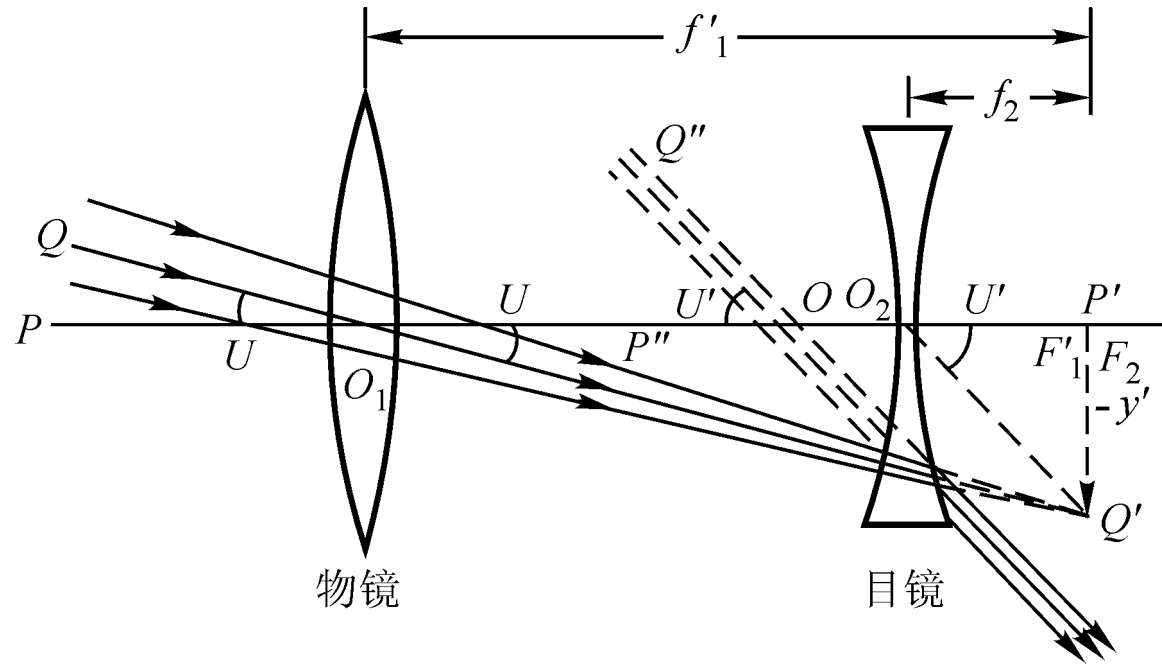


● 光路 $Q \rightarrow Q' \rightarrow Q''$

远物 Q 射来的平行光束，经物镜会聚后，原来应成实像于 Q' ，这对于目镜来说应作虚物，最后成正立像 $P''Q''$ 于无穷远处。

● M

不用与用望远镜时的视角分别为

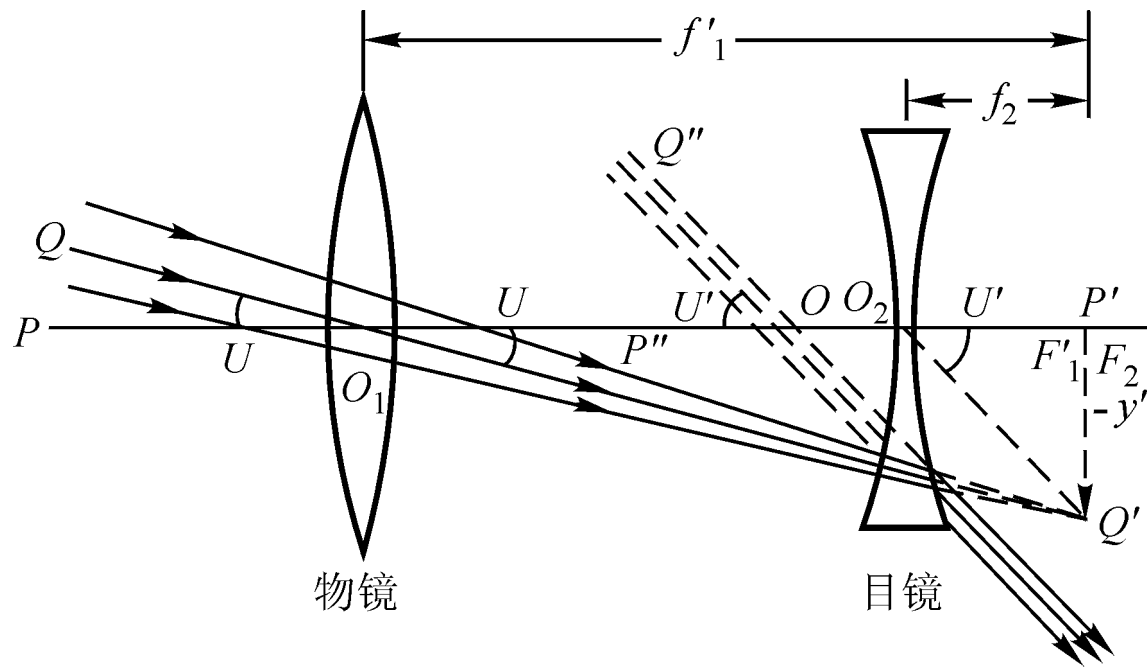


$$U = \angle PO_1Q = \angle P'O_1Q' \approx \frac{P'Q'}{-f'_1} = \frac{-y'}{f'_1}$$

$$\text{故 } M = \frac{U''}{U} = \frac{f'_1}{f_2} = -\frac{f'_1}{f_2'}$$

$$U'' = \angle P''O_2Q'' = \angle P'O_2Q' \approx \frac{P'Q'}{-f_2} = \frac{-y'}{f_2}$$

● 结论



伽里略望远镜物镜的物方焦距为正，目镜的像方焦距为负，放大本领为正值，故形成正方的虚像。

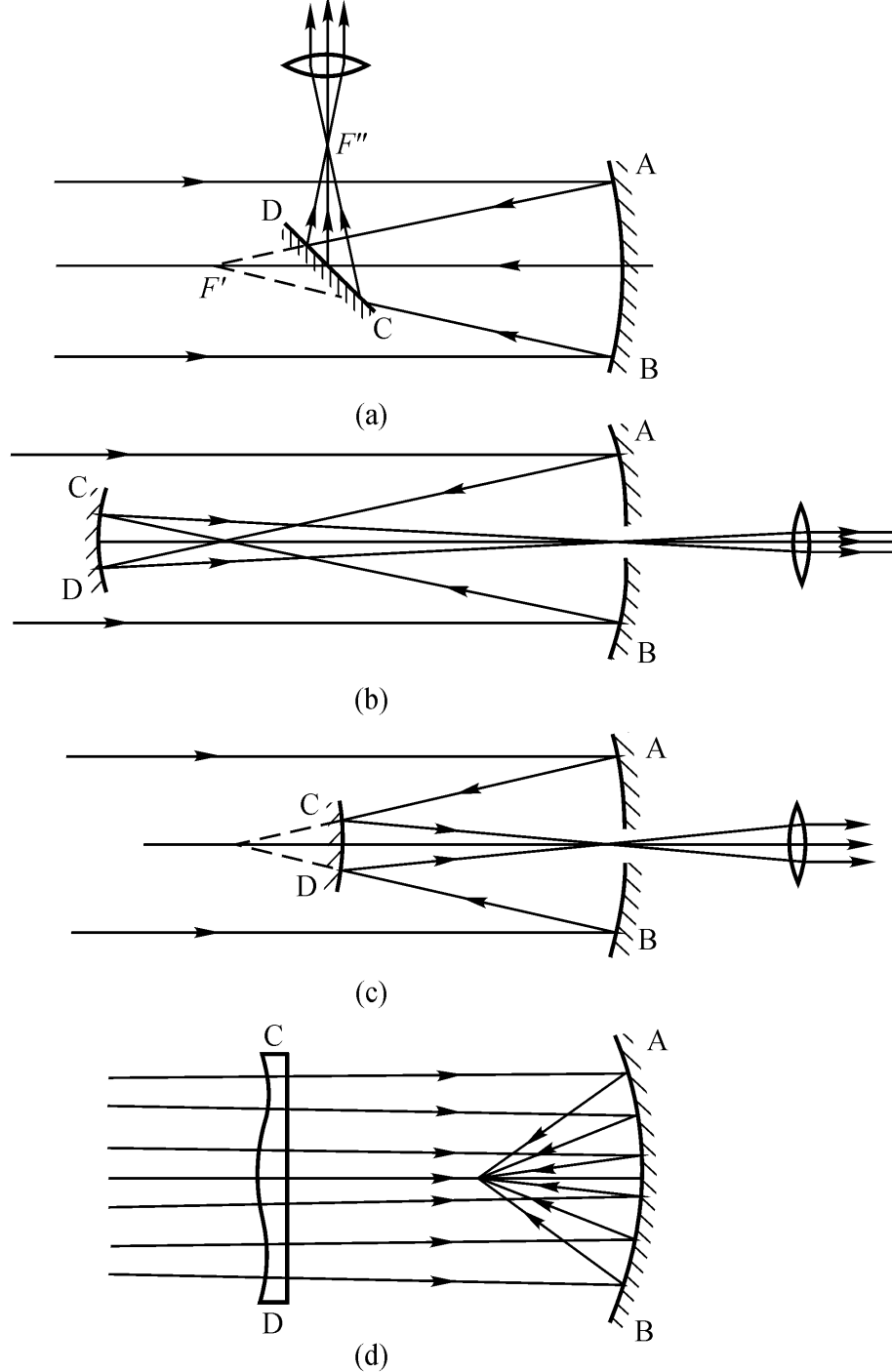
3. 反射式望远镜

● 结构

大型天文望远镜的物镜是用口径大的反射镜制成的。

● 特点

消色差，校正球差。



● 类型和光路图

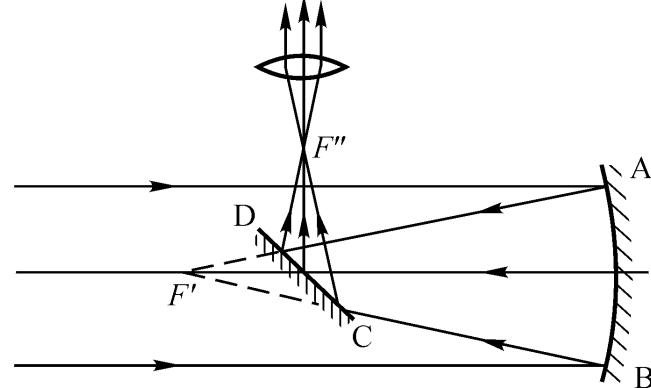
Newton: AB (抛物面)
 CD (平面) 目镜

Gregory: AB (抛物面)
 CD (椭球面) 目镜

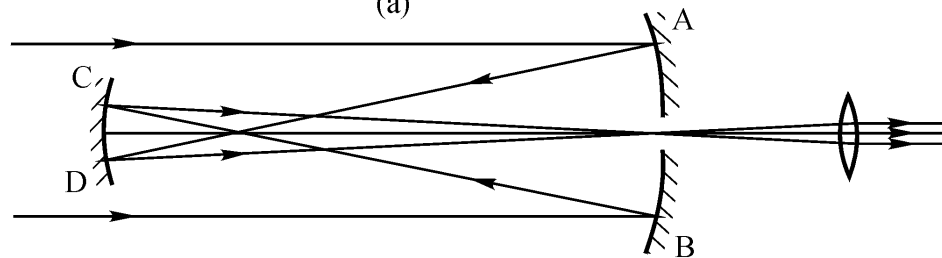
Cassegrain: AB (抛物面)
 CD (双曲面) 目镜

Schmidt: CD (校正镜)
 AB (凹球面)

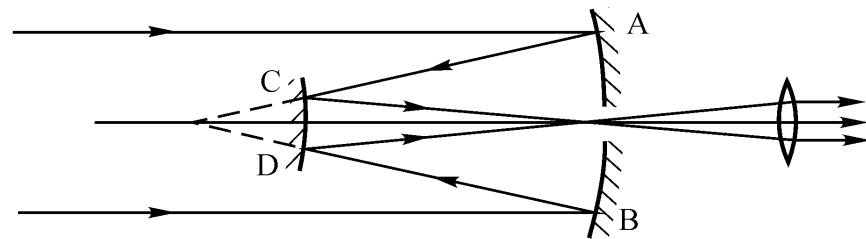
Hubble: 主镜 (双曲面)
副镜 (双曲面) 主镜
焦平面



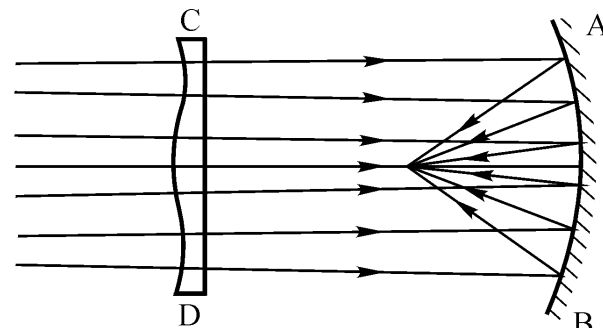
(a)



(b)



(c)

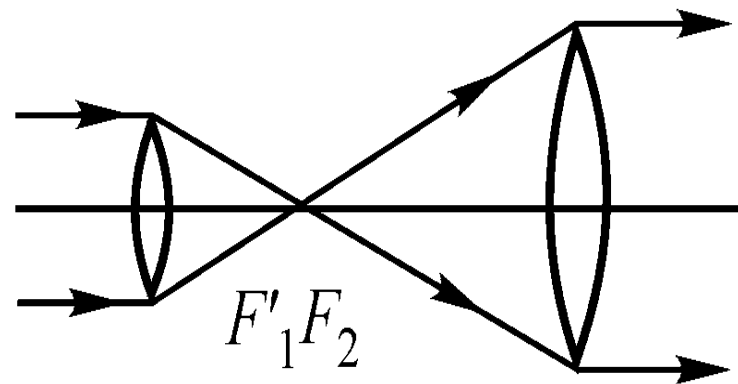
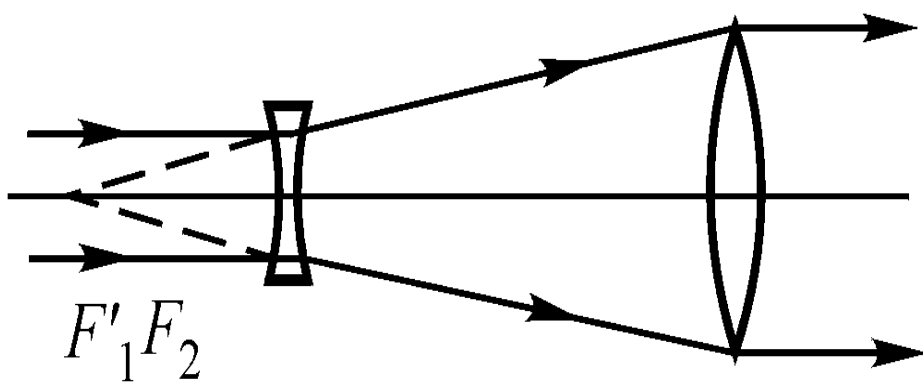


(d)



4. 激光扩束器

倒装望远镜



五 幻灯机的聚光和成像

