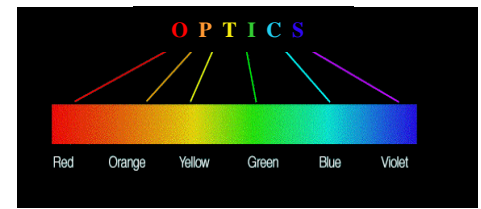
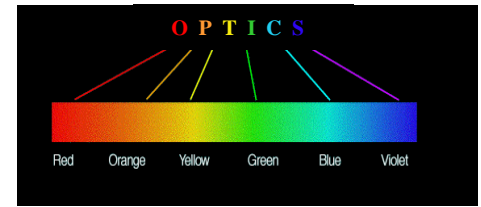


第三章 几何光学成像



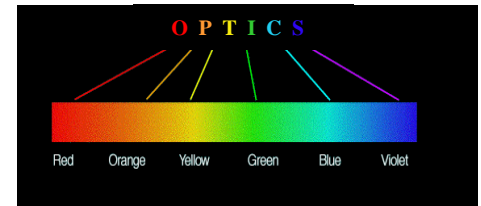
第三章 几何光学成像



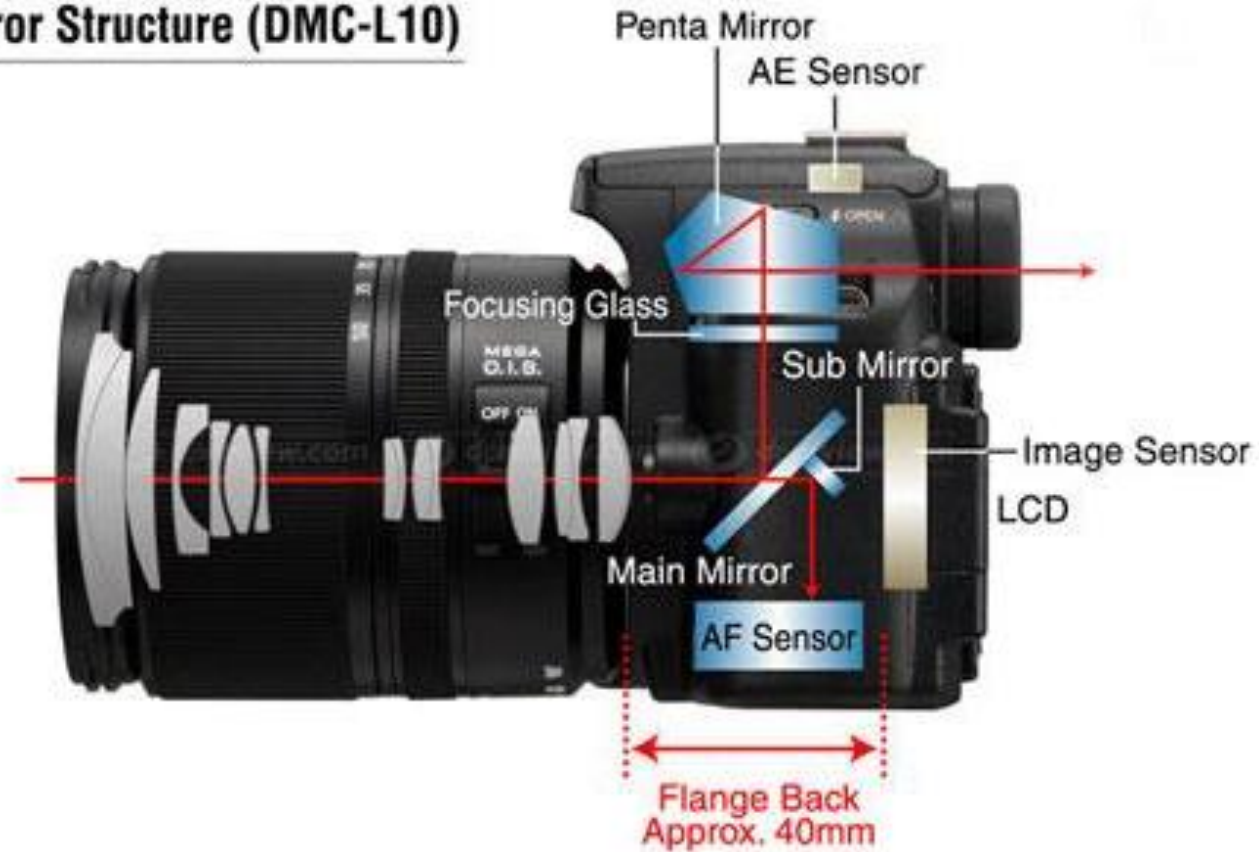
Mirror-Less Structure (DMC-G1)



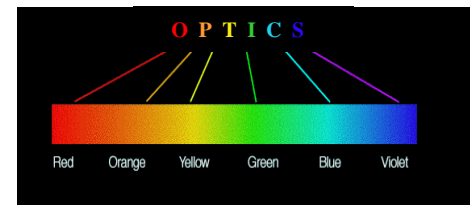
第三章 几何光学成像



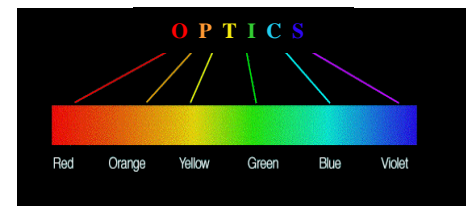
Mirror Structure (DMC-L10)



第三章 几何光学成像



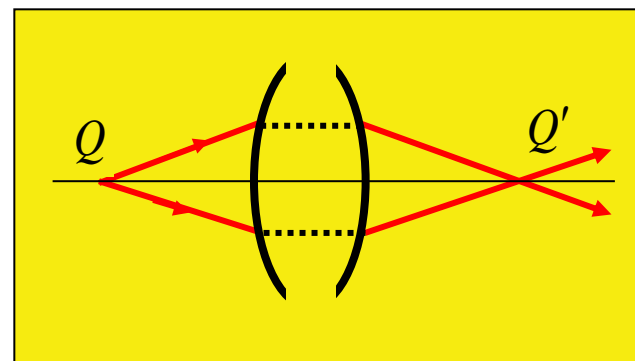
第三章 几何光学成像



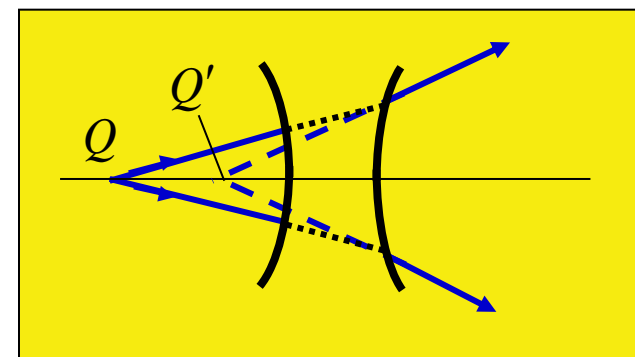
一，成像的基本概念

1.1 实像与虚像

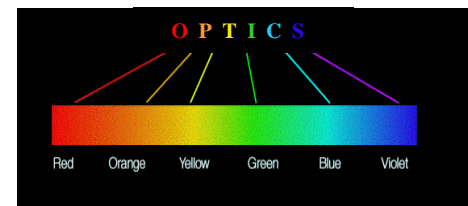
出射光束会聚，
像点为实像。



出射光束发散，
像点为虚像。

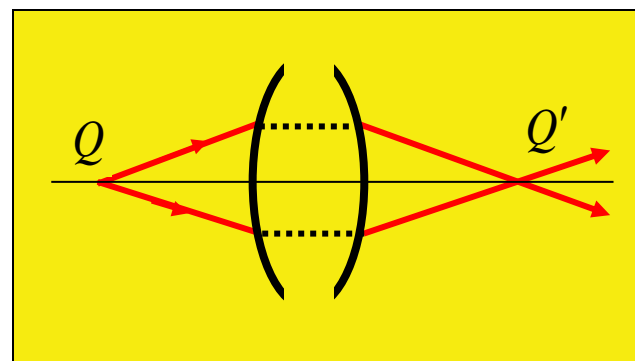


第三章 几何光学成像

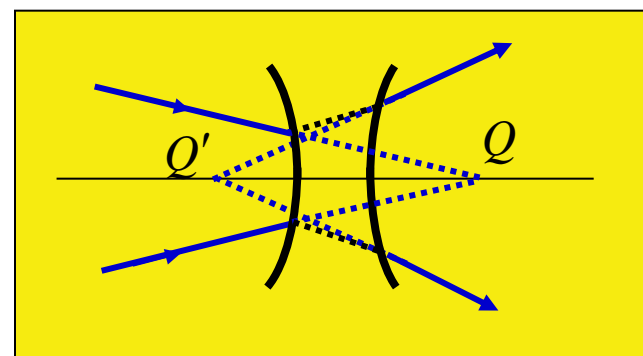


1.2 实物与虚物

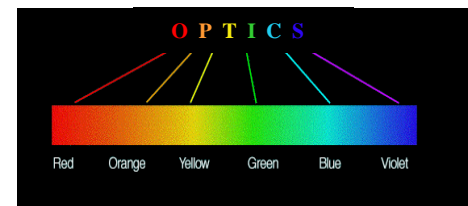
入射光束发散，
发散中心为实物



入射光束会聚，
会聚中心为虚物。



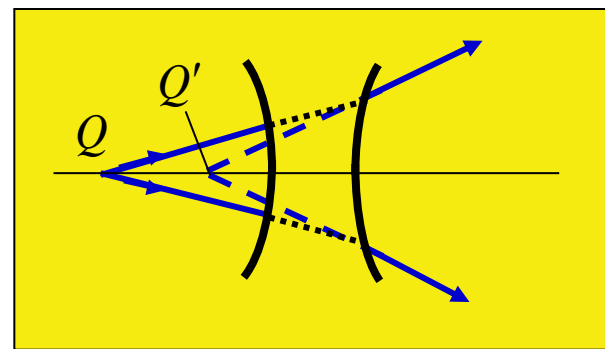
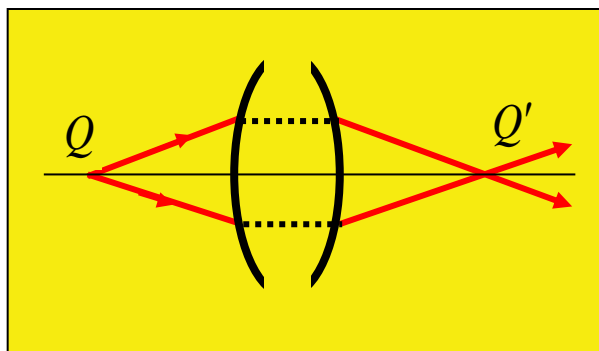
第三章 几何光学成像



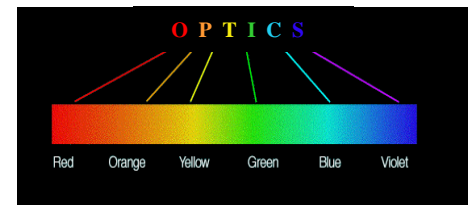
1.3 物方和像方

物方空间：与入射光束相联系的点组成的空间。

像方空间：与出射光束相联系的点组成的空间。



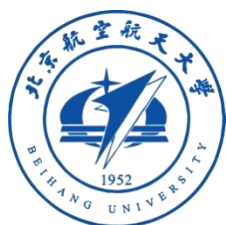
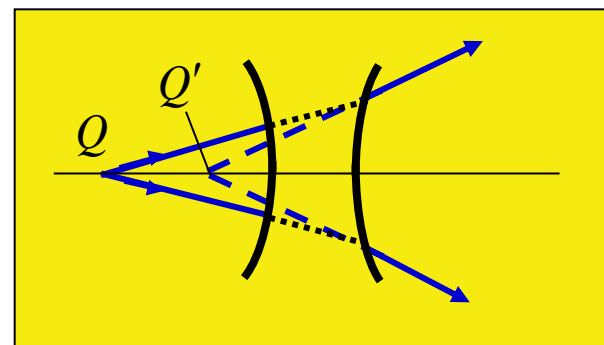
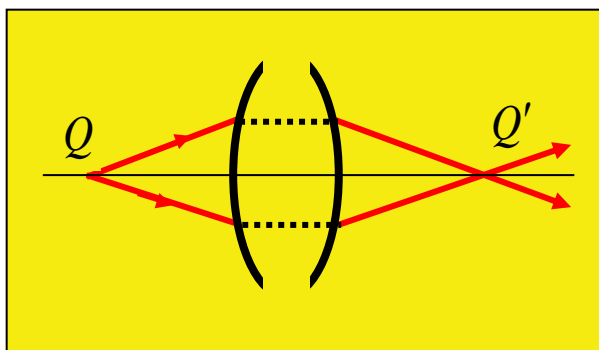
第三章 几何光学成像



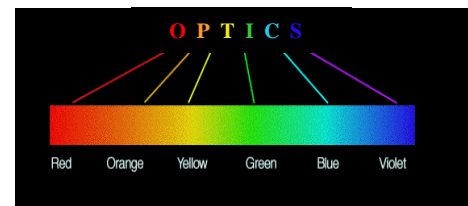
1.4 物像共轭性

物方与像方的点一一对应，
称为共轭点。

物与像之间存在等光程性。



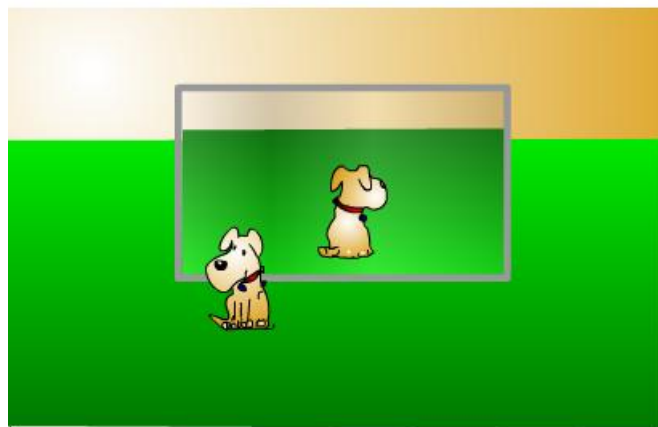
第三章 几何光学成像



二，平面镜和非球面镜成像 (*所有证明自学)

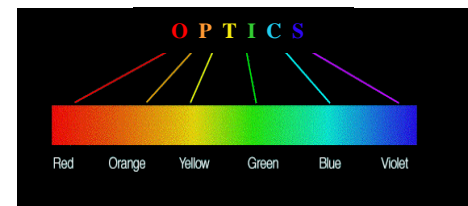
2.1 平面镜和棱镜

平面镜成像特点：



(1) 物像关系：
理想成像。物像大小相等，
但左右颠倒（镜像），物像
连线与镜面垂直，到镜面距
离相等。

第三章 几何光学成像



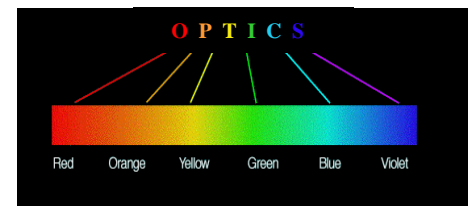
推论：物体经奇数个平面镜成像为“镜像”，经偶数个平面镜成像，物像完全相同。

(2) 平面镜旋转：

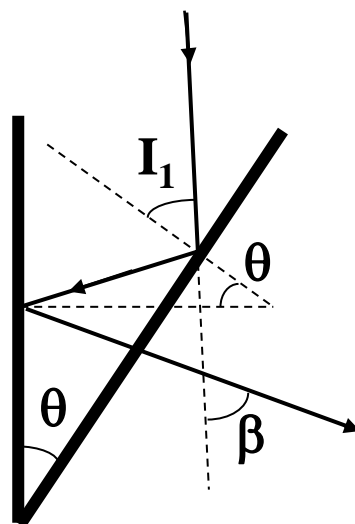
平面镜绕垂直于入射面的轴线旋转 θ 角，则反射光线转过 2θ 角，其转动方向与平面镜转动方向相同。



第三章 几何光学成像



双平面镜：出射光线与入射光线夹角始终等于两平面镜夹角的2倍，与入射角无关。

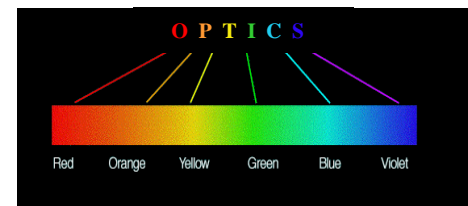


$$\beta = 2\theta$$

(3) 常用棱镜及成像特点：直角棱镜、五角棱镜、平行平板。（*自学）

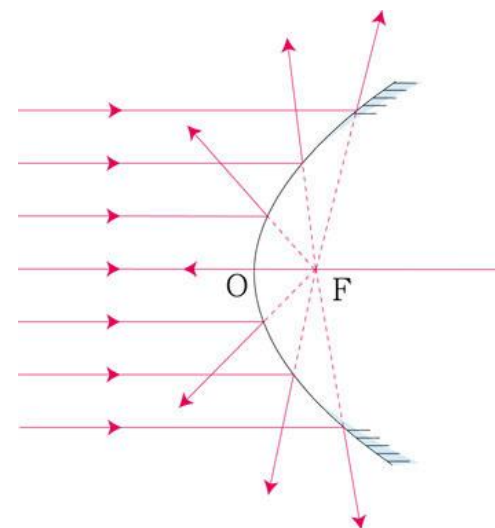
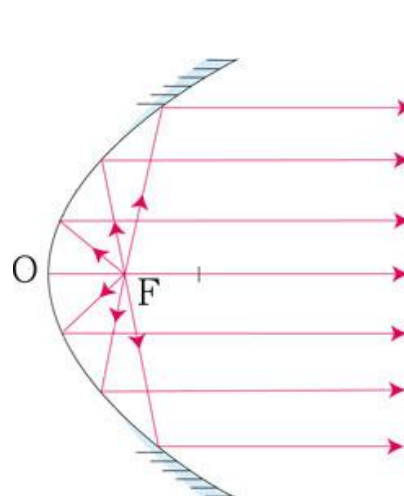
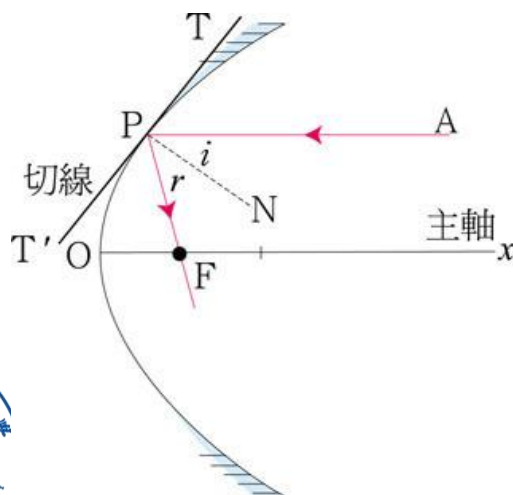


第三章 几何光学成像

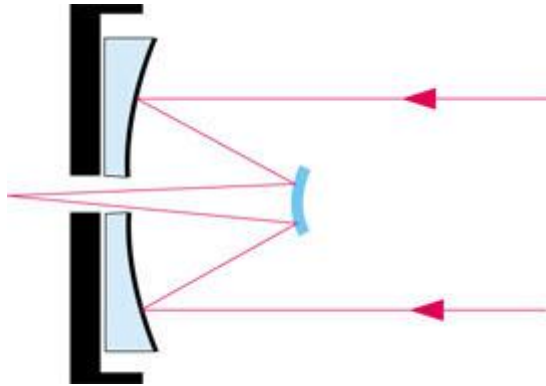
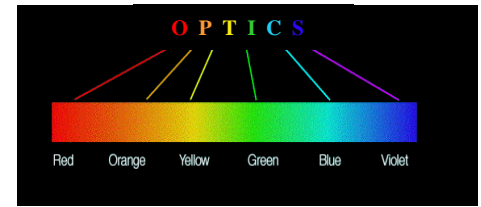


2.2 抛物面镜

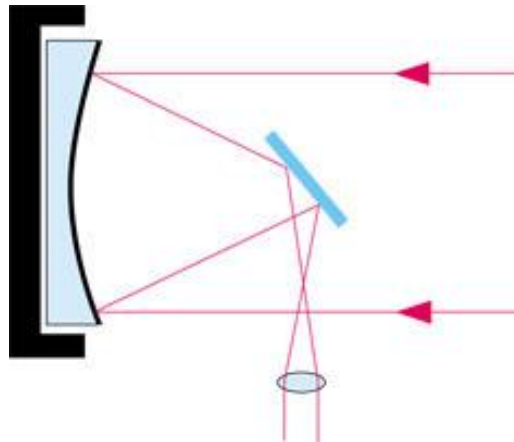
成像特点：平行于主轴入射的光线经反射必过焦点；反之，过焦点的光线经反射后平行于主轴出射。



第三章 几何光学成像



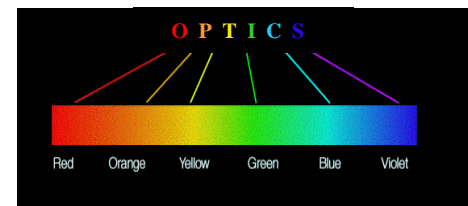
(a)



(b)

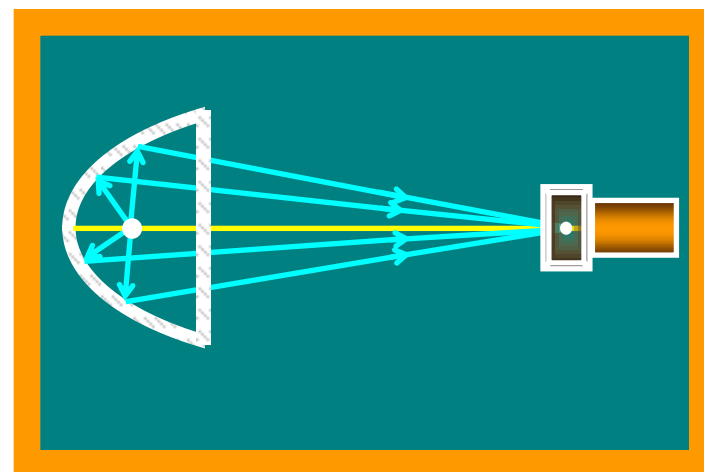
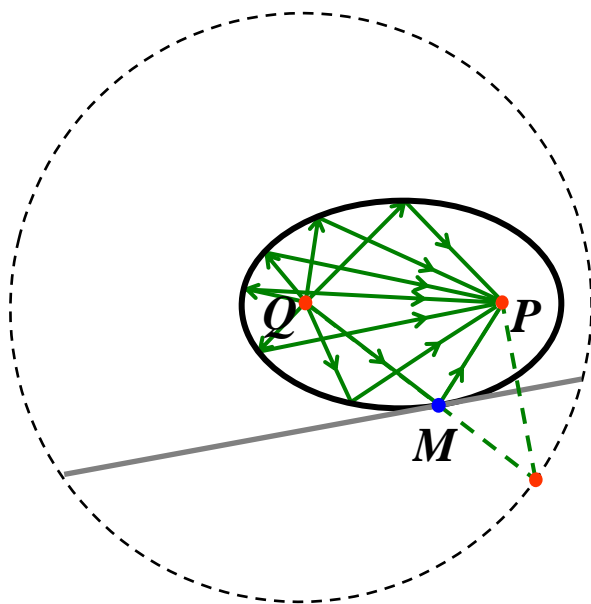


第三章 几何光学成像

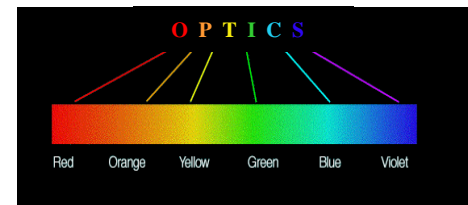


2.3 椭球面镜

成像特点：双焦点互为共轭。由一个焦点发出的光线经反射后必过另一焦点。

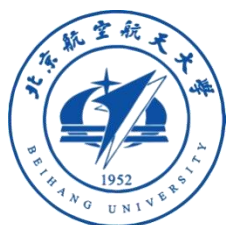
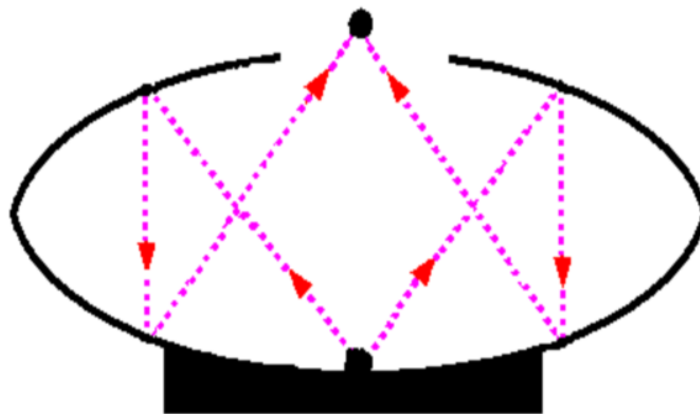


第三章 几何光学成像

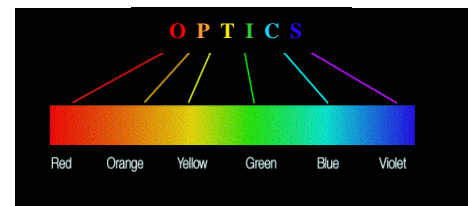


2.4 双曲面镜

成像特点：双焦点。由一个焦点发出的光线经双曲面镜反射后看起来好像是由另一焦点发出来的。



第三章 几何光学成像



2.5 梯度折射率透镜

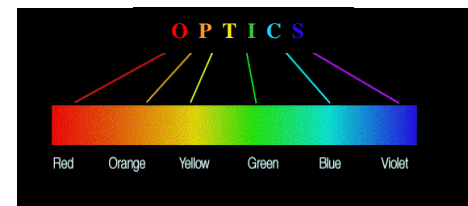
自聚焦透镜：折射率沿径向逐渐减小的柱形透镜，成像基于变折射率介质理论和光线方程。

成像特点：

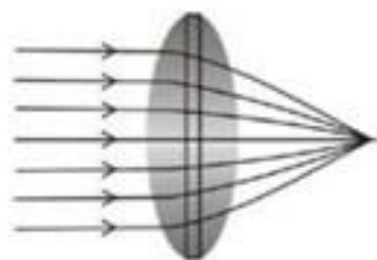
折射率沿径向连续改变，由于折射效应轴向传输光线方向连续改变，平滑且连续聚焦到一点。



第三章 几何光学成像

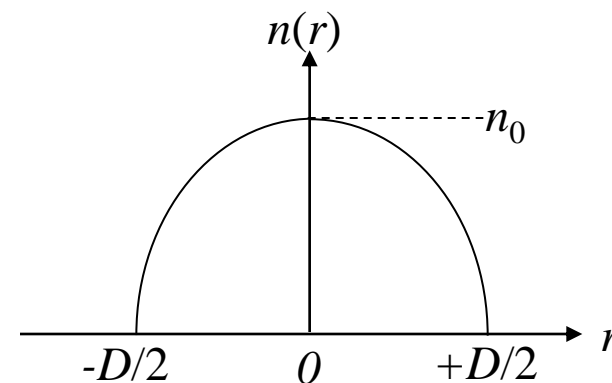


普通透镜和梯度折射率透镜比较

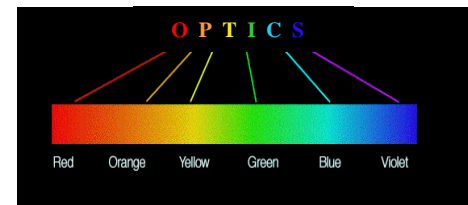


常见折射率分布函数

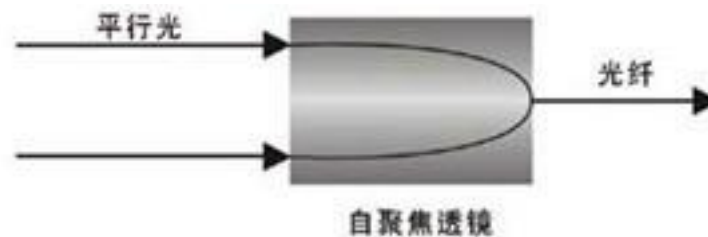
$$n(r) = n_0 \left(1 - \frac{A}{2} r^2 \right)$$



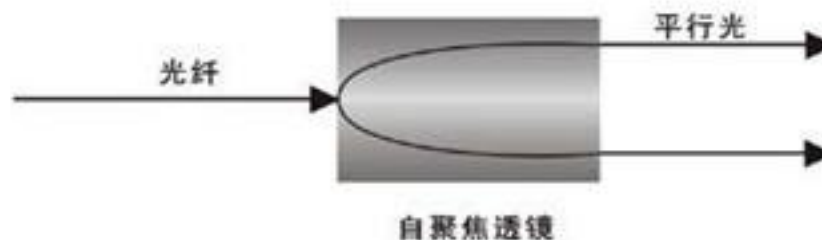
第三章 几何光学成像



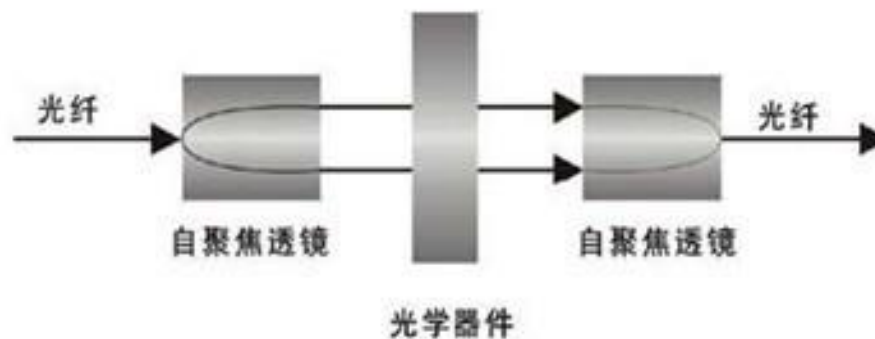
聚焦:



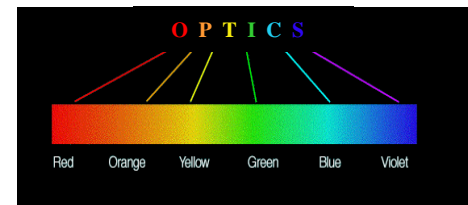
准直:



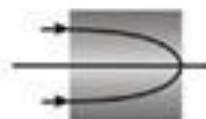
组合:



第三章 几何光学成像



光的自聚焦传播特点:



$Z=0.25P$



$Z=0.50P$



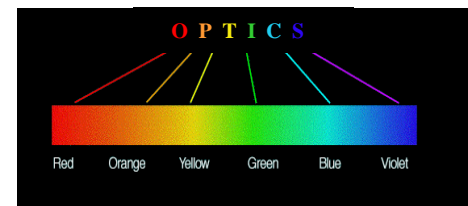
$Z=0.75P$



$Z=1.00P$



第三章 几何光学成像



2.6 其它非球面镜

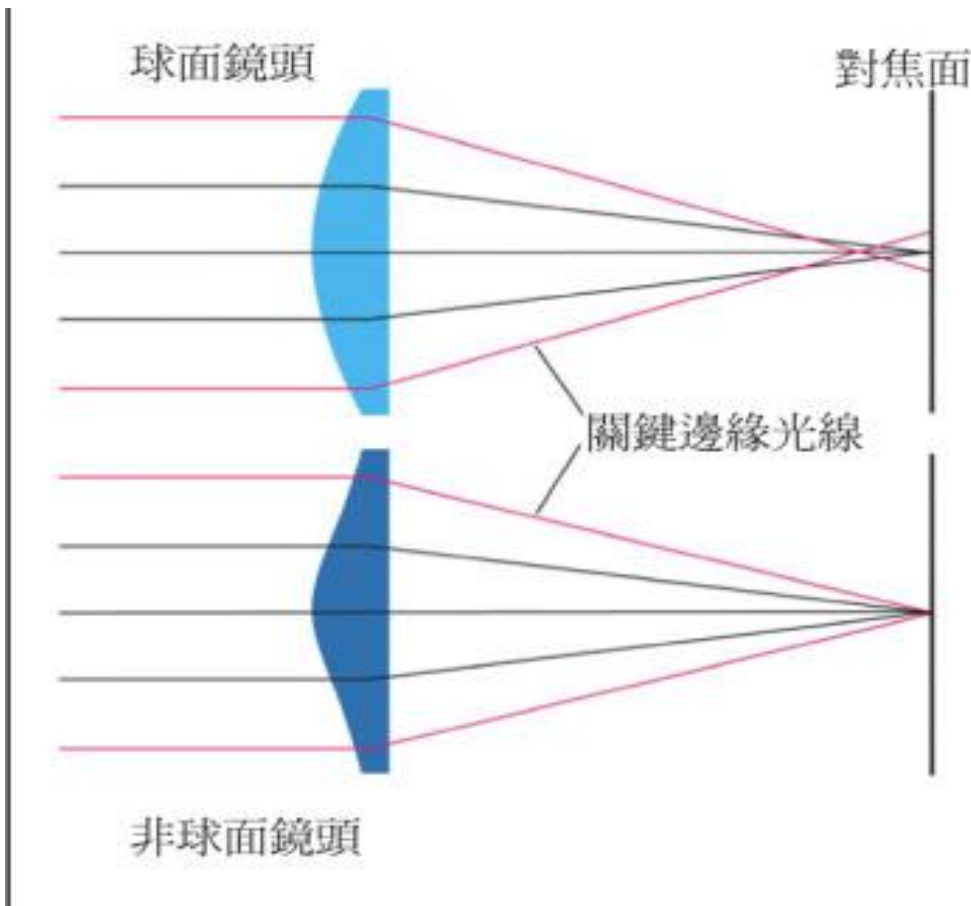
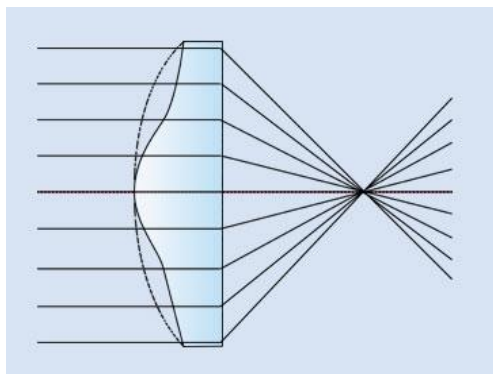
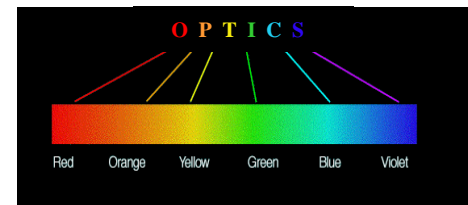
柱面镜，渐进多焦点镜，顶周非球面镜。

顶周非球面镜成像特点：

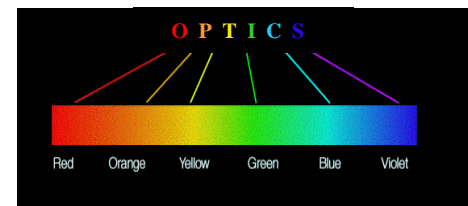
从中心到边缘，曲率半径逐渐增加（镜片表面逐渐变平）。其非球面曲线接近椭圆面或抛物线。平行光线入射镜片，实现理想成像。



第三章 几何光学成像

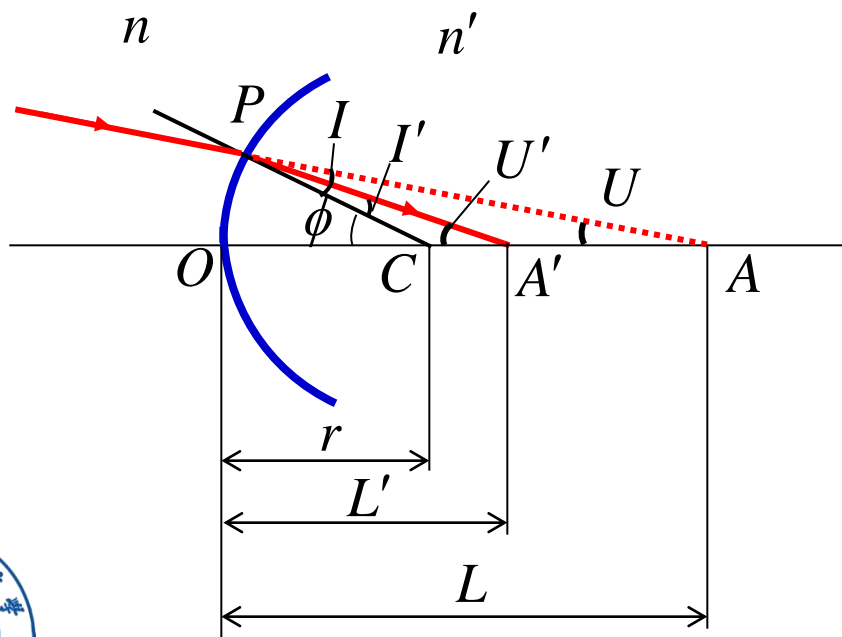


第三章 几何光学成像



三，单个球面物像关系和系统光线追迹

3.1 光线经单个球面的折射



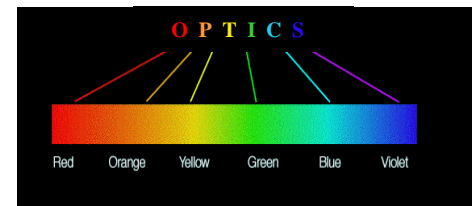
入射光线位置
(U, L)

折射光线位置
(U', L')

目标：计算出
(U', L')



第三章 几何光学成像



计算公式：（*证明自学）

$$\sin I = \frac{L-r}{r} \sin U$$

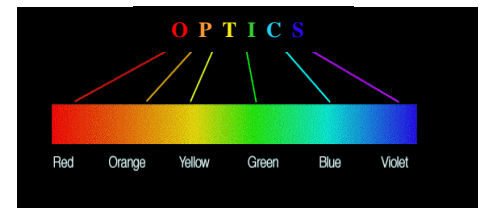
$$\sin I' = \frac{n}{n'} \sin I$$

$$U' = U + I - I'$$

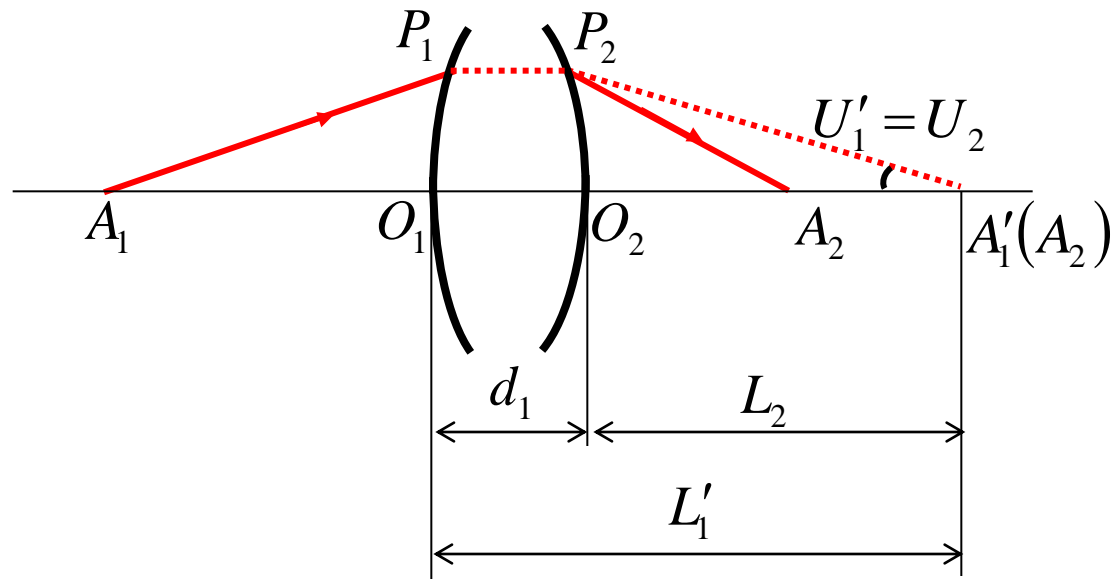
$$L' = r + \frac{r \sin I'}{\sin U'}$$



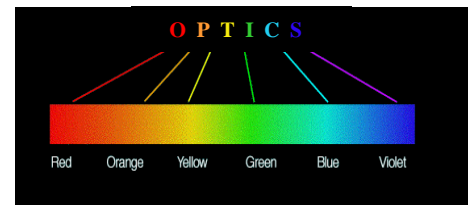
第三章 几何光学成像



转面公式: $U_2 = U'_1$, $L_2 = L'_1 - d_1$



第三章 几何光学成像



3.2 计算符号规则

符号规定如下：

- (1) **线段的方向**：由左向右为正，由下向上为正，反之为负；

线段计算起点：

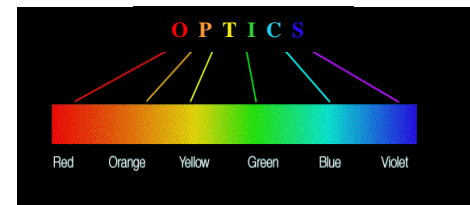
L, L' ：球面顶点到光线与光轴交点

R ：球面顶点到球心

d ：前一面的顶点到下一面的顶点



第三章 几何光学成像



(2) **角度的方向**：一律以锐角度量，
顺时针转为正，逆时针转为负。

角度计算起点：

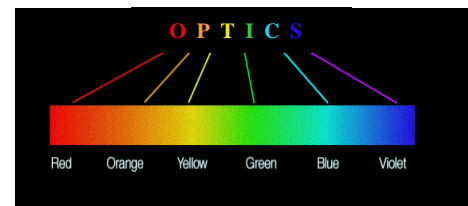
U, U' ：由光轴转到光线；

I, I' ：由光线转到法线；

ϕ ：由光轴转到法线。

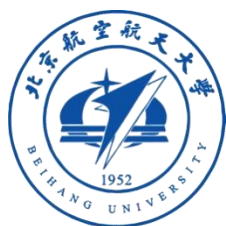


第三章 几何光学成像

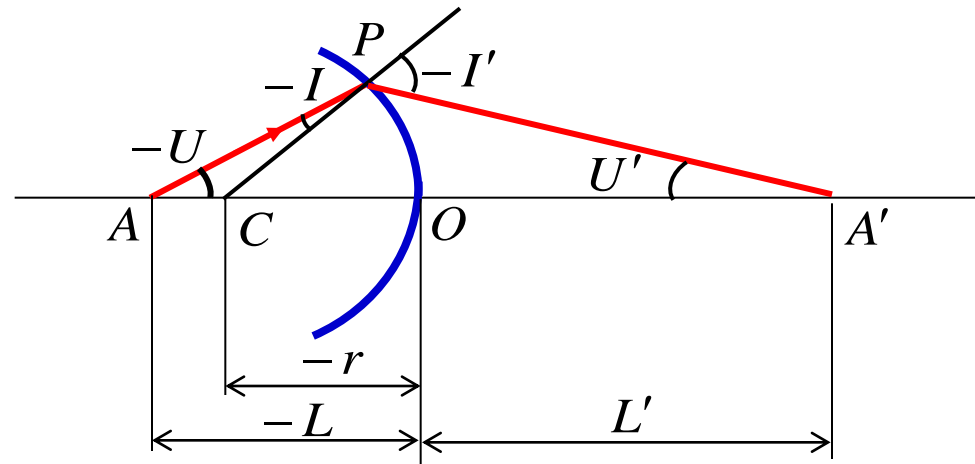
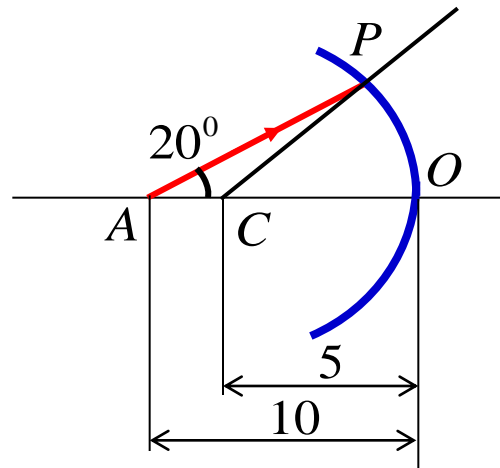
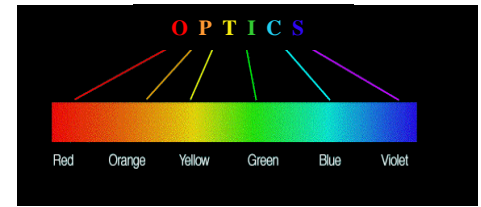


几点说明:

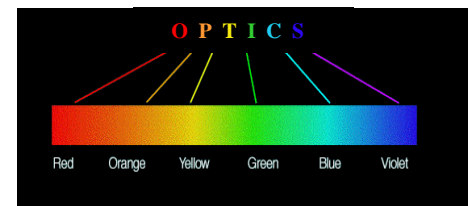
- A. 应用光路计算公式必须首先确定每个参数的正负号并代入公式，然后按照计算出的数值正负确定光线的位置。
- B. 推导公式也要使用符号规则。几何图形上各量一律标注绝对值。
- C. 反射情况可看成是折射的一种特殊情况，取 $n' = -n$ 。



第三章 几何光学成像

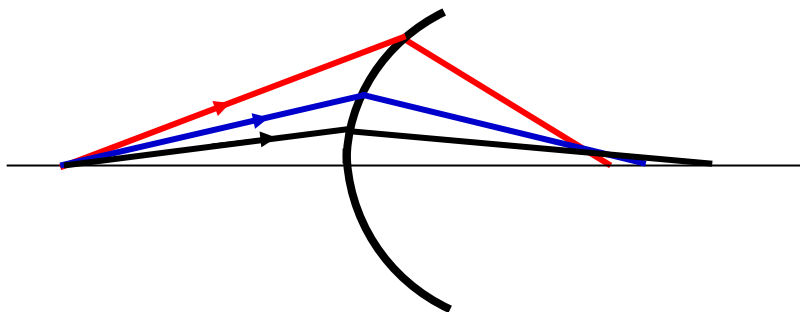


第三章 几何光学成像



3.3 近轴成像

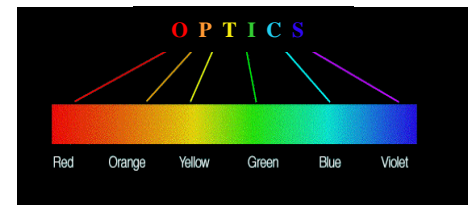
理想成像：点对点，面对面成像。
一般情况，球面成像为非理想成像



近轴成像：满足理想成像关系。



第三章 几何光学成像



近轴成像计算公式:

$$i = \frac{l - r}{r} u$$

$$i' = \frac{n}{n'} i$$

$$u' = u + i - i'$$

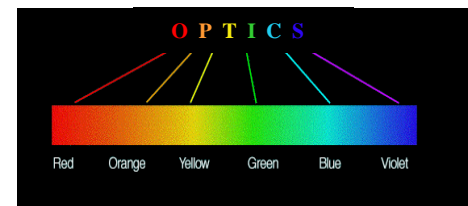
$$l' = r + r \frac{i'}{u'}$$

转面公式:

$$u_2 = u'_1, \quad l_2 = l'_1 - d_1$$



第三章 几何光学成像



物像关系:

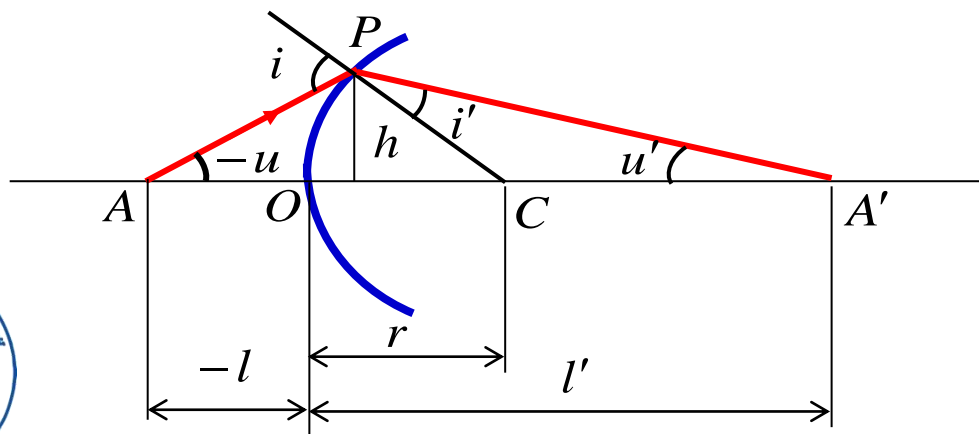
a. 物像位置关系 (*证明自学)

$$n'u' - nu = \frac{h}{r}(n' - n)$$

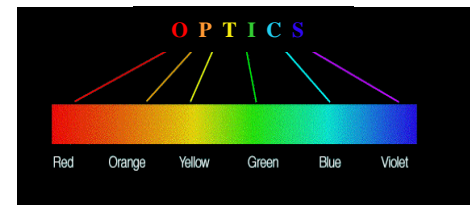
$$u_2 = u'_1 \quad h_2 = h_1 - d_1 u'_1$$

h 符号规则:

以光轴为起点到光线在球面的交点，向上为正，向下为负。



第三章 几何光学成像



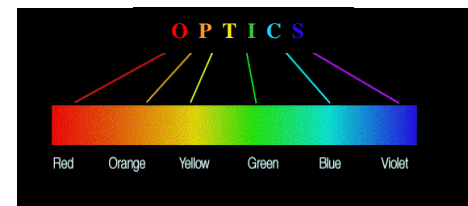
物像位置关系基本公式：（*证明自学）

$$\frac{n'}{l'} - \frac{n}{l} = \frac{n' - n}{r}$$

或
$$n \left(\frac{1}{l} - \frac{1}{r} \right) = n' \left(\frac{1}{l'} - \frac{1}{r} \right)$$



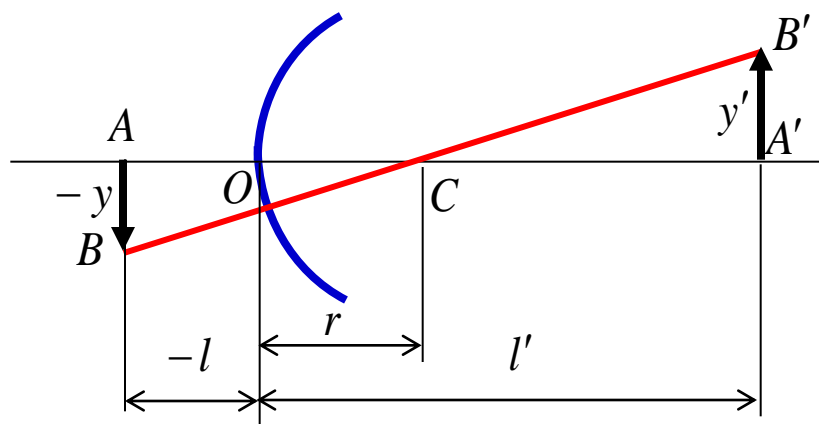
第三章 几何光学成像



b. 物像大小关系

垂轴（横向）放大率：

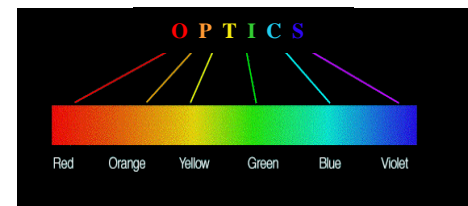
$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{l' - r}{l - r}$$



符号规则：
位于光轴上方，
 y 和 y' 为正，
反之为负。



第三章 几何光学成像



近轴成像横向放大率基本公式：

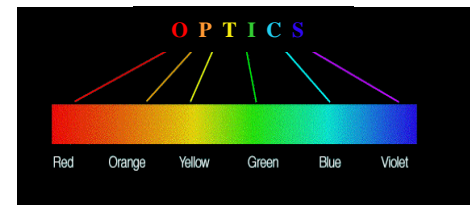
$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{nl'}{n'l}$$

近轴光路计算的意义：

代表理想成像关系，是衡量实际光学系统成像质量的标准。计算的像为实际光学系统的理想像。

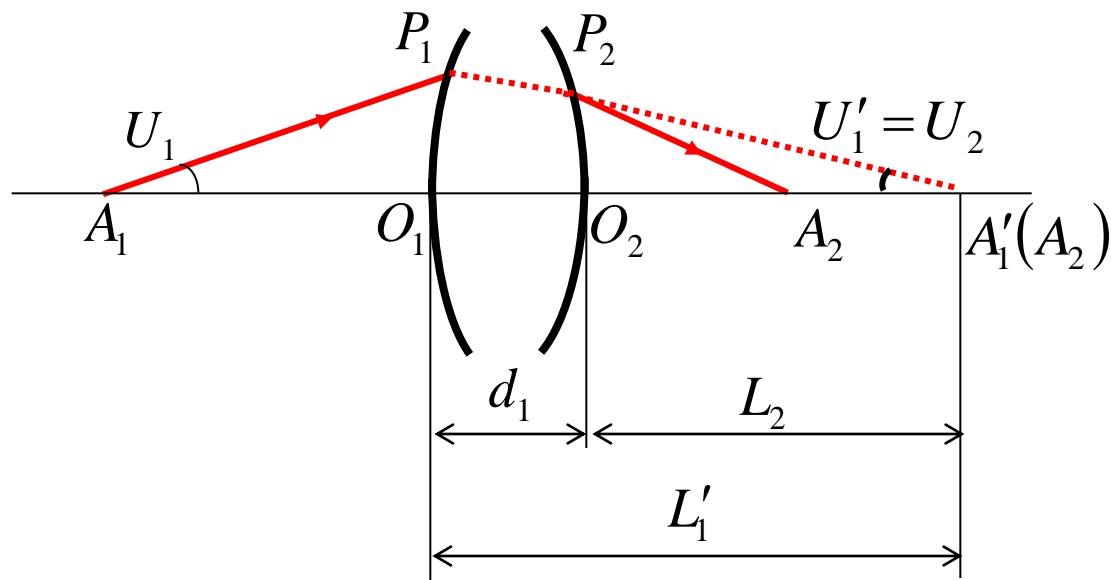


第三章 几何光学成像

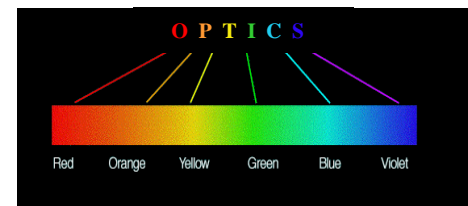


3.4 系统光线追迹

计算方法：逐面计算，前一面的像即是后一面的物。



第三章 几何光学成像



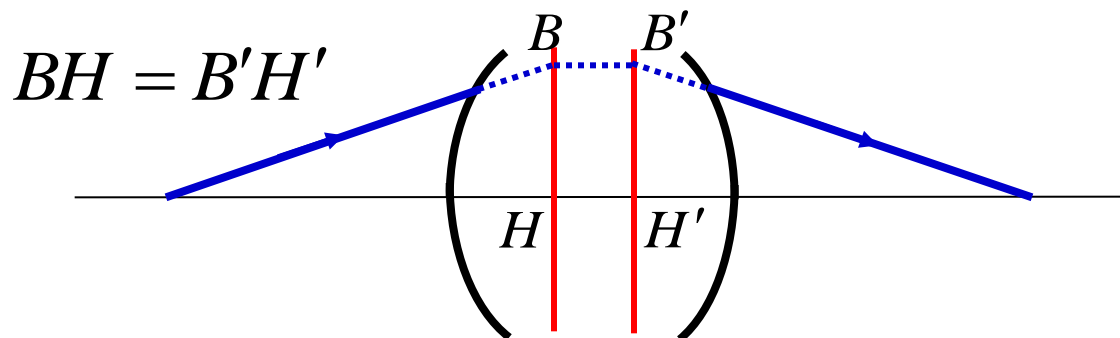
四，理想光学系统成像理论

4.1 光学系统的基点、基面

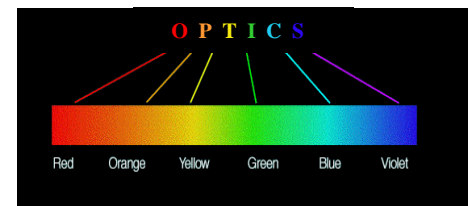
(1) 主平面和主点

主平面：横向放大率 $\beta=1$ 的一对共轭面

主点：主平面与光轴的交点



第三章 几何光学成像



(2) 焦点和焦平面

像方焦点：无限远轴上物点所对应的像点

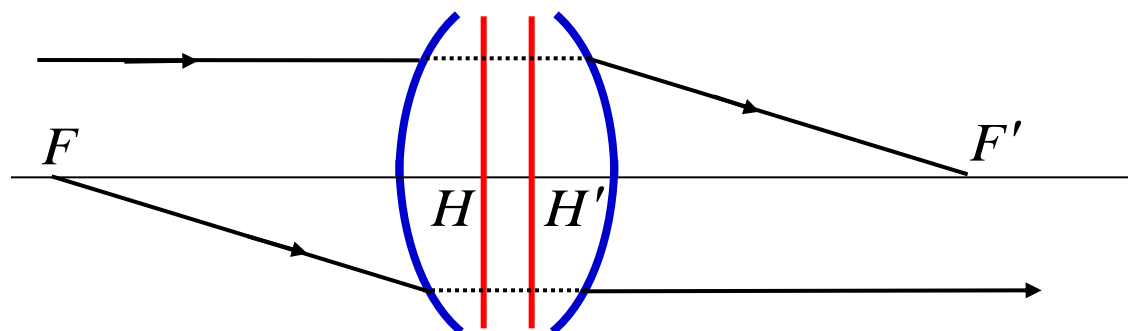
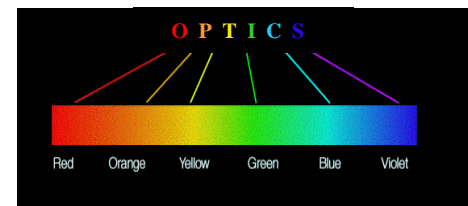
像方焦平面：通过像方焦点垂直于光轴的平面。

物方焦点：无限远轴上像点所对应的物点

物方焦平面：通过物方焦点垂直于光轴的平面。



第三章 几何光学成像

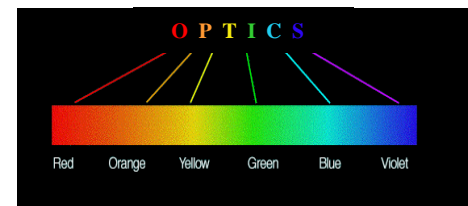


焦点和焦平面性质：

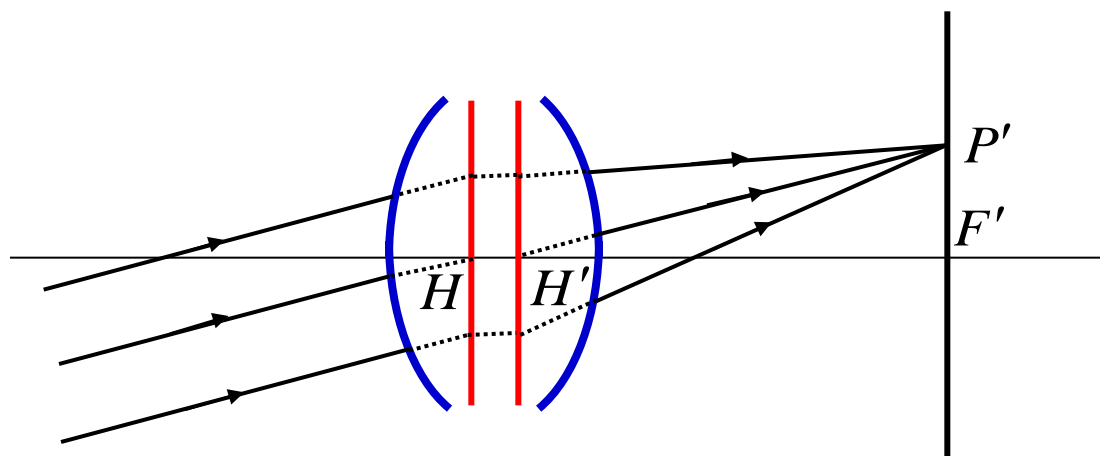
- 平行于光轴的入射光线，其共轭出射光线一定通过像方焦点 F' ；
- 过物方焦点 F 的入射光线，通过光学系统，出射光线平行于光轴出射；



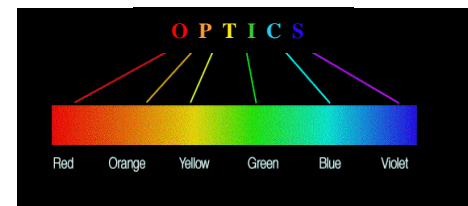
第三章 几何光学成像



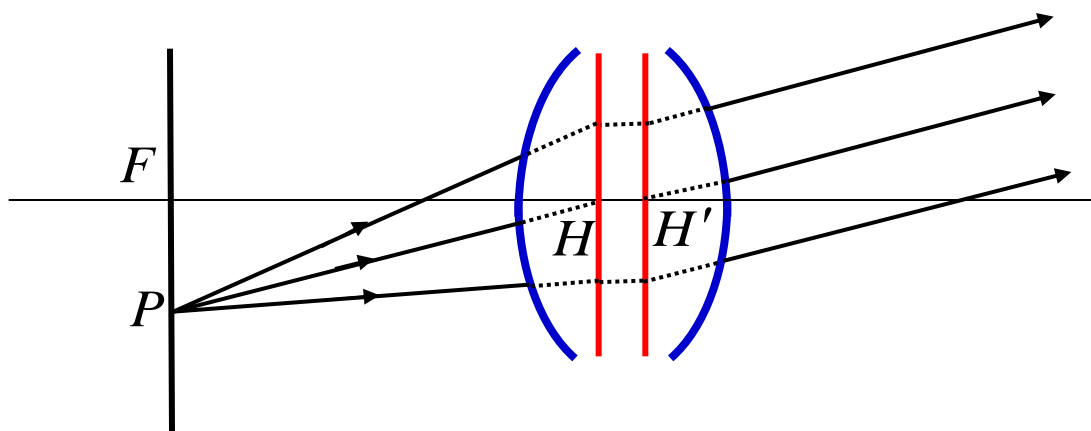
- 与光轴成一定夹角的斜入射平行光束，
出射光线必相交于像方焦平面上同一点。



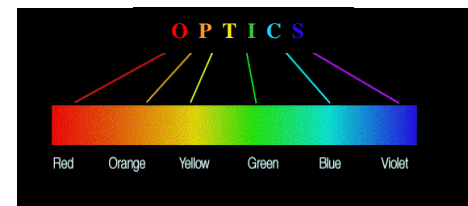
第三章 几何光学成像



- 物方焦平面上轴外点发出的光线，经光学系统，出射光束是与光轴成一定夹角的斜平行光束。

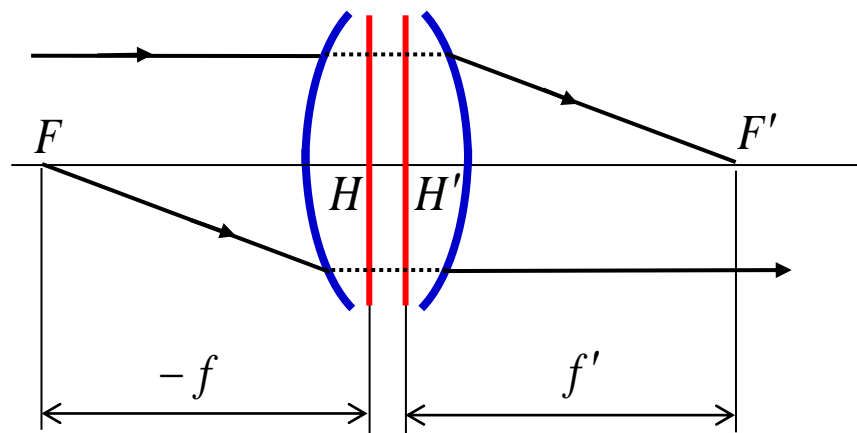


第三章 几何光学成像



(3) 焦距

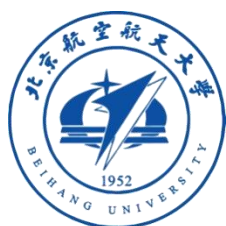
焦距—主平面与焦点之间的距离。



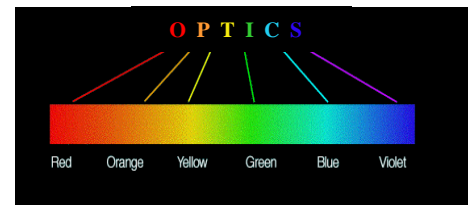
符号规则：

f' ：从像方主平面 H' 到像方焦点 F' ，由左→右为正；

f ：从物方主平面 H 到物方焦点 F ，由左→右为正。



第三章 几何光学成像



(4) 光焦度

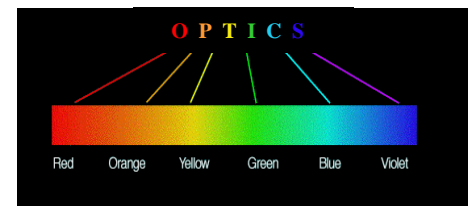
光焦度（屈光度）— 焦距的倒数

$$\phi = \frac{1}{f'} \times 100$$

单位：mm⁻¹

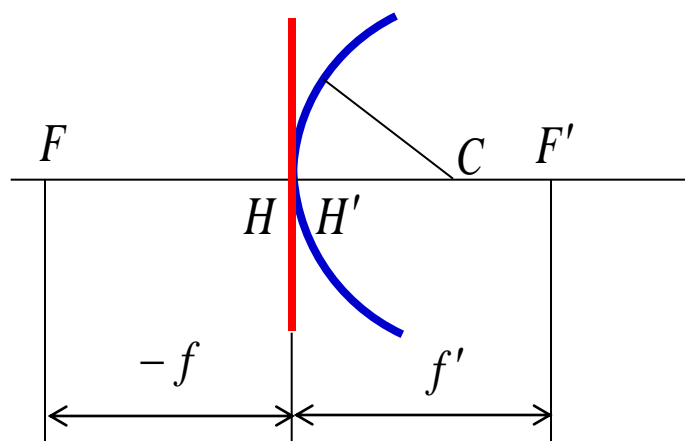


第三章 几何光学成像



(5) 单折射球面的主面和焦点

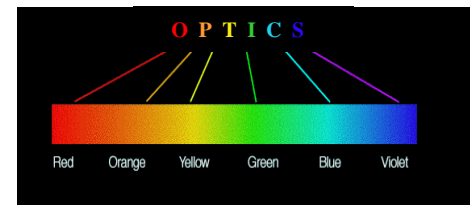
球面主点位置 (*证明自学) :



球面的主点 H , H' 与球面顶点重合。物方和像方主平面重合, 为过球面顶点的切面。



第三章 几何光学成像



球面焦距（*证明自学）：

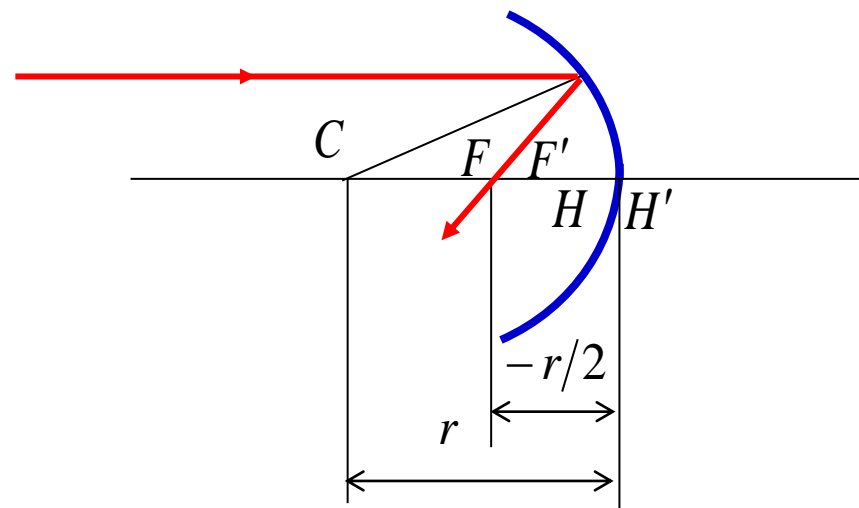
$$\text{像方焦距: } f' = \frac{n'}{n' - n} r$$

$$\text{物方焦距: } f = -\frac{n}{n' - n} r$$

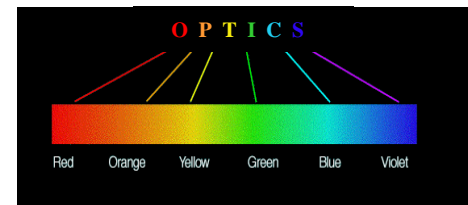
球面反射镜：

$$n' = -n$$

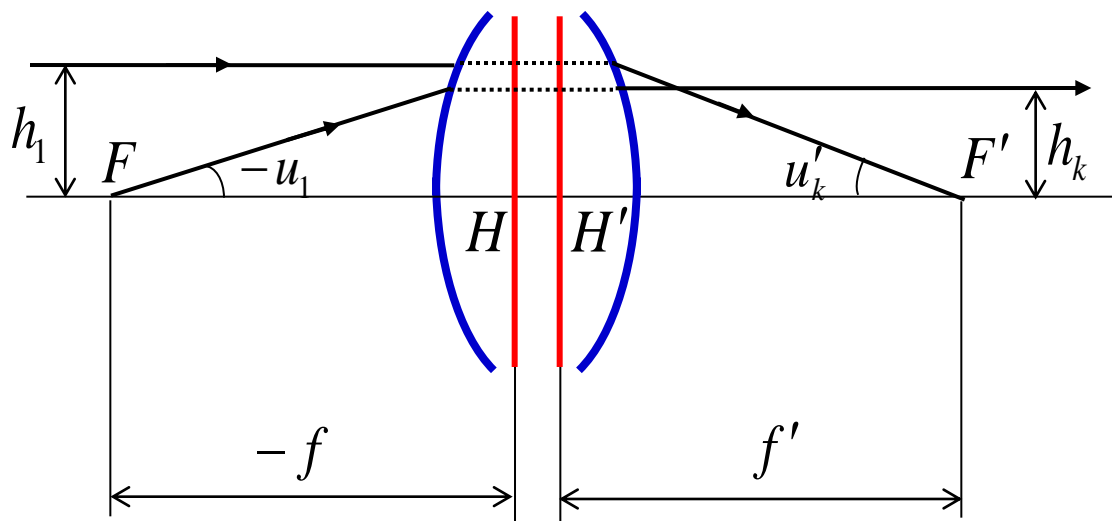
$$f' = f = r/2$$



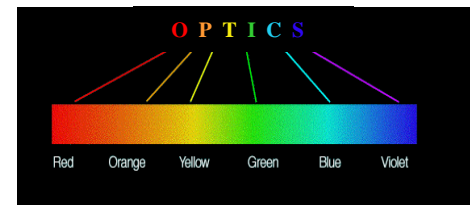
第三章 几何光学成像



(6) 共轴球面系统的主面和焦点 焦点位置确定:

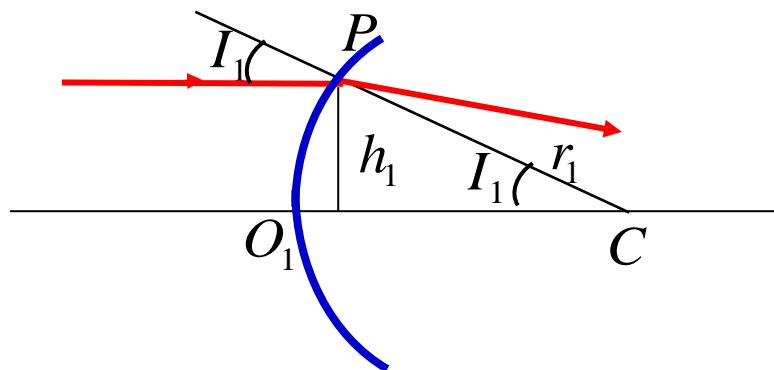


第三章 几何光学成像

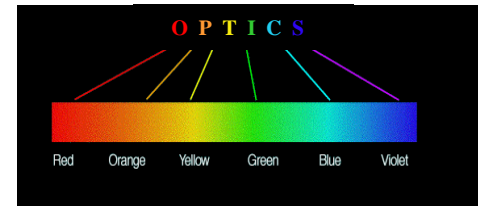


应用光路计算公式，计算一条平行于光轴的近轴光线并求出最后出射光线与光轴交点。其中

$$\sin I_1 = h_1 / r_1, \text{ 或 } i_1 = h_1 / r_1$$

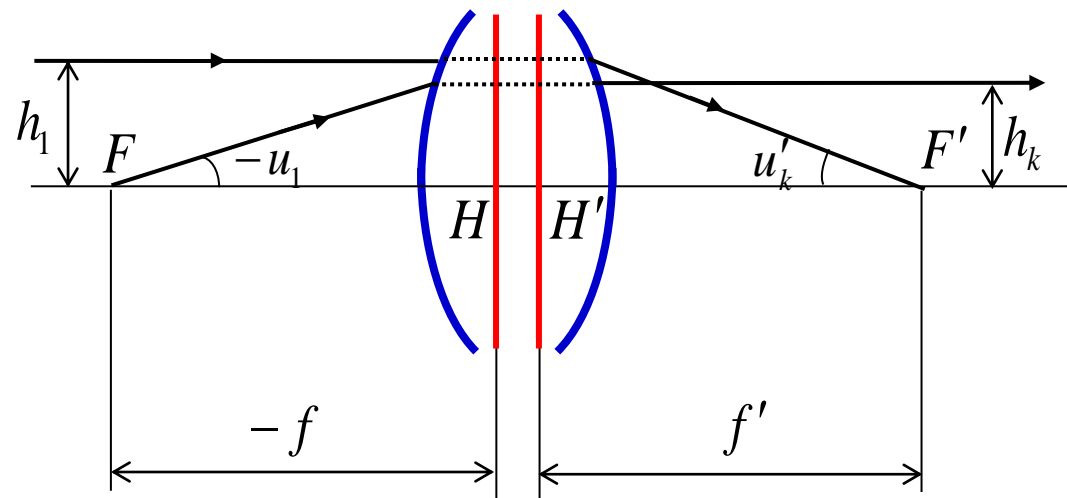


第三章 几何光学成像

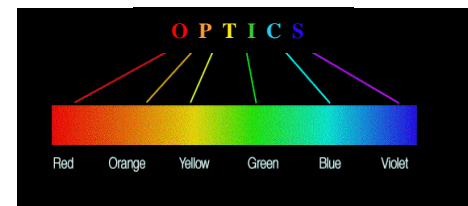


主面位置确定:

像方主面: $f' = \frac{h_1}{u'_k}$



第三章 几何光学成像

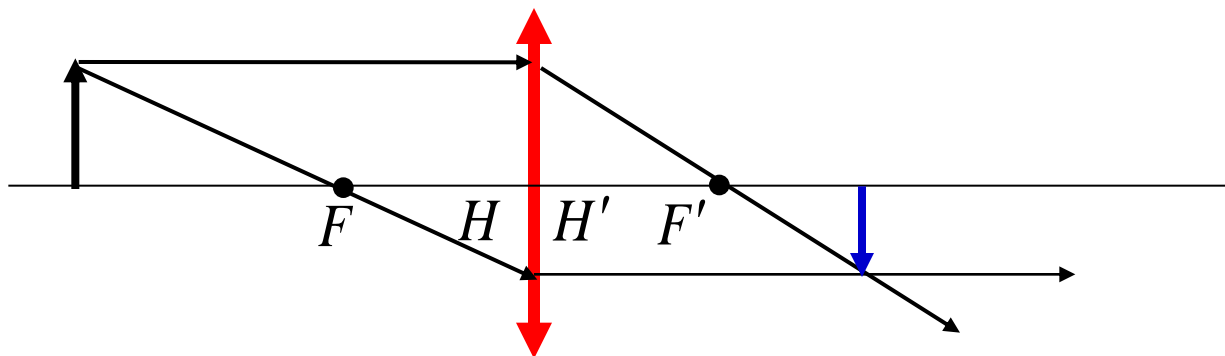


4.2 物像关系作图法

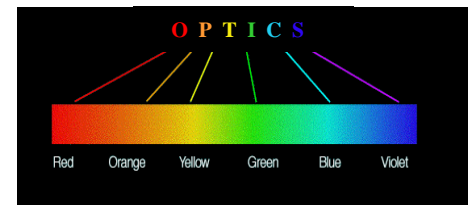
基本依据：

共轴球面系统基点、基面的性质。

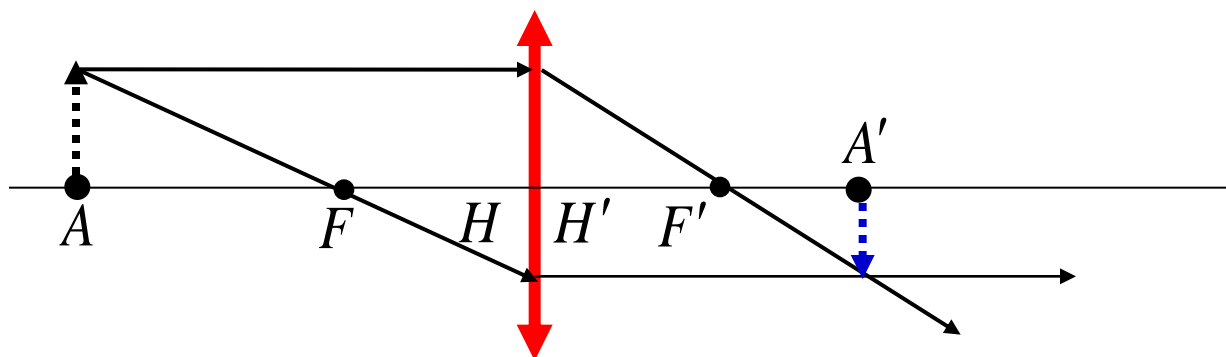
透镜符号：会聚透镜 \downarrow 发散透镜 \uparrow



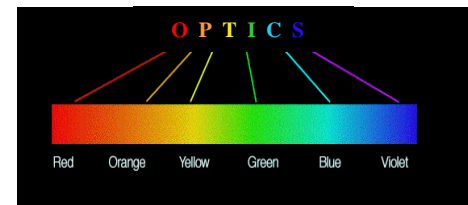
第三章 几何光学成像



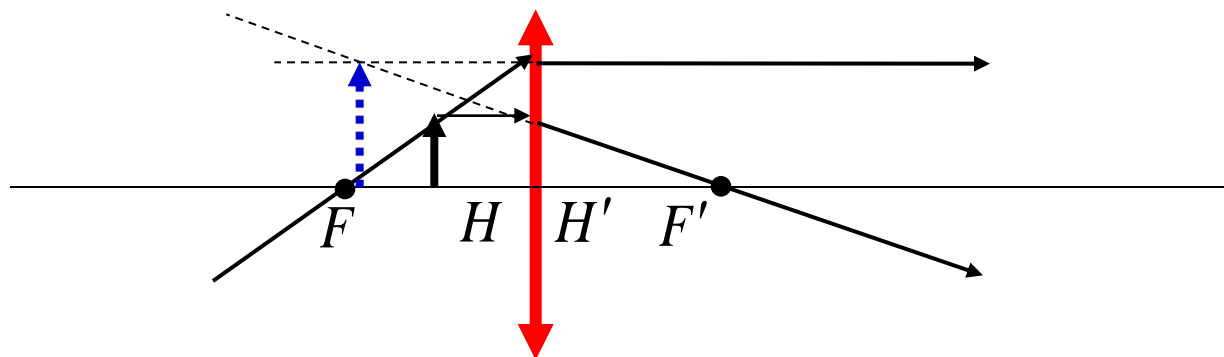
例1：求轴上点的像



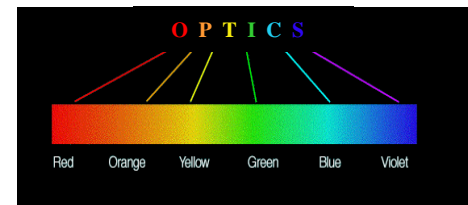
第三章 几何光学成像



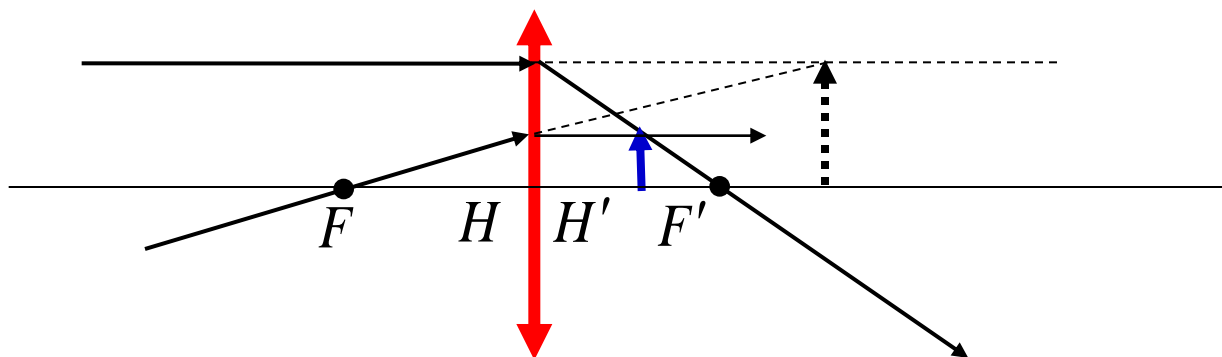
例2：实物成像（会聚透镜）



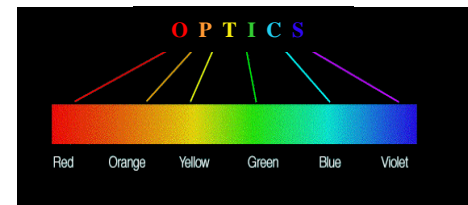
第三章 几何光学成像



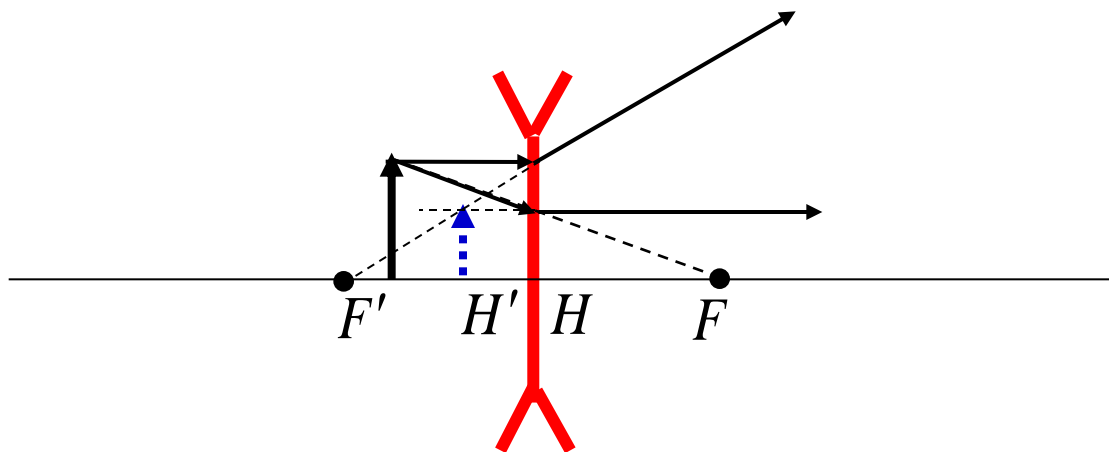
例3：虚物成像（会聚透镜）



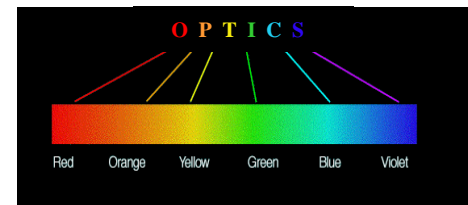
第三章 几何光学成像



例4：实物成像（发散透镜）



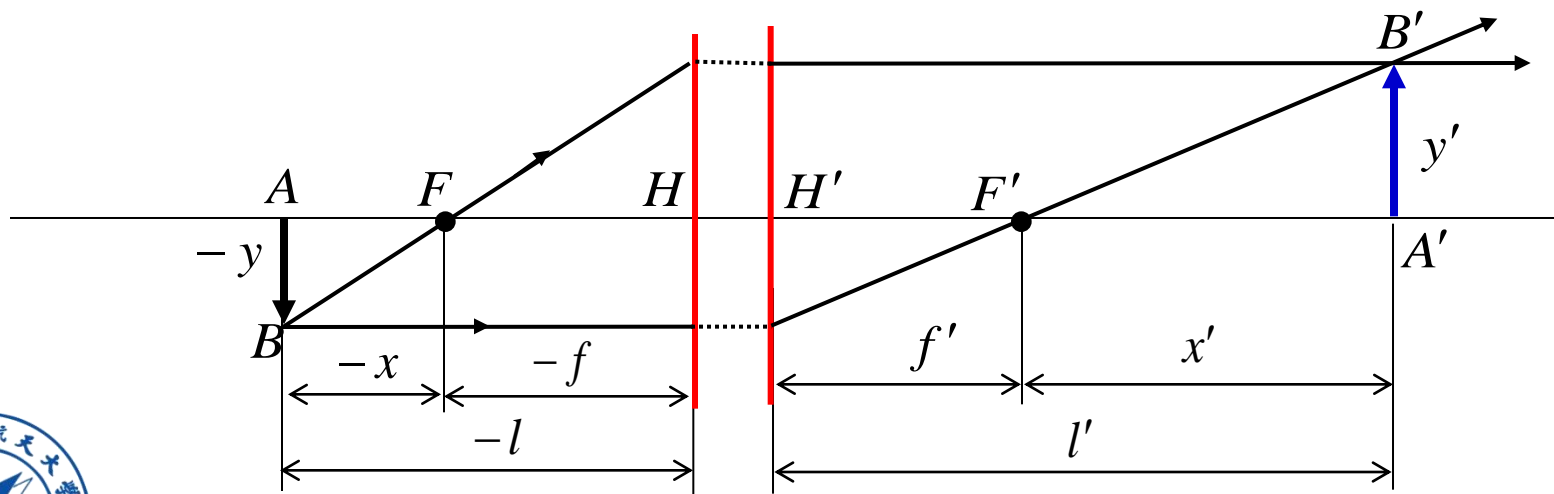
第三章 几何光学成像



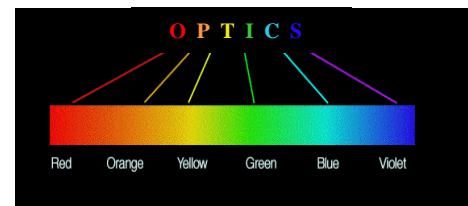
4.3 牛顿公式和高斯公式

(1) 牛顿公式

以焦点为坐标原点计算物像关系。



第三章 几何光学成像



物像位置关系: $xx' = ff'$

横向缩放关系: $\beta = \frac{y'}{y} = -\frac{f}{x} = -\frac{x'}{f'}$

符号规则:

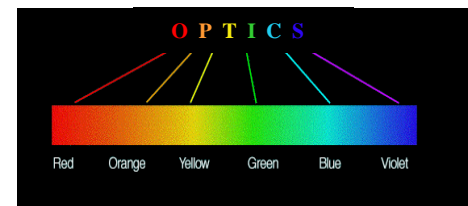
物距 x : 物方焦点 F 到物点 A , 由左到右为正;

像距 x' : 像方焦点 F' 到像点 A' , 由左到右为正。

β 正号—正像, 负号—倒像

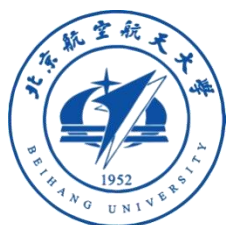
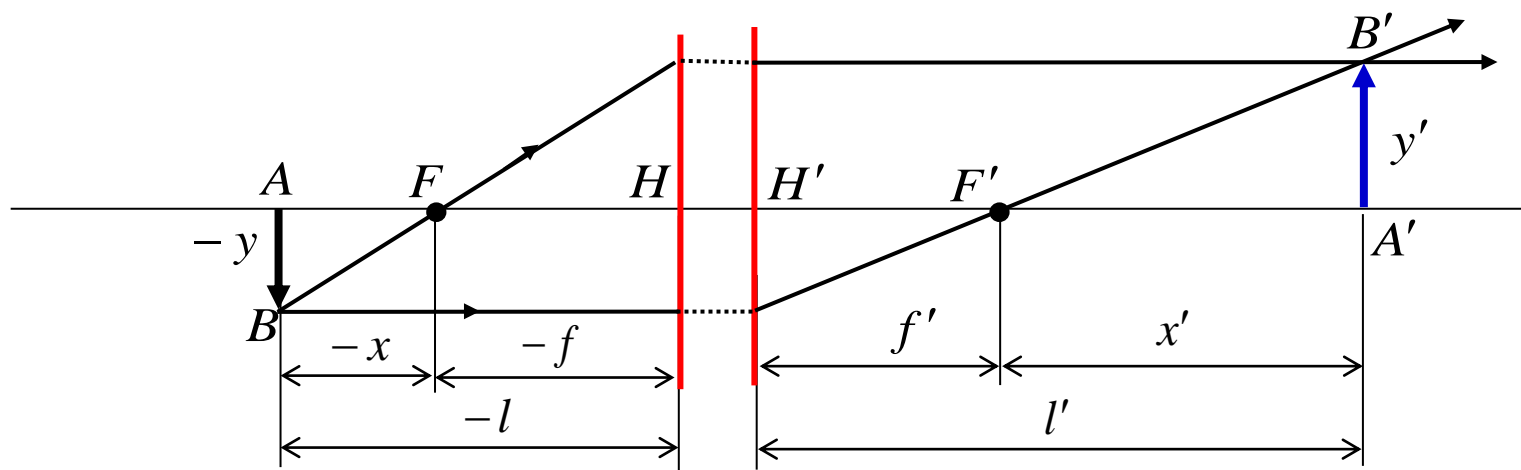


第三章 几何光学成像

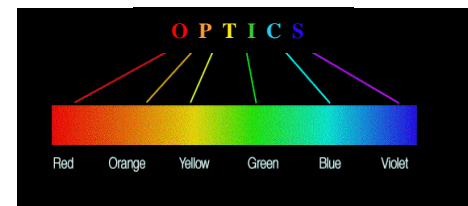


(2) 高斯公式

以主点为坐标原点计算物像关系。



第三章 几何光学成像



物像位置关系: $\frac{f'}{l'} + \frac{f}{l} = 1$

横向缩放关系: $\beta = -\frac{f}{f'} \frac{l'}{l}$

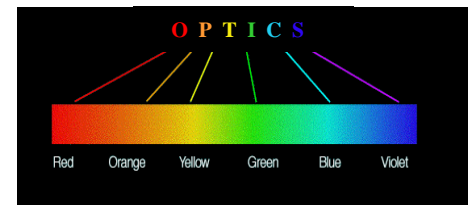
符号规则:

物距 l : 物方主点 H 到物点 A , 由左到右为正;

像距 l' : 像方主点 H' 到像点 A' , 由左到右为正。



第三章 几何光学成像

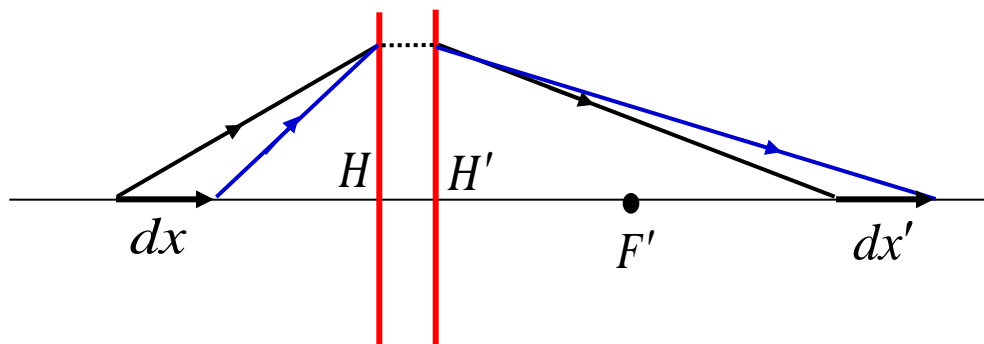


4.4 光学系统放大率

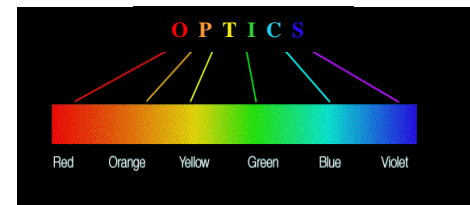
(1) 垂轴（横向）放大率

牛顿公式和高斯公式决定

(2) 轴向（纵向）放大率



第三章 几何光学成像



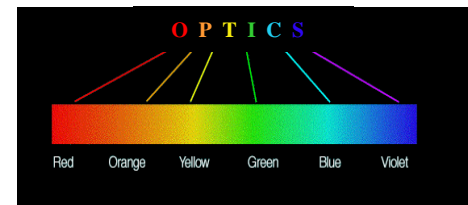
定义: $\alpha = \frac{dx'}{dx}$

应用高斯公式: $\alpha = \frac{dx'}{dx} = \frac{dl'}{dl} = -\frac{f}{f'} \frac{l'^2}{l^2}$

应用牛顿公式: $\alpha = \frac{dx'}{dx} = -\frac{x'}{x}$

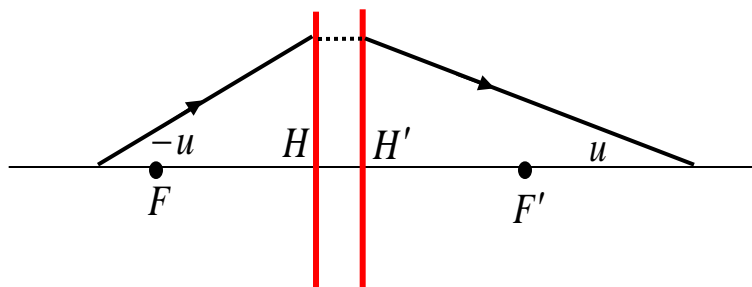


第三章 几何光学成像



(3) 角放大率

定义: $\gamma = \frac{\tan U'}{\tan U}, \quad \gamma = \frac{u'}{u}$

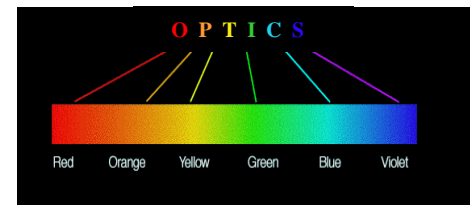


应用高斯公式: $\gamma = \frac{\tan U'}{\tan U} = \frac{l}{l'}$

应用牛顿公式: $\alpha = \frac{x}{f'} = \frac{f}{x'}$



第三章 几何光学成像

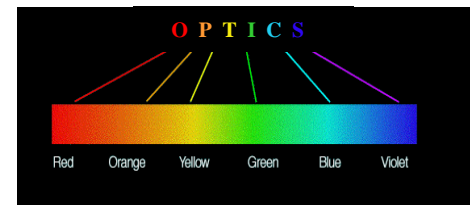


(4) 三种放大率之间关系

$$\alpha = \frac{\beta}{\gamma}, \quad \beta = \alpha \cdot \gamma$$



第三章 几何光学成像



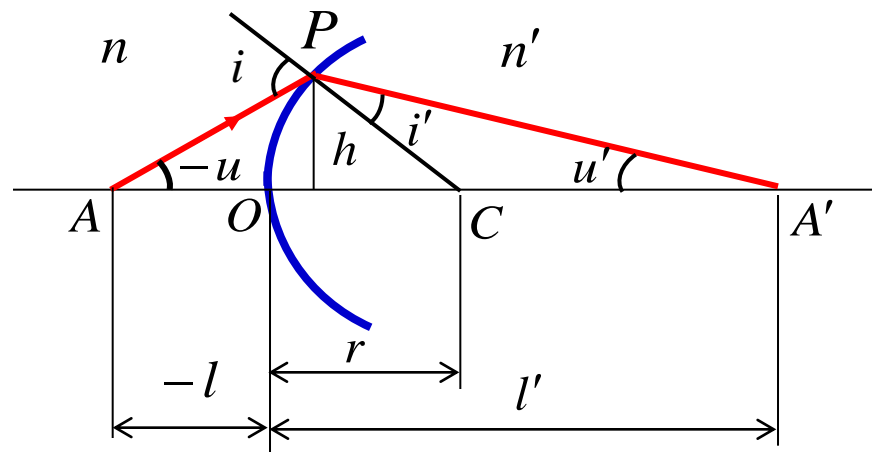
4.5 物像空间不变式

拉格朗日—亥姆霍兹定理

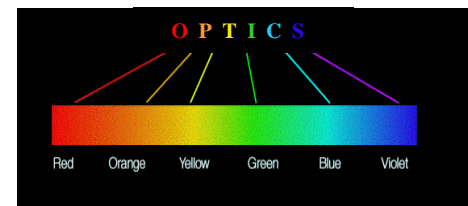
——建立物方空间参量和像方空间参量的联系。

(1) 近轴单折射球面

$$nuy = n'u'y'$$



第三章 几何光学成像



(2) 近轴多球面系统

$$n_1 u_1 y_1 = n'_1 u'_1 y'_1 = n_2 u_2 y_2 = \cdots = n'_k u'_k y'_k$$

任意空间: $J = nuy = n'u'y'$

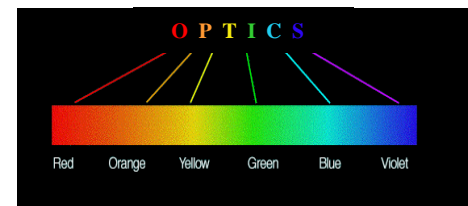
——拉格朗日不变量

(3) 理想光学系统

$$J = ny \tan U = n'y' \tan U'$$



第三章 几何光学成像



4.6 物方焦距和像方焦距关系

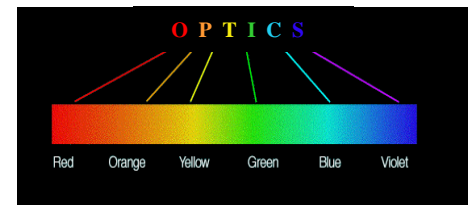
$$\frac{f}{f'} = -\frac{n}{n'}$$

空气中, $n=n'$

$$f' = -f$$



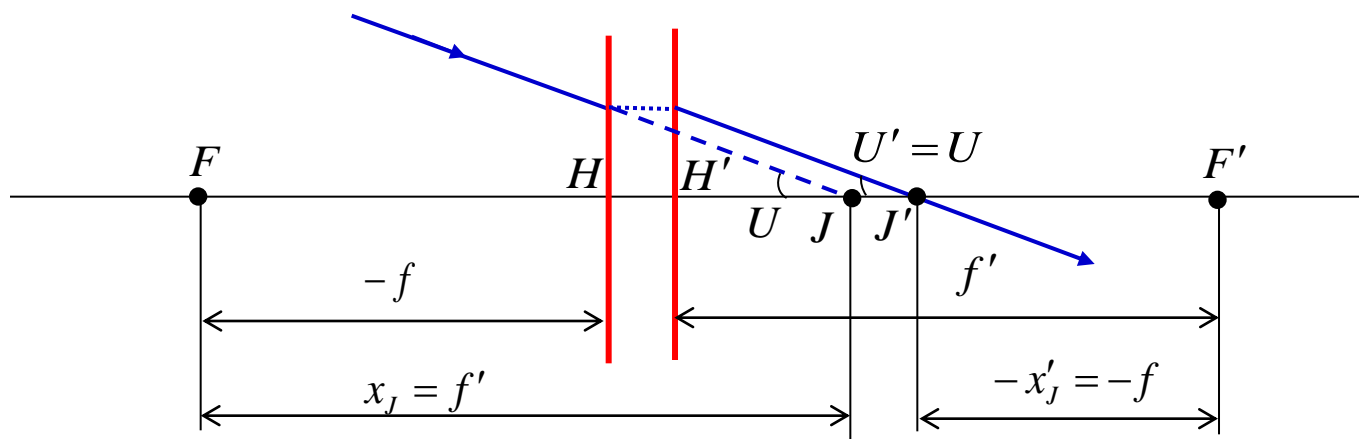
第三章 几何光学成像



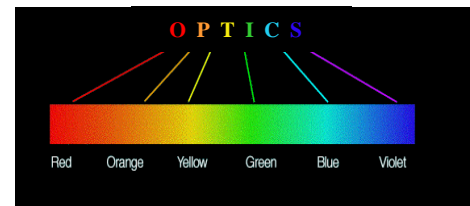
4.7 节平面和节点

节面：角放大率 $\alpha=1$ 的一对共轭面

节点：节平面与光轴的交点 J, J'



第三章 几何光学成像



节点性质：

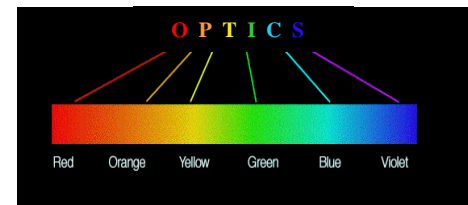
通过物方节点 J 的光线，出射光线必定通过像方节点 J' ，并且与入射光线平行。

节点位置： $x_J = f'$, $x_{J'} = f$

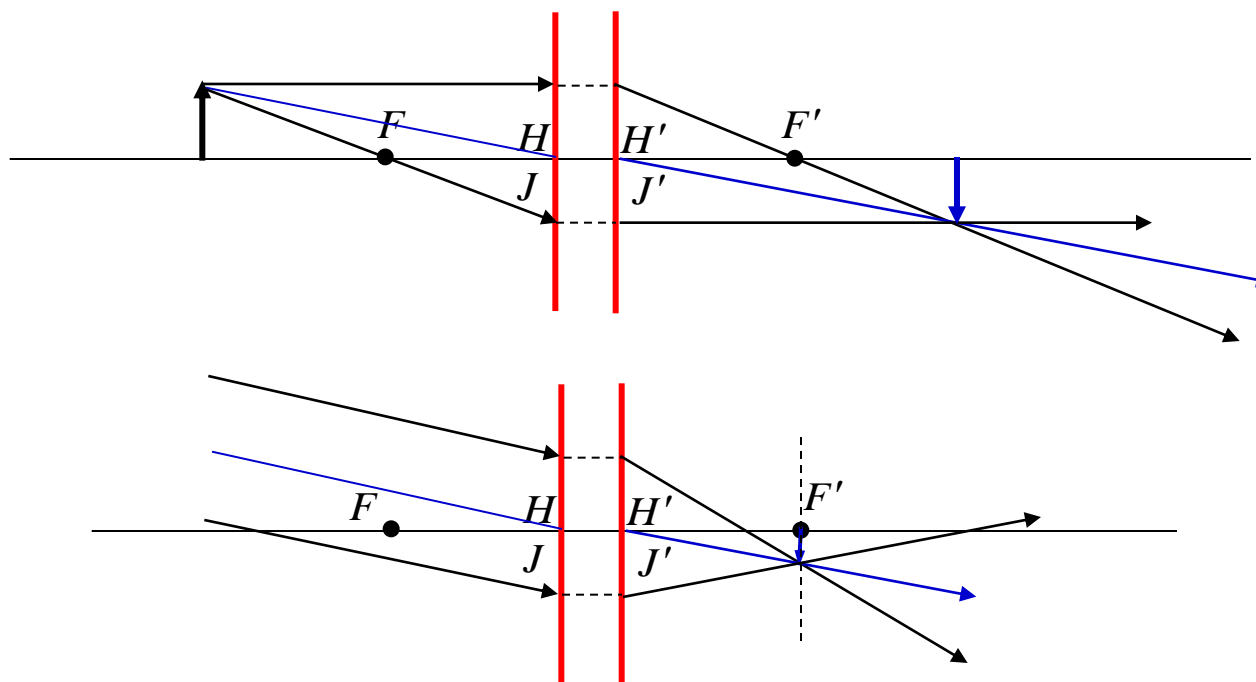
$n=n'$ ：主面（ H, H' ）与节面（ J, J' ）重合。



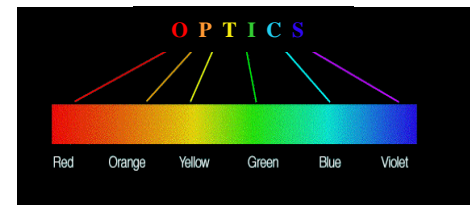
第三章 几何光学成像



节面节点在物像关系作图法中的应用

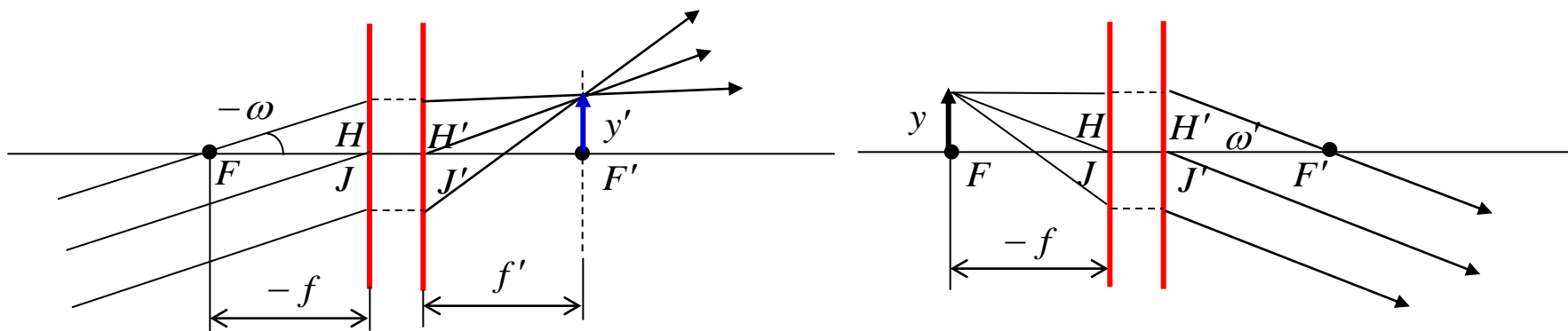


第三章 几何光学成像

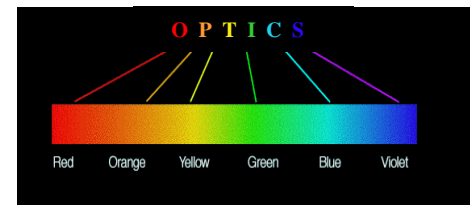


4.8 无限远物体的像高

无限远物体发光，光束为平行光，与光轴夹角 ω ， $\beta=0$ 。



第三章 几何光学成像



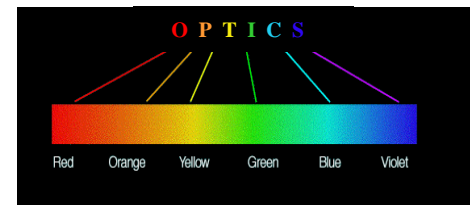
像高: $y' = -f \tan(-\omega) = f \tan \omega$

物高: $y' = f' \tan \omega'$

ω 符号规则: 以光轴为起始轴, 转向光线, 顺时针为正, 逆时针为负。



第三章 几何光学成像



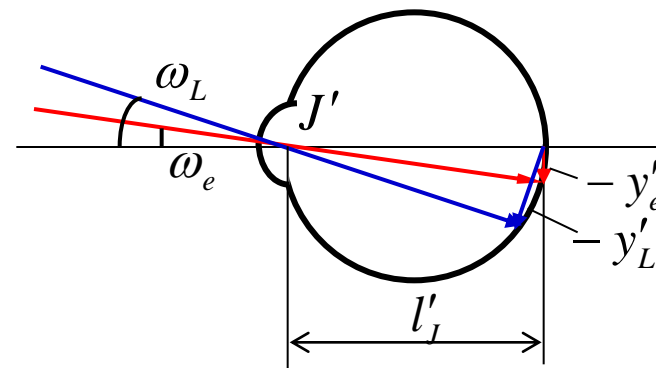
五，光学成像仪器

5.1 放大镜

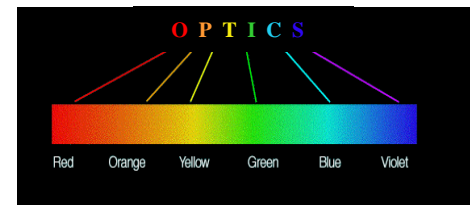
视放大率：

用仪器观察时在视网膜上所成的像高与直接人眼观察时所成的像高之比。

$$\Gamma = \frac{y'_L}{y'_e} = \frac{\tan \omega_L}{\tan \omega_e}$$



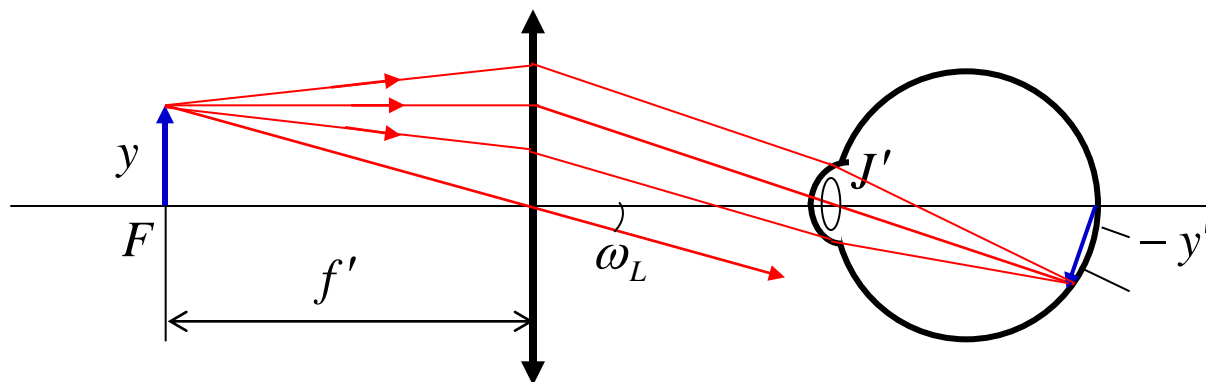
第三章 几何光学成像



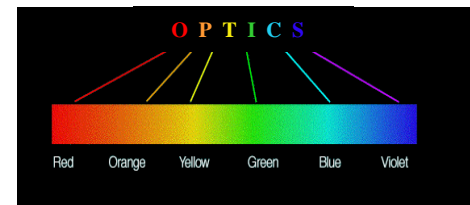
- 增大视角，产生放大作用；
- 应使无限远目标成像，即平行光入射。

放大镜视放大率：

$$\Gamma = \frac{y'_L}{y'_e} = \frac{\tan \omega_L}{\tan \omega_e} = -\frac{l}{f'}$$



第三章 几何光学成像



l : 物距。明视距离 $l = -250\text{mm}$

$$\Gamma = \frac{250}{f'}$$

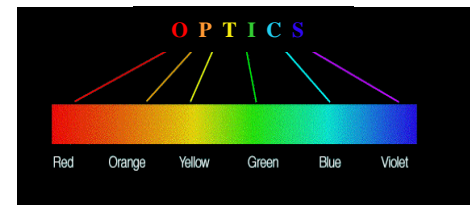
结论： 物体应置于放大镜前焦点附近；

$f' = 250\text{mm}$ ，无放大作用；

$f' < 250\text{mm}$ ，越小放大作用越大。

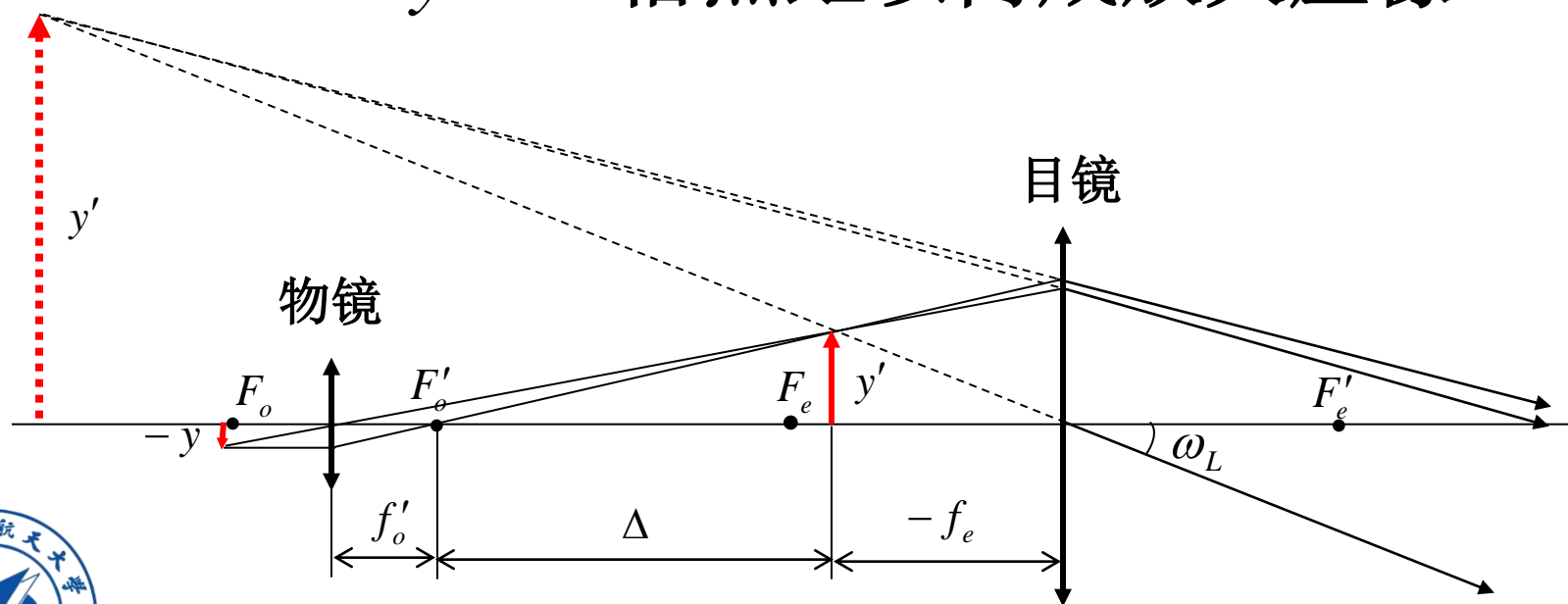


第三章 几何光学成像

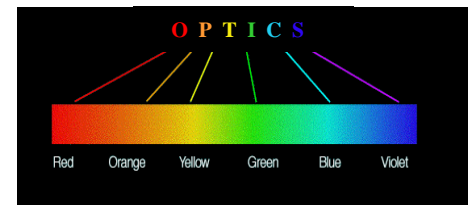


5.2 显微镜

$-y$: 1倍焦距以外成放大实像;
 y' : 1倍焦距以内成放大虚像。



第三章 几何光学成像



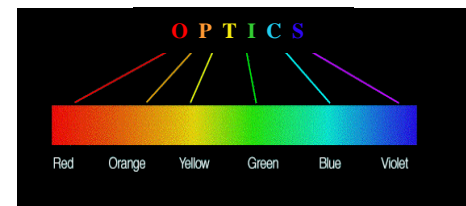
放大率：

$$\Gamma = \frac{\tan \omega_L}{\tan \omega_e} = -\frac{250\Delta}{f'_o \cdot f'_e} = \beta_o \cdot \Gamma_e$$

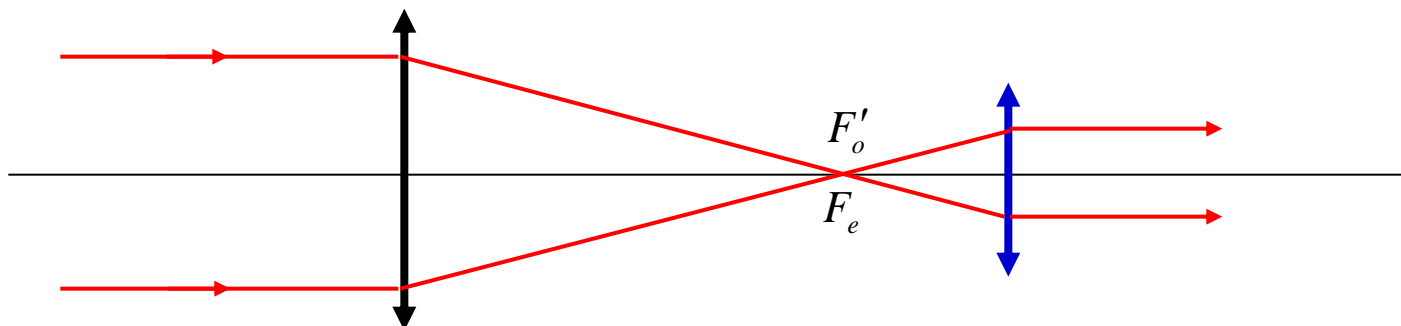
显微镜的总放大率等于物镜的横向放大率与目镜视放大率的乘积。



第三章 几何光学成像



5.3 望远镜

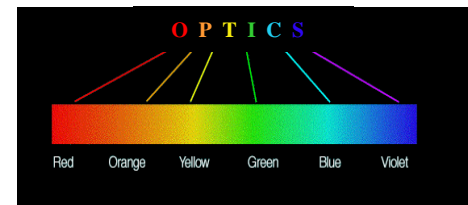


无限远目标成像在无限远；

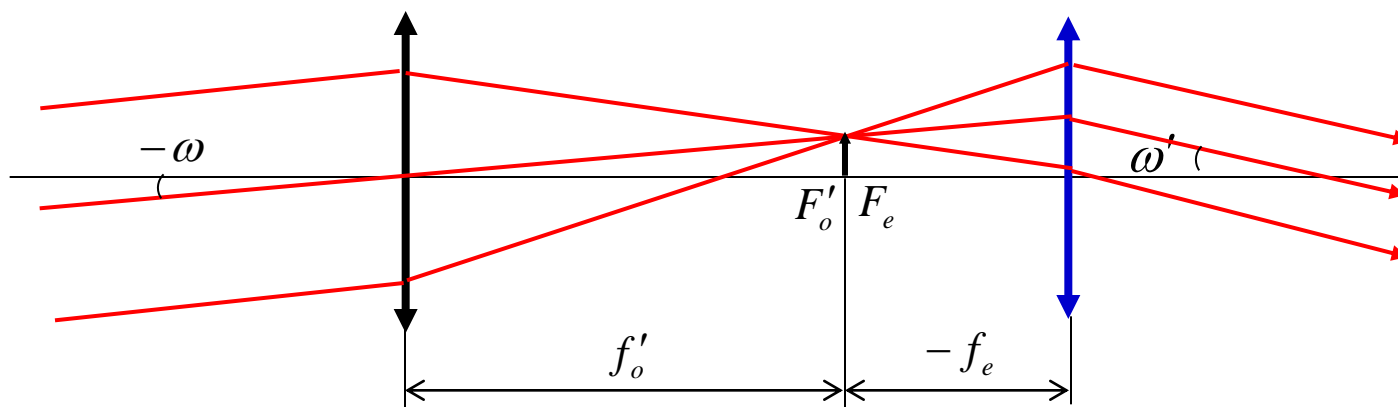
由物镜 + 目镜组成；物镜的像方焦点
与目镜的物方焦点重合。



第三章 几何光学成像



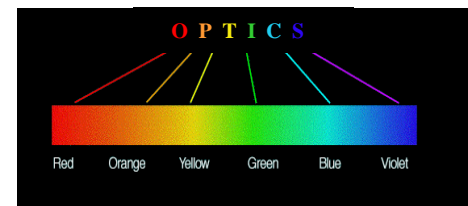
望远镜放大率:



$$\Gamma = \frac{\tan \omega_L}{\tan \omega_e} = \frac{\tan \omega'}{\tan \omega} = -\frac{f'_o}{f'_e}$$



第三章 几何光学成像

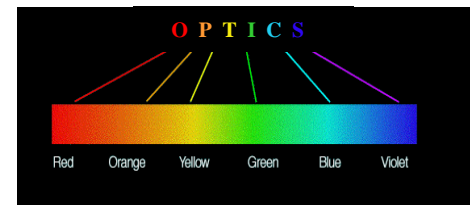


望远镜特性：

- 增加放大倍数必须增大物镜焦距或减小目镜焦距。
- Γ 正值—正像； Γ 负值—倒像。
- 角放大率 γ 与视放大率 Γ 相同，只与物镜和目镜焦距有关，与物像位置无关。



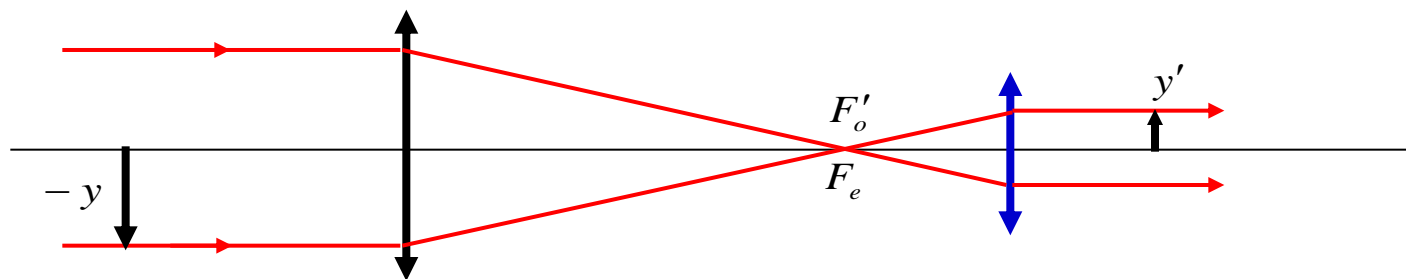
第三章 几何光学成像



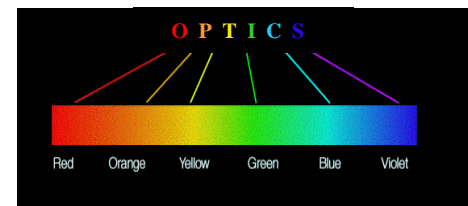
$$\gamma = \Gamma = \frac{\tan \omega'}{\tan \omega} = -\frac{f'_o}{f'_e}$$

➤ 望远镜的横向放大率和轴向放大率也与物像位置无关

$$\beta = 1/\gamma = 1/\Gamma = -\frac{f'_e}{f'_o}$$

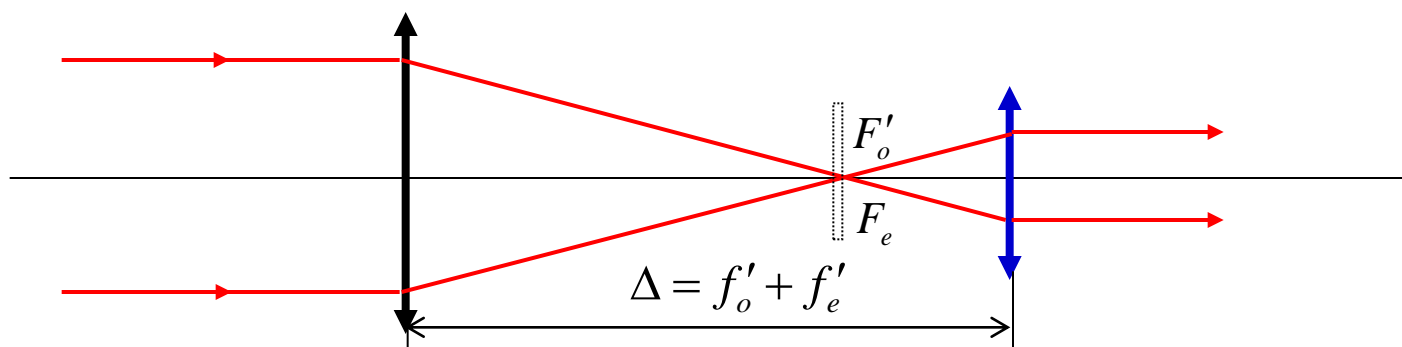


第三章 几何光学成像



望远镜类型：

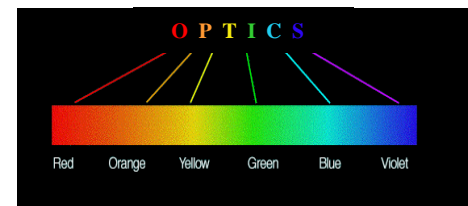
开普勒望远镜



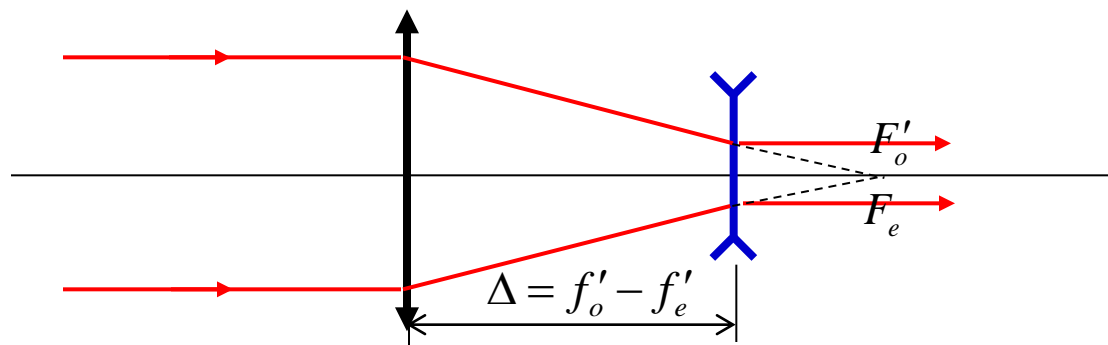
采用正光焦度目镜， $\Gamma < 0$ 倒像，需要转像系统。存在实焦点，可以安装分划板，便于测量。



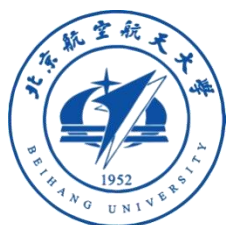
第三章 几何光学成像



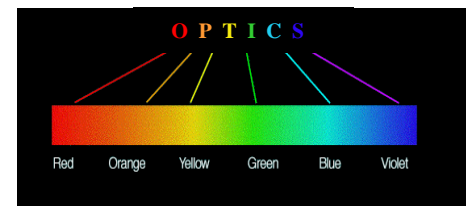
伽利略望远镜



采用负光焦度目镜， $\Gamma > 0$ 正像，不存在实焦点，无法用分划板，体积小。

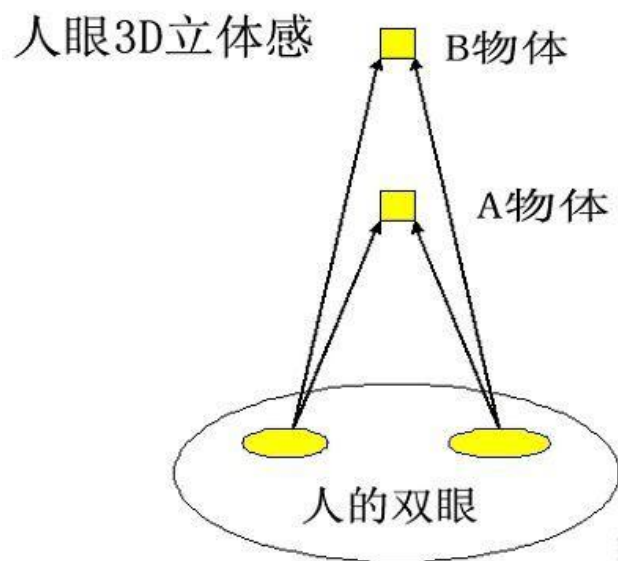


第三章 几何光学成像



5.4 空间深度感觉和立体视觉

空间深度感觉——成像的远近感觉，通常依据视角的变化决定。





左目の画像
What your left eye sees



左目への液晶画像
イメージ
Left eye image



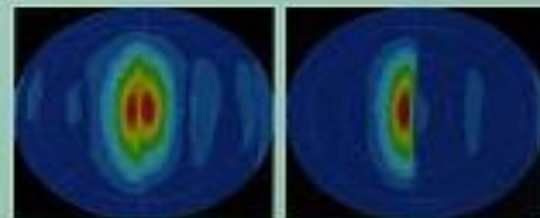
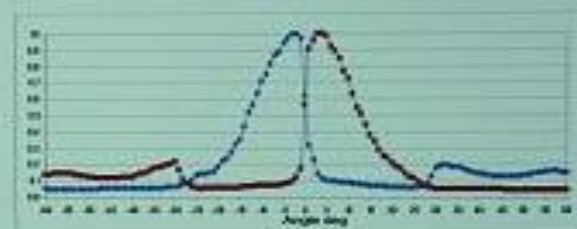
右目の画像
What your right eye sees



右目への液晶画像
イメージ
Right eye image

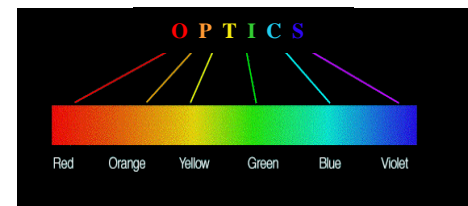


Brightness

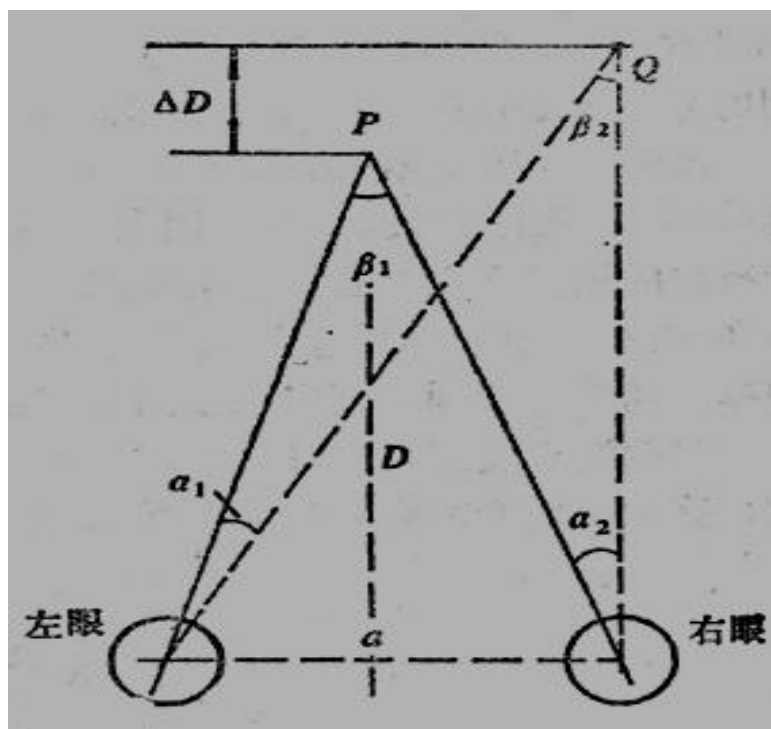


Both LED's on Both LED's on Left LED's on Left LED's on
Conoscopic emission Conoscopic emission

第三章 几何光学成像



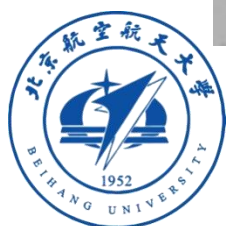
立体视觉



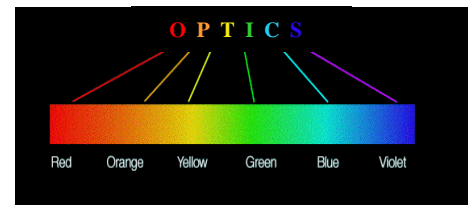
双眼观看物体时产生的图像移位感称为视差。

最小视差角 δ （体视阈值）：

$$\delta = \beta_1 - \beta_2$$



第三章 几何光学成像



实验测定 $\delta \approx 10''$ 。

立体视觉半径——人眼可分辨的远近距离最大值：

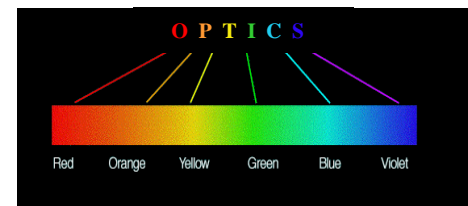
$$l_M = a/\delta = 62\text{mm}/10'' \approx 1200\text{m}$$

双眼立体视觉误差：

$$\Delta D = \delta \frac{D^2}{a}$$



第三章 几何光学成像



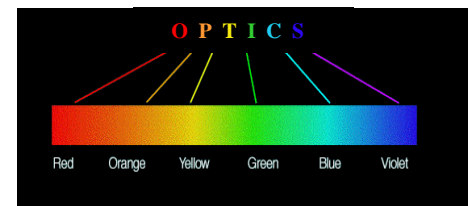
立体电视（电影）原理：两种。

（1）利用双眼视差特性，使一对视差信号的两幅图像同时出现在屏幕上，两眼分别观看这两幅图像获得立体感觉；

（2）利用单眼也可获得立体感特性。将一对视差信号的两幅图像交替出现在屏幕上，从而获得立体感觉。



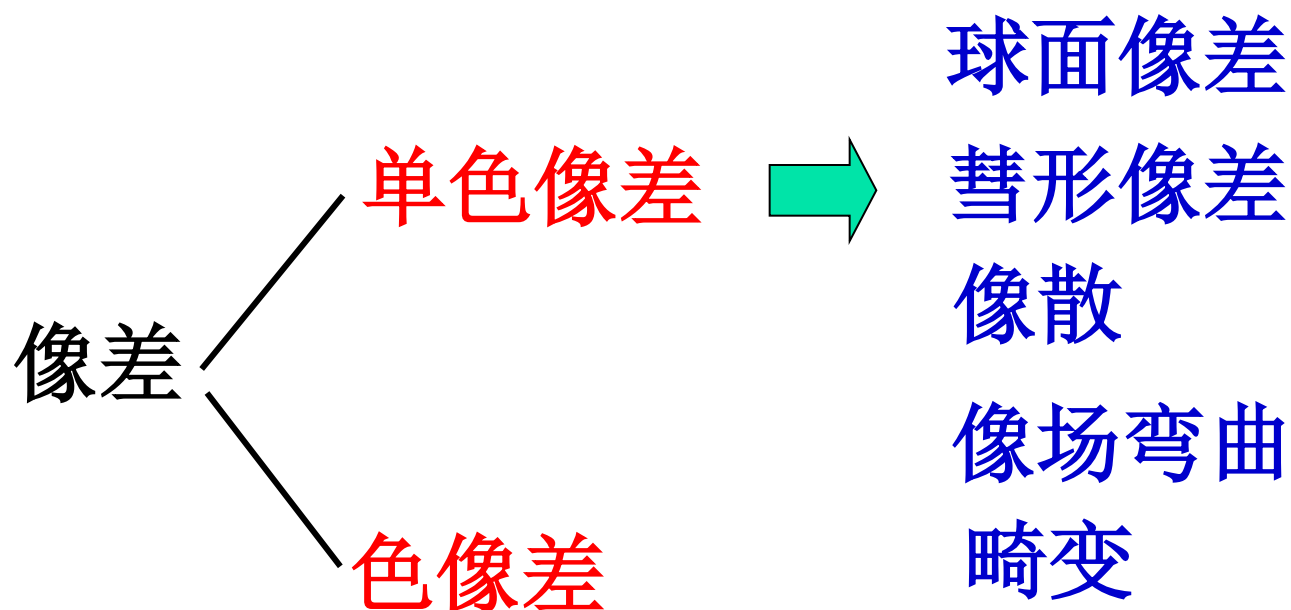
第三章 几何光学成像



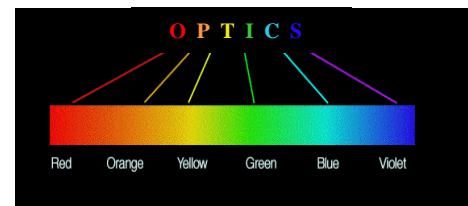
六，像差理论基础

像差：任何偏离理想成像的现象

6.1 像差分类



第三章 几何光学成像



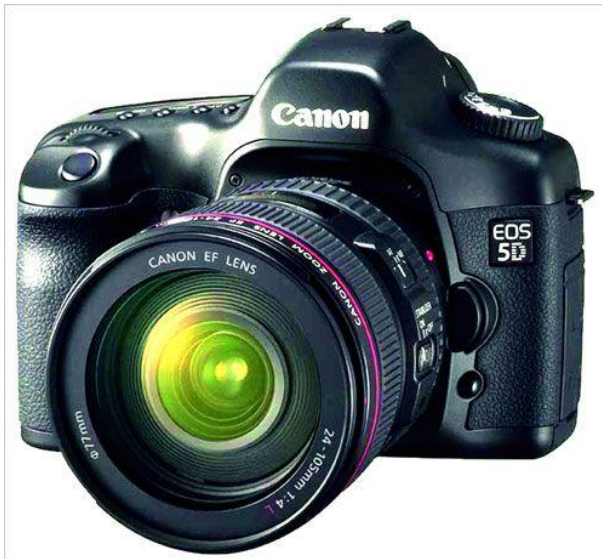
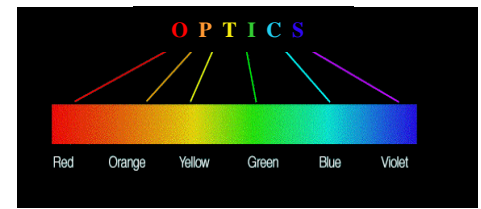
单色像差影响：

球面像差、彗形像差：大孔径成像。
像散、像场弯曲、畸变：大视场成像。

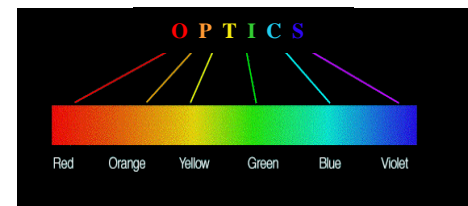
球差、彗差、像散：破坏光束同心性
像场弯曲：使像平面弯曲
像散：破坏物像相似性



第三章 几何光学成像

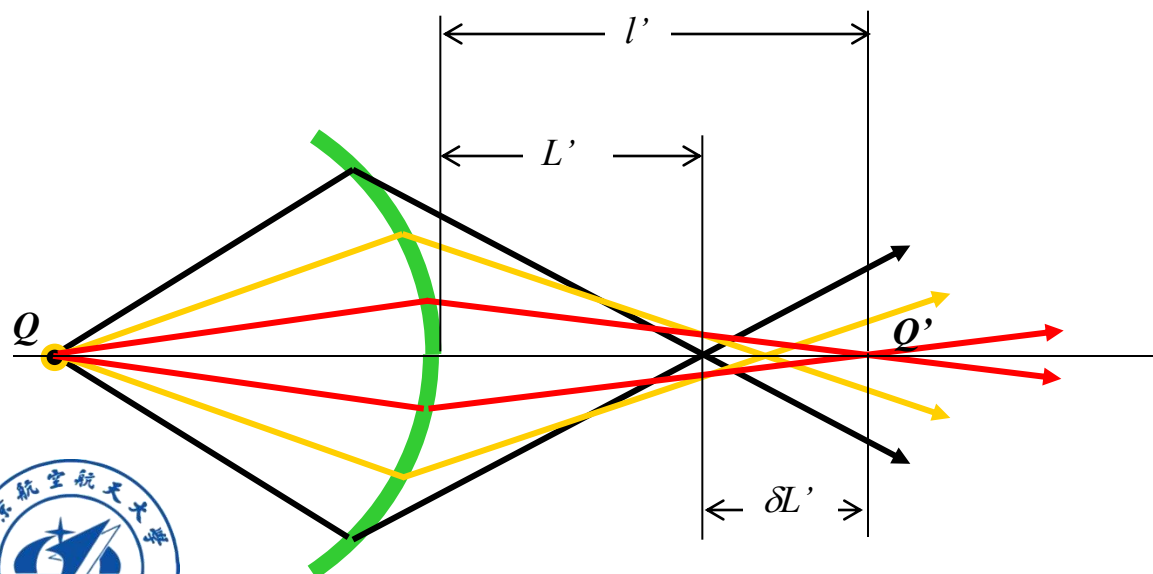


第三章 几何光学成像



6.2 球面像差（球差）：

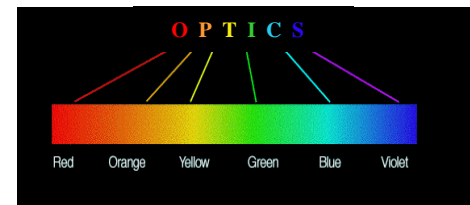
轴上物点发出的光束经球面折射后不再交于一点。



$$\delta L' = L' - l'$$



第三章 几何光学成像



球差 $\delta L'$ 的符号规则:

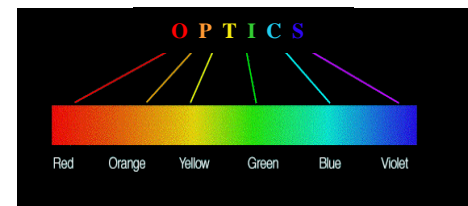
光线交点在理想像点 Q' 左侧 $\delta L' < 0$ (负球差); 光线交点在理想像点 Q' 右侧 $\delta L' > 0$ (正球差)

球差的消除:

$\delta L'$ 与 n , r_1 和 r_2 有关, 可选择不同的 r_1/r_2 , 使球差最小, 但不能完全消除。
或使用不同 n 、 r 值的凹凸透镜组合。

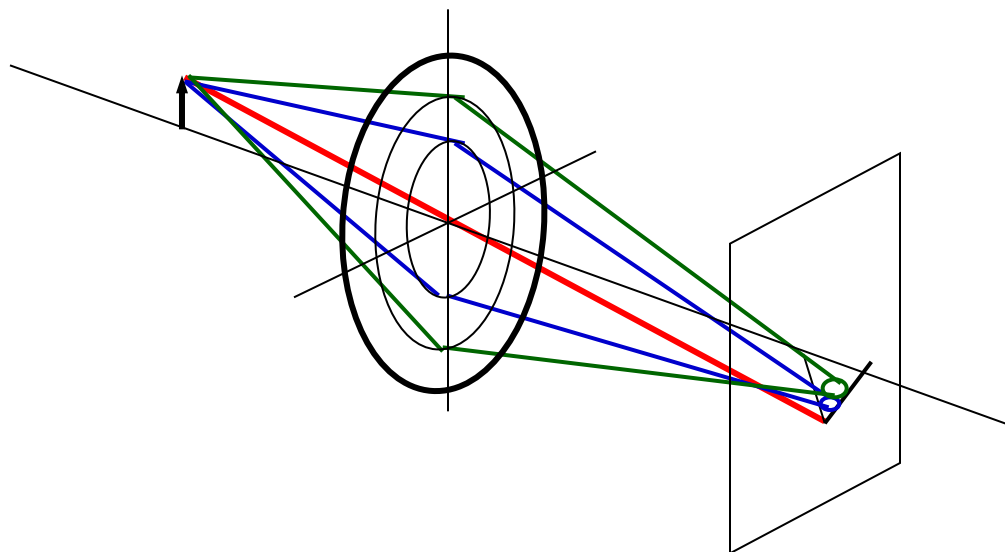


第三章 几何光学成像

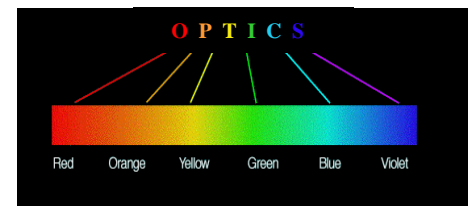


6.3 彗形像差（彗差）

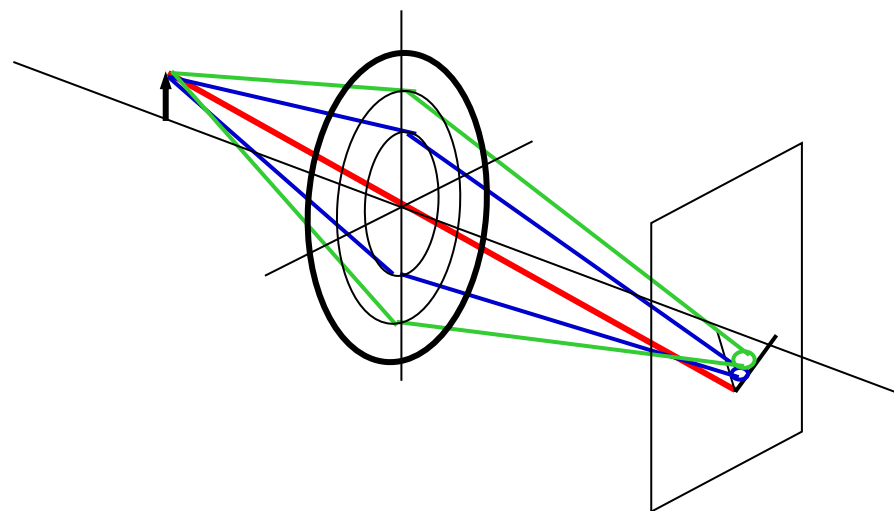
傍轴物点发出的宽光束经球面系统在像平面上形成彗星状的像斑。



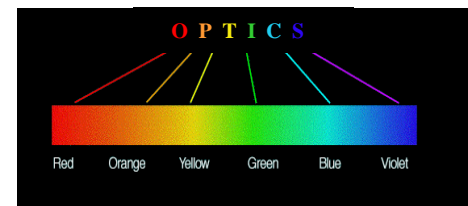
第三章 几何光学成像



经过光瞳面上各个圆周的光线在像平面上仍将落在一系列圆周上，不过这些圆周不再是同心圆，半径愈大的圆，其中心离理想像点愈远，形成如彗星状光斑。



第三章 几何光学成像

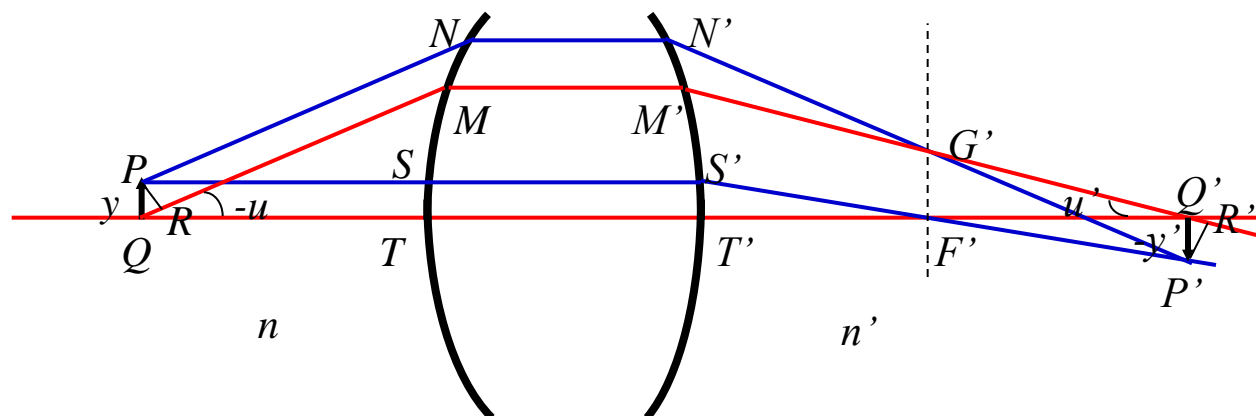


6.4 正弦条件和齐明点

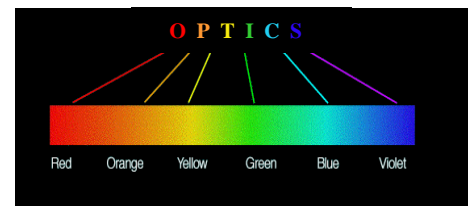
阿贝正弦条件:

$$n y \sin u = n' y' \sin u'$$

在轴上已消除球差的前提下，傍轴物点以大孔径光束成像的充要条件。



第三章 几何光学成像



齐明点：

光轴上已消除球差且满足阿贝正弦条件的一对共轭点。

单个折射球面存在一对齐明点，位置：

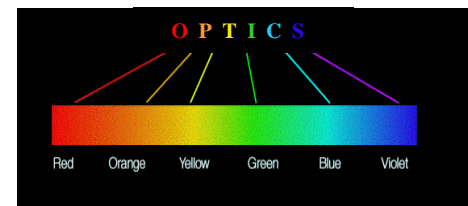
物点 Q 到球心 C 距离： $\overline{QC} = (n'/n)r$

像点 Q' 到球心 C 距离： $\overline{Q'C} = (n/n')r$

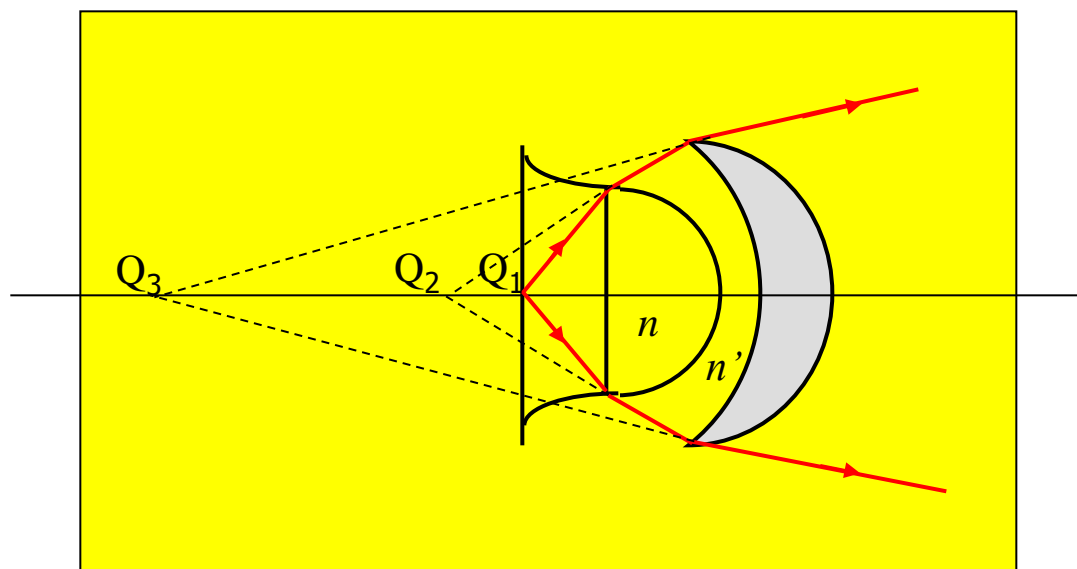
证明见 P39



第三章 几何光学成像



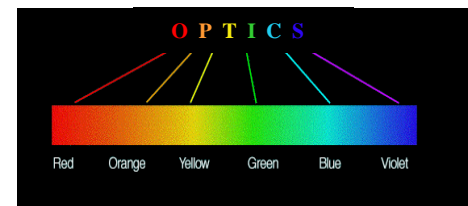
油浸显微物镜（无球差和彗差）



由于存在色差，透镜一般不多于两个



第三章 几何光学成像

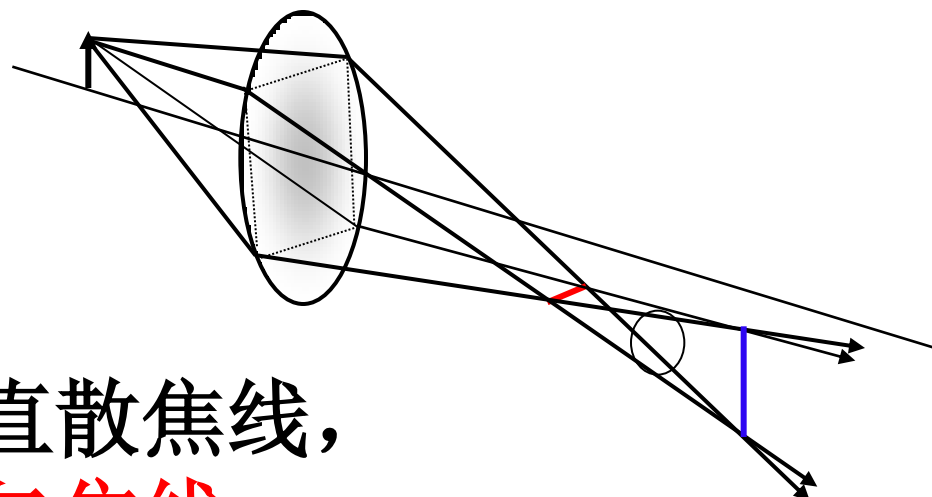


6.5 像散和像场弯曲

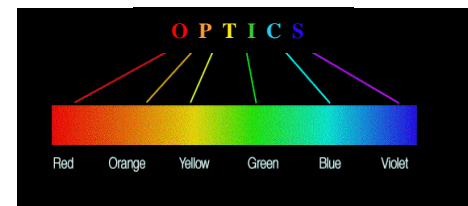
物点远离光轴，光束大倾角入射引起

像散：

- 出射光束截面一般为椭圆；
- 形成两互相垂直散焦线，
子午焦线和弧矢焦线

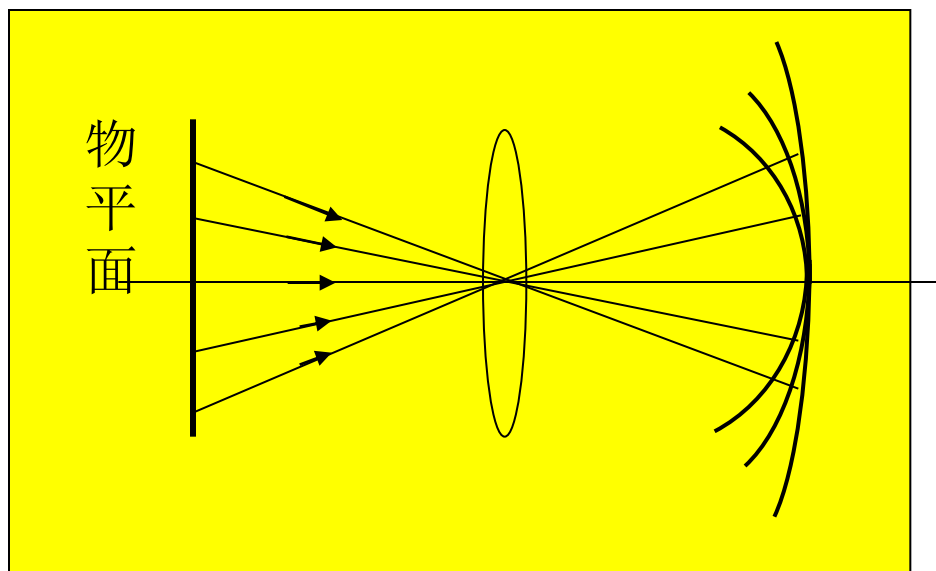


第三章 几何光学成像

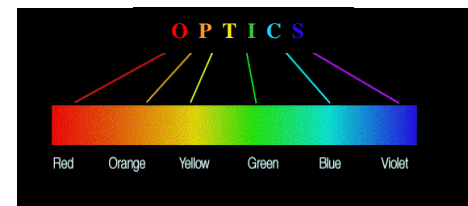


子午焦线和弧矢焦线之间，光束存在一个圆截面，称为最小模糊圆，是放置接收器的最佳位置。

像场弯曲

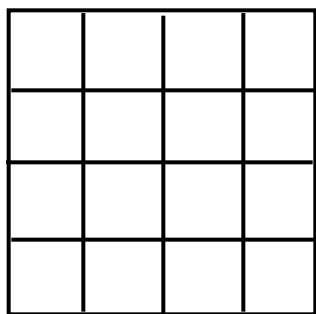


第三章 几何光学成像

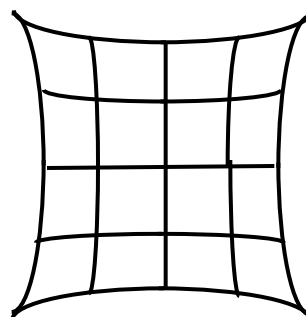


6.6 畸变

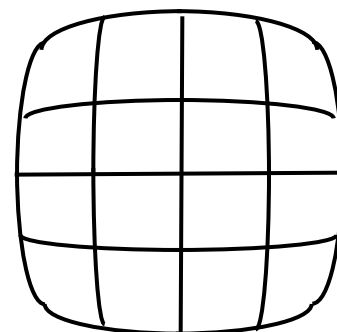
不破坏光束同心性，因此不影响像的清晰度，但使物像各部分比例失调。



物



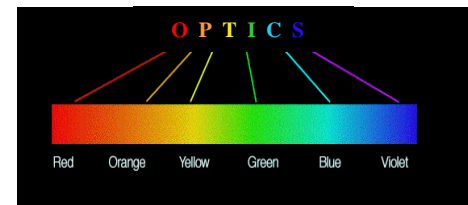
枕形畸变



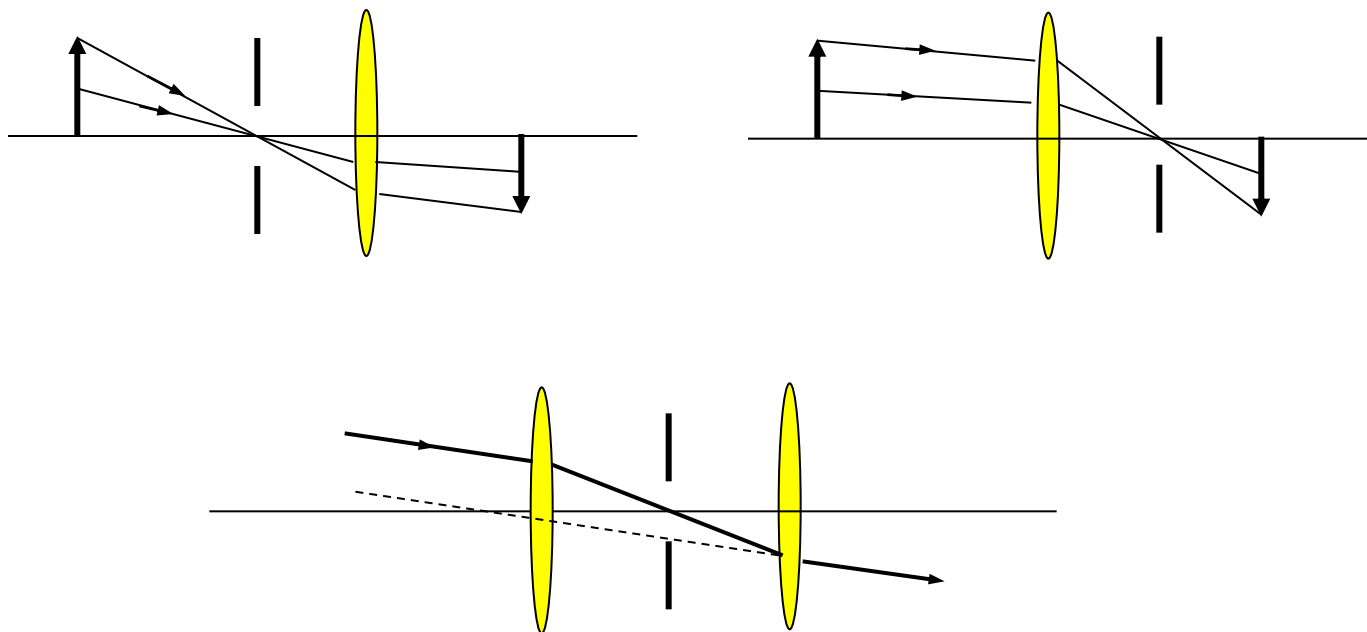
桶形畸变



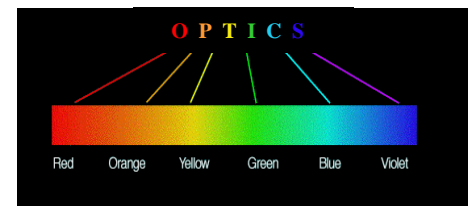
第三章 几何光学成像



畸变与孔径光阑位置有关



第三章 几何光学成像

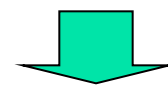


6.7 色像差

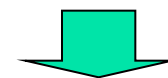
薄透镜焦距:

$$\frac{1}{f'} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

波长不同



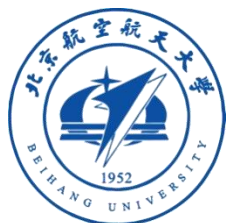
折射率不同



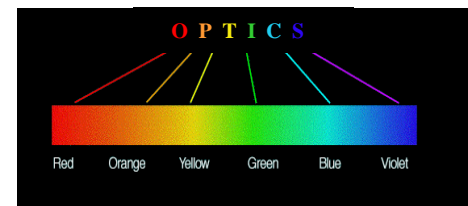
焦距不同



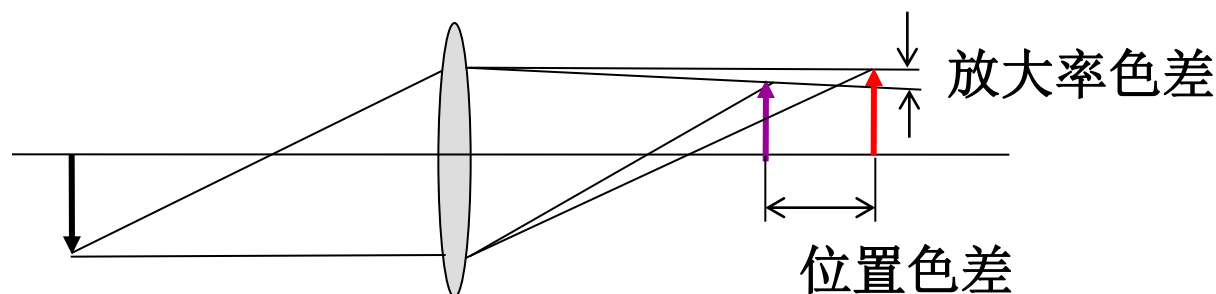
像位置和大小不同



第三章 几何光学成像



位置不同—轴向色差；
大小不同—横向色差。



色差消除：

使用不同材料做成的凹凸透镜胶合起来可以对选定的两种波长消除色差。

