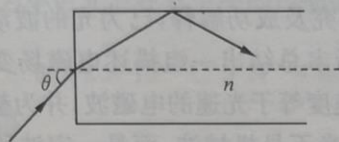


王少杰《新编基础物理学》习题

习题 14

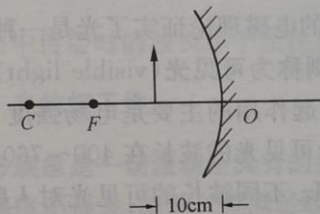
14-1 如题 14-1 图所示,一束平行光线以入射角 θ 射入折射率为 n , 置于空气中的透明圆柱棒的端面. 试求光线在圆柱棒内发生全反射时, 折射率 n 应满足的条件.



题 14-1 图

14-2 远处物点发出的平行光束, 投射到一个空气中的实心的玻璃球上. 设玻璃的折射率为 $n = 1.50$, 球的半径为 $r = 4\text{cm}$. 求像的位置.

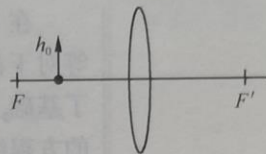
14-3 如题 14-3 图所示的一凹球面镜, 曲率半径为 40cm , 一小物体放在离镜面顶点 O 前 10cm 处. 试作图表示像的位置、虚实和正、倒, 并计算出像的位置和垂轴放大率.



题 14-3 图

14-4 高为 h_0 的小物体, 在焦距 $f > 0$ 的薄透

镜左侧, 置于 $0 < p < f$ 的位置. 试在题 14-4 图中用作图法表示像的位置、实、虚, 放大还是缩小, 正立还是倒立.



题 14-4 图

14-5 高为 h_0 的小物体, 在焦距 $f < 0$ 的薄透镜左侧, 放置在 $|p| > |f|$ 的位置. 试用作图法表示像的位置、实、虚, 放大还是缩小, 正立还是倒立.

14-6 一竖立玻璃板的折射率为 1.5 , 厚度为 10cm , 观察者在玻璃板后 10cm 处, 沿板的法线方向观察置于板的前方同一法线上 10cm 处的一小物体时, 它距观察者有多远?

14-7 为下列情况选择光焦度合适的眼镜.

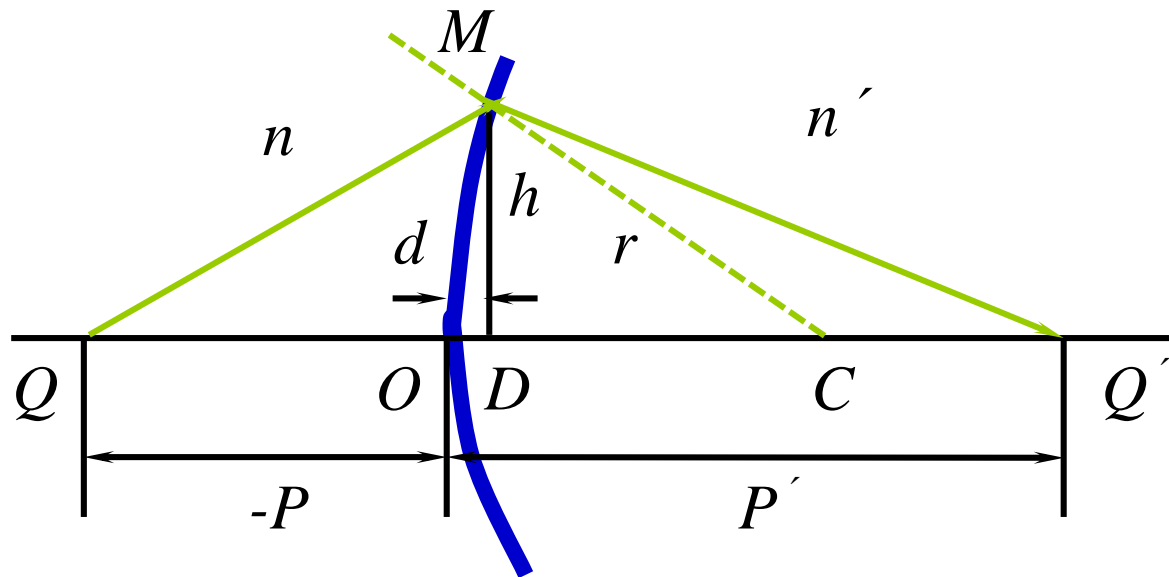
- (1) 一位远视者的近点为 80.0cm .
- (2) 一位近视者的远点为 60.0cm .

14-8 一双凸薄透镜的两表面半径均为 50mm , 透镜材料折射率 $n = 1.5$, 求该透镜位于空气中的焦距为多少?

14-9 一玻璃棒 ($n = 1.5$), 长 50cm , 两端面为半球面, 半径分别为 5cm 和 10cm , 一小物高 0.1cm , 垂直位于左端球面顶点之前 20cm 处的轴线上. 问:

- (1) 小物经玻璃棒成像在何处?
- (2) 整个玻璃棒的横向放大率为多少?

回顾



符号规则:

★ (1) 线段：光轴方向上，以顶点为起点，沿光线进行方向为正，反之为负；垂直方向上，主光轴上方为正，反之为负。

(2) 球面的曲率半径：球心在球面顶点的右方为正，反之为负。(自左向右为正方向)

回顾

(3) **物距**：自参考点（球面顶点、薄透镜的光心）到物点，沿光线方向为正，反之为负。

(4) **象距**：自参考点（球面顶点、薄透镜的光心）到象点，沿光线方向为正，反之为负。

(5) **物高和象高**：物高和象高垂直于光轴，向上为正，反之为负。

★ (6) **角度**：以光轴或界面法线为始边，旋转到该光线，旋转方向为顺时针，角度为正，反之为负。

★ 此外，还规定在图上**只标记角度和线段的绝对值**，若某一字母表示负的数值，则在其前面标以负号。
注：有的教材上没这规定。

回顾

近轴光线单球面折射成像公式

物像关系:

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

像方焦距:

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

物方焦距:

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

高斯公式:

$$\frac{f'}{p'} + \frac{f}{p} = 1$$

横向放大率:

$$\beta = \frac{y'}{y} = \frac{np'}{n'p}$$

近轴光线 球面反射 成像公式

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f'}$$

$$f' = \frac{r}{2} \quad \text{横向放大率: } \beta = \frac{y'}{y} = \frac{-p'}{p}$$

①

②

③

④

⑤

$|\beta| > 1$ 为放大,

$|\beta| < 1$ 为缩小;

$\beta > 0$ 为正立像,

$\beta < 0$ 为倒立像。

薄透镜公式总结:

1. 薄透镜物象公式

$$\frac{n'}{p'} - \frac{n}{p} = \Phi$$



$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{n_L - 1}{r_1} + \frac{1 - n_L}{r_2} = \Phi$$

其中: $\Phi = \frac{n_L - n}{r_1} + \frac{n' - n_L}{r_2} = \Phi_1 + \Phi_2$

2. 焦距

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

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



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

3. 高斯公式

$$\frac{f'}{p'} + \frac{f}{p} = 1$$



$$\frac{1}{p'} - \frac{1}{p} = \frac{1}{f'}$$

4. 横向放大率

$$V = \frac{y'}{y} = \frac{np'}{n'p}$$

$$V = V_1 \cdot V_2 \cdots V_i = \prod_i V_i$$

6. 当薄透镜置于空气中

$$n = n' = 1$$

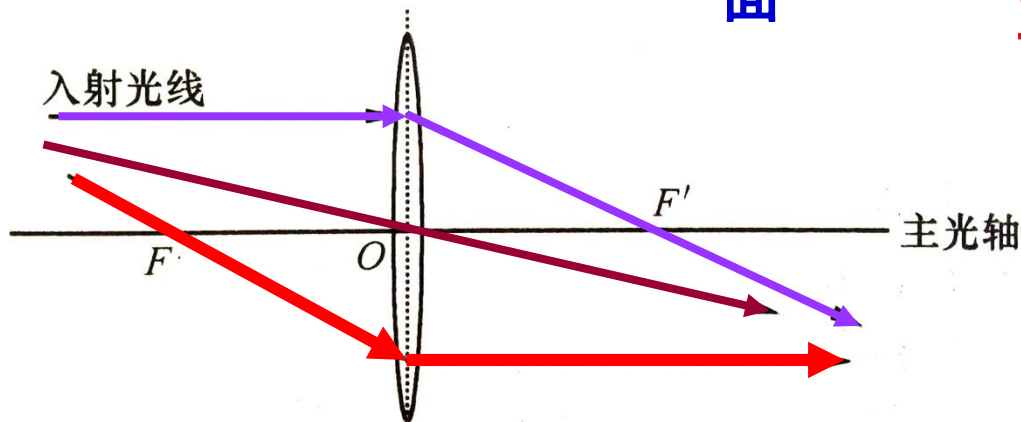
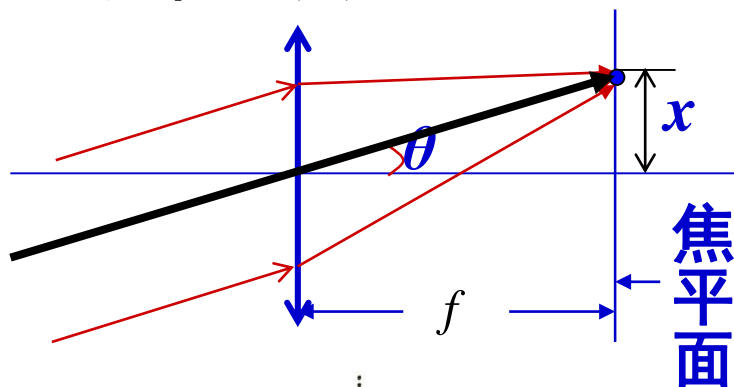
5. 光焦度

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

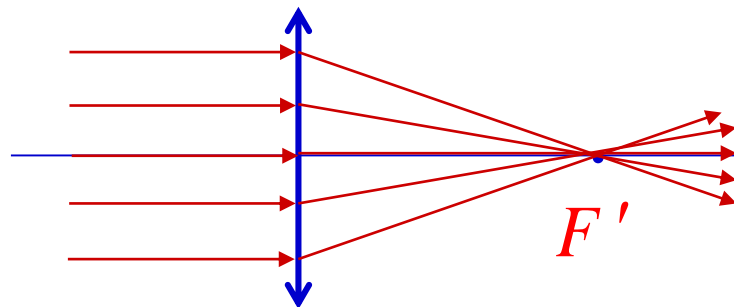
薄透镜成像的作图法

1. 通过光心的光线不改变方向

2. 平行于该光线的其它光线通过薄透镜后与该光线在焦平面上汇聚在一点。



3. 与主轴平行的光通过透镜后汇聚于像方焦点 F' 。

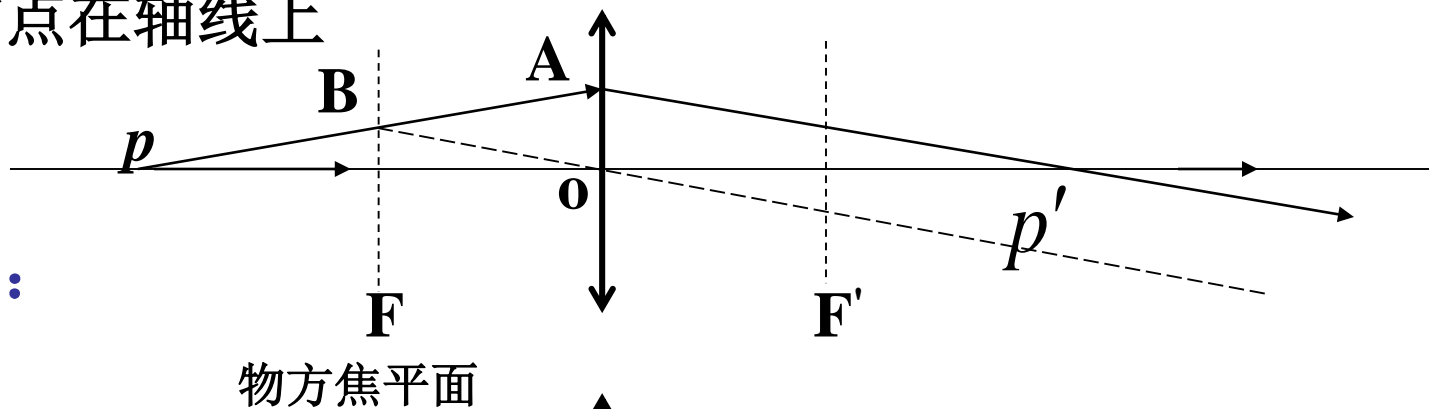


4. 过物方焦点 F 的入射光线，其出射后光线平行于主光轴。

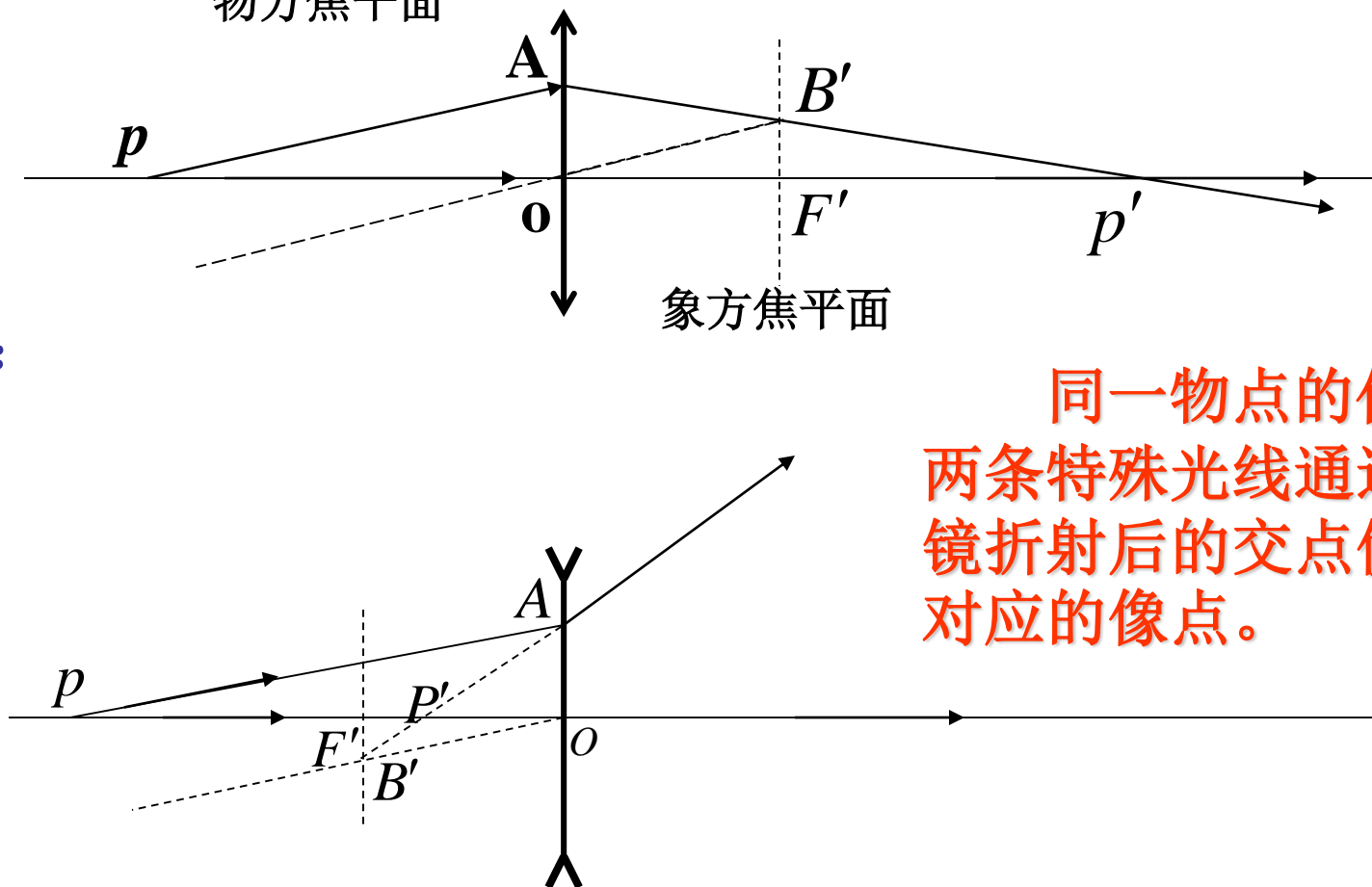
图 14-15 薄透镜成像作图的三条典型光线

(1) 物点在轴线上

凸透镜:



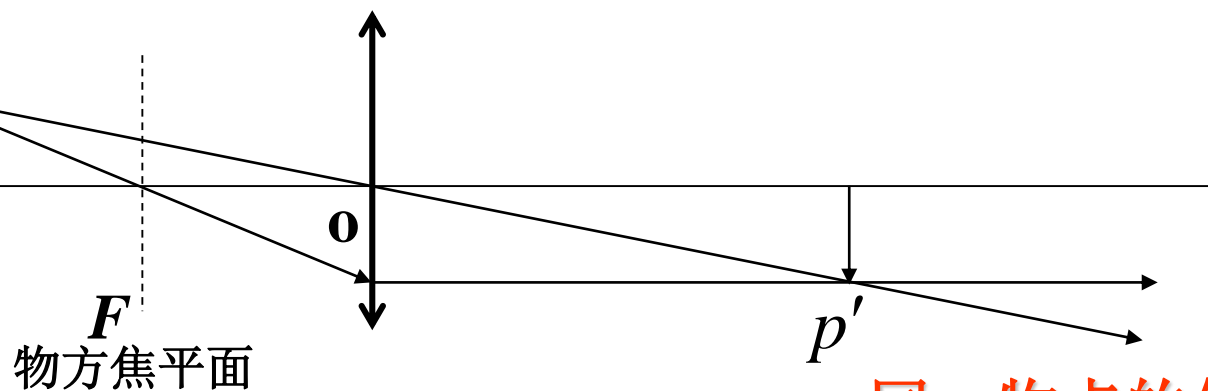
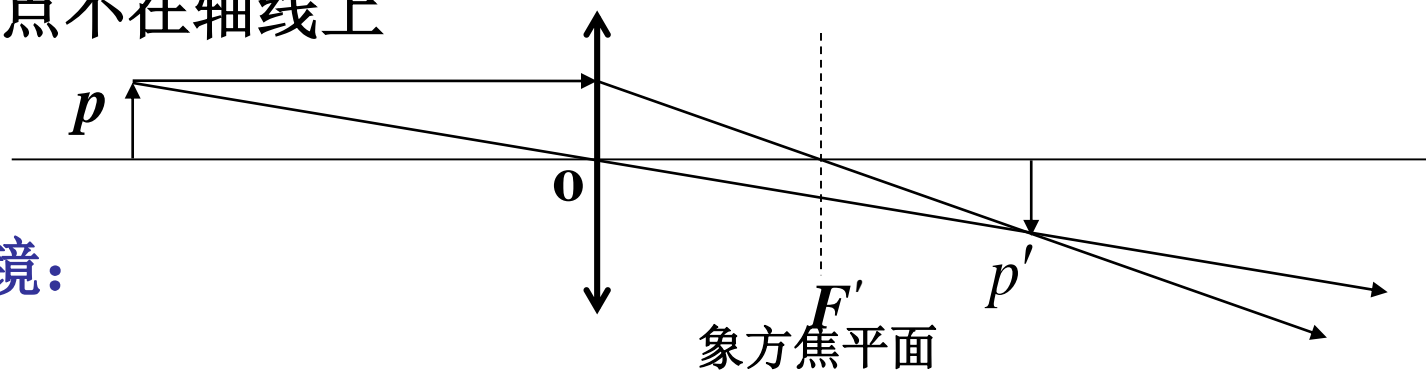
凹透镜:



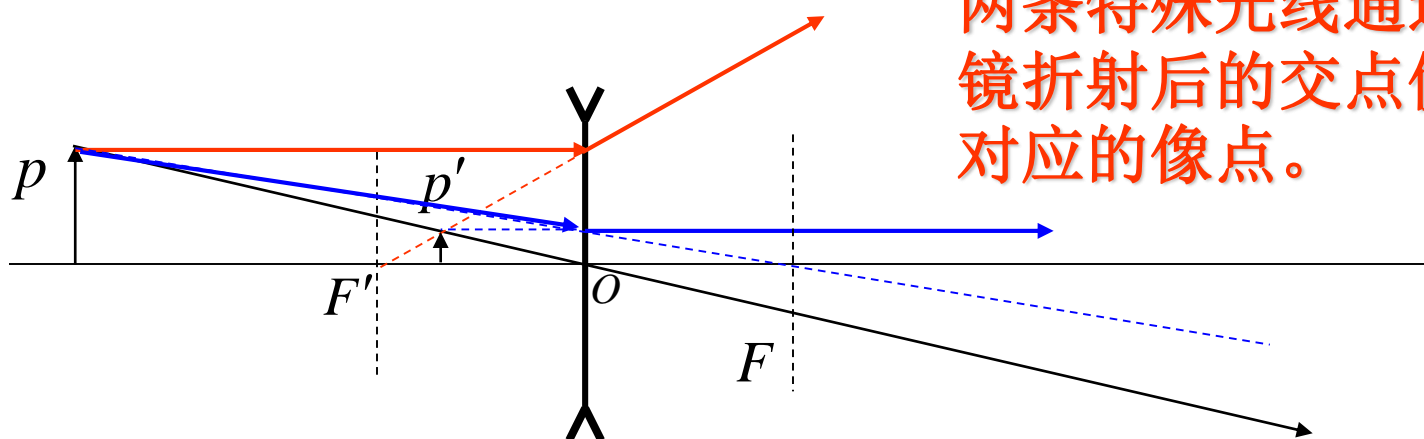
同一物点的任意
两条特殊光线通过透
镜折射后的交点便是
对应的像点。

(2) 物点不在轴线上

凸透镜:

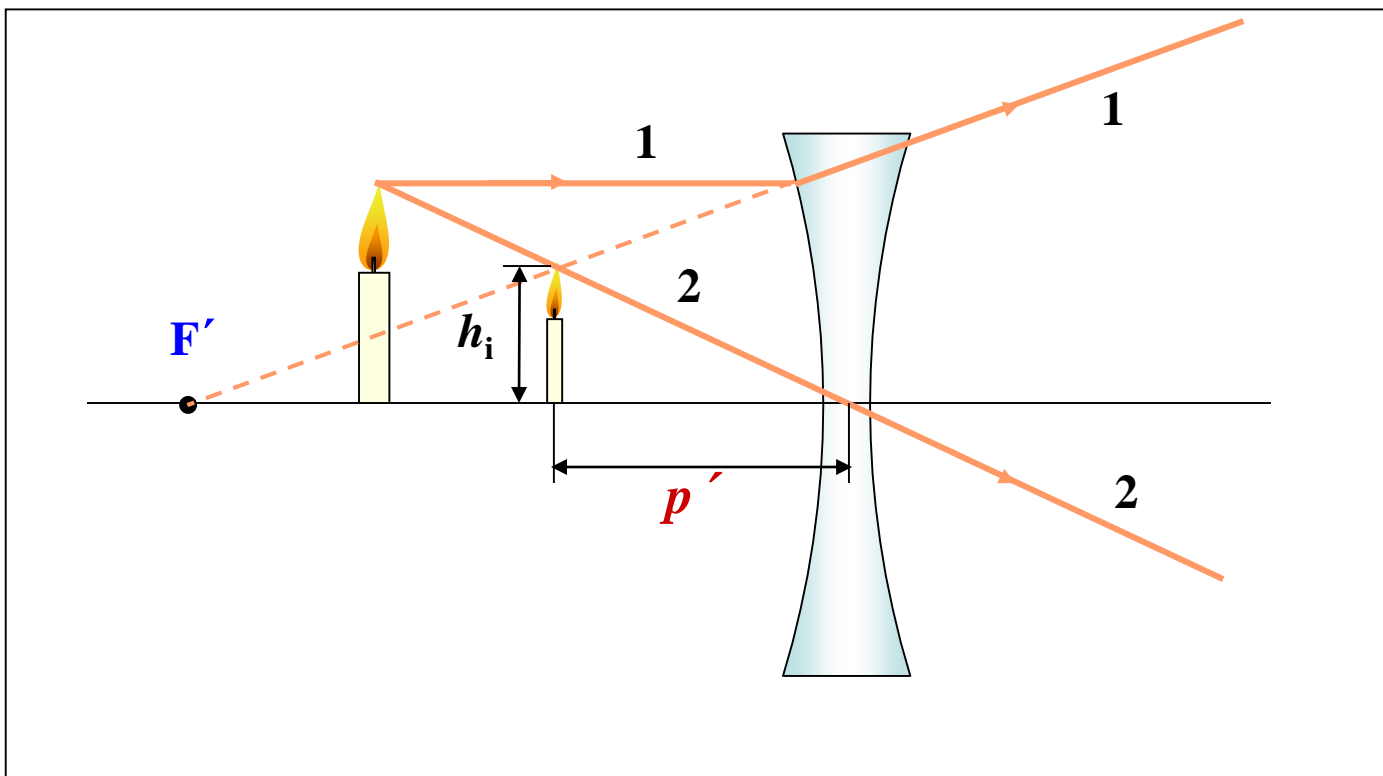


凹透镜:

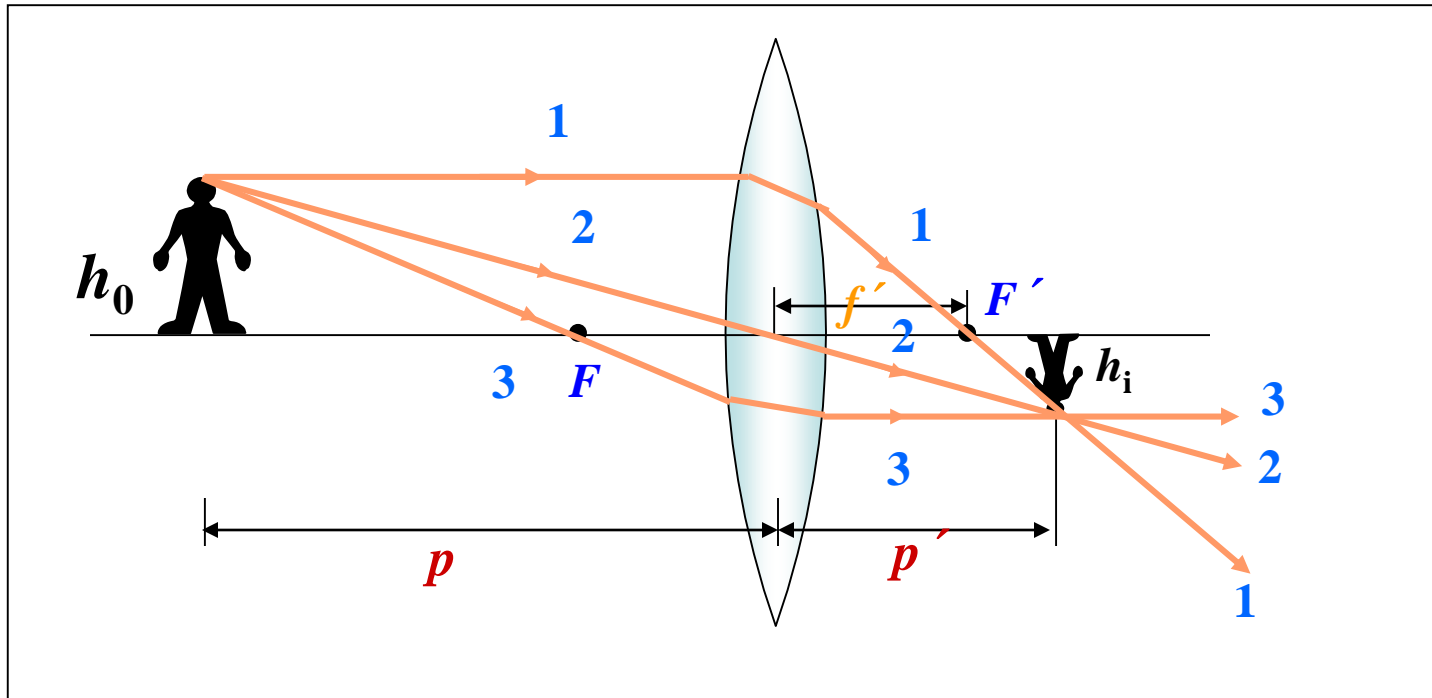


同一物点的任意
两条特殊光线通过透
镜折射后的交点便是
对应的像点。

凹透镜成像图



凸透镜成像图

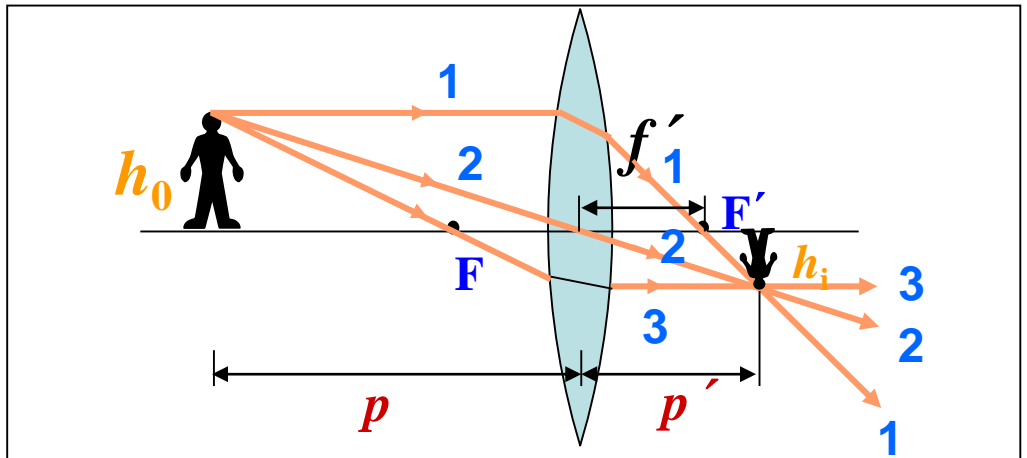
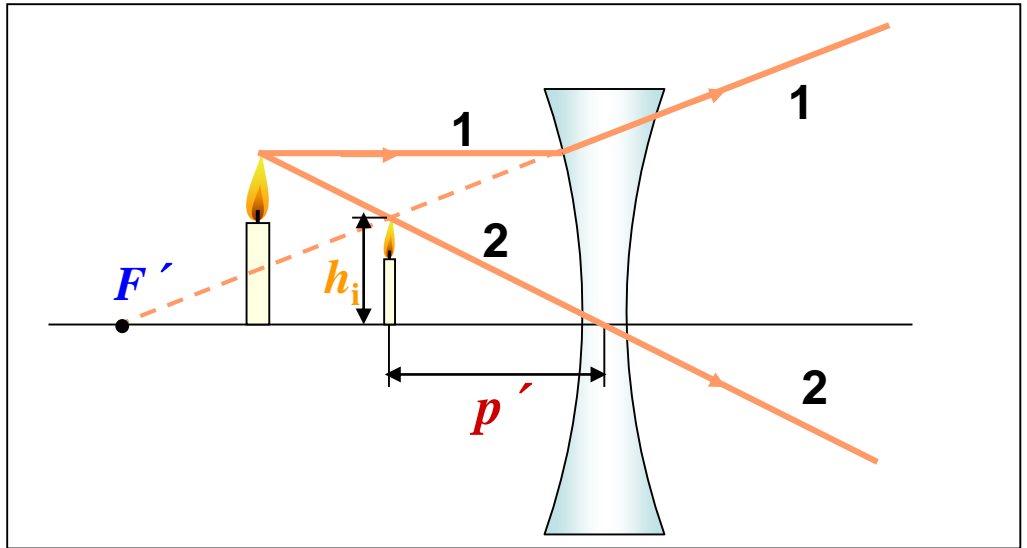


2 薄透镜的横向放大率

$$V = \frac{n_o p'}{n_i p}$$

当 $n_i = n_o \approx 1$

$$V = \frac{p'}{p}$$

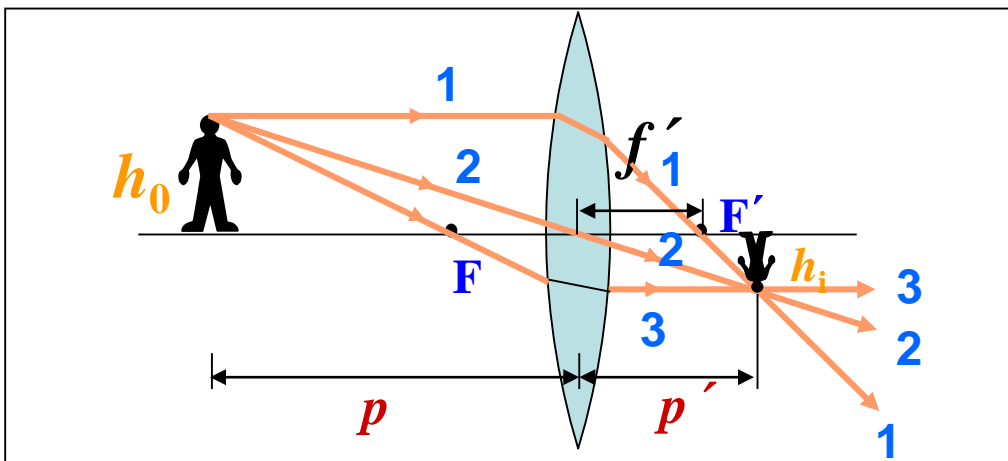
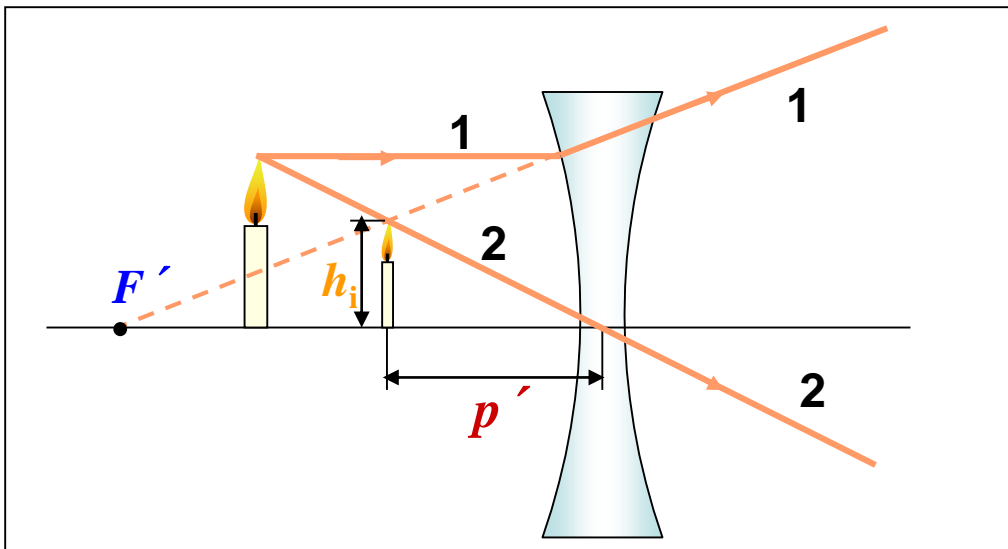


2 薄透镜的横向放大率

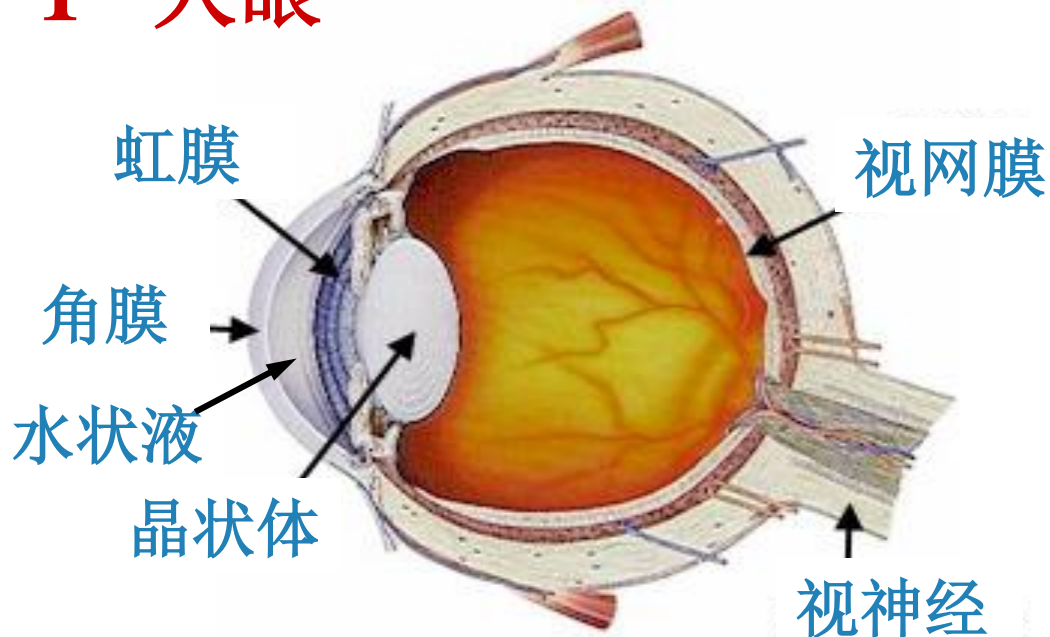
$$V = \frac{n_o p'}{n_i p}$$

当 $n_i = n_o \approx 1$

$$V = \frac{p'}{p}$$



1 人眼



眼睛通过调节睫状肌来改变晶状体的焦距，使物体的像总能形成在视网膜上。

远点：睫状肌完全放松时能看清楚的点。

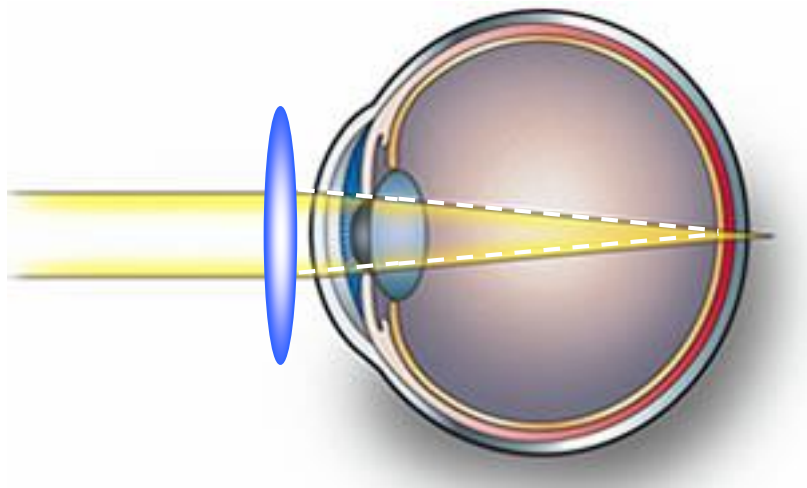
正常眼：无穷远；近视眼：眼前一定距离；远视眼：眼后（虚的远点）

近点：睫状肌最紧张时能看清楚的点。

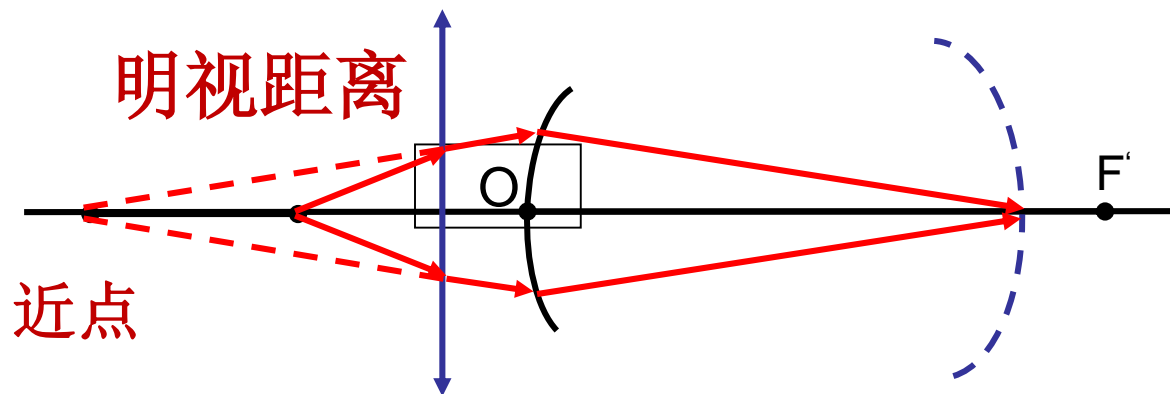
正常眼：眼前**10~12**厘米；近视眼：**< 10**厘米；远视眼：**>12**厘米

明视距离： 25 cm

(人眼通常习惯近距离工作的距离)

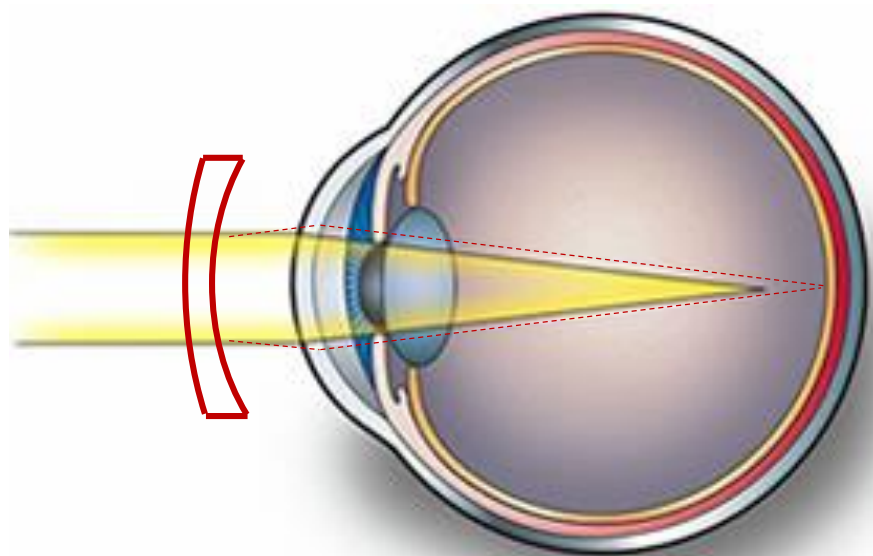


远视： 远处物体成像在视网膜后面一点。

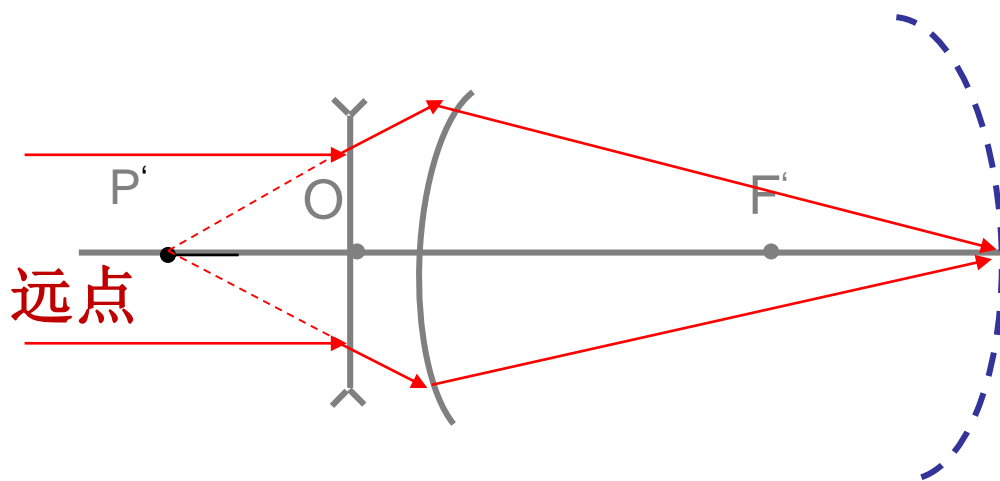


矫正后

近视：远处物体成像在视网膜前面一点。



远物

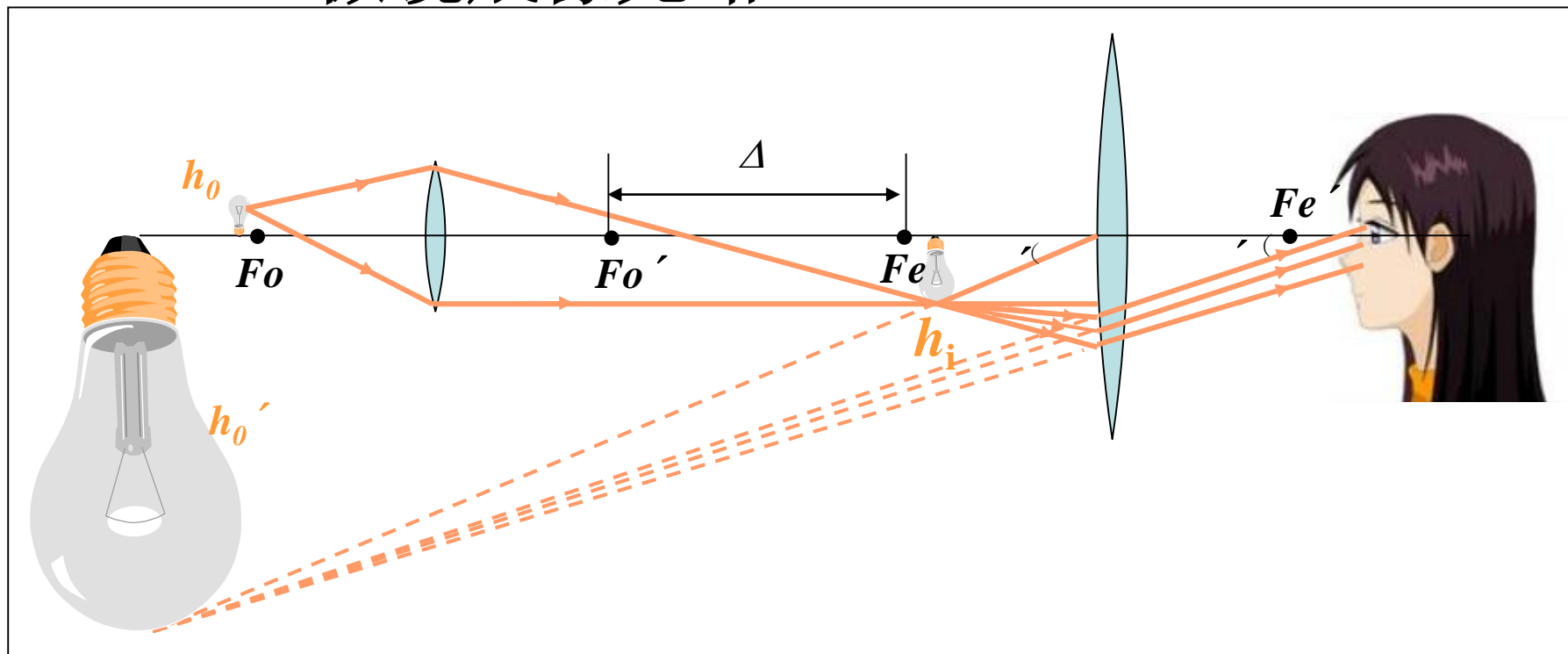


矫正后

五 显微镜、望远镜和照相机(了解)

1 显微镜

(a) 显微镜成像光路

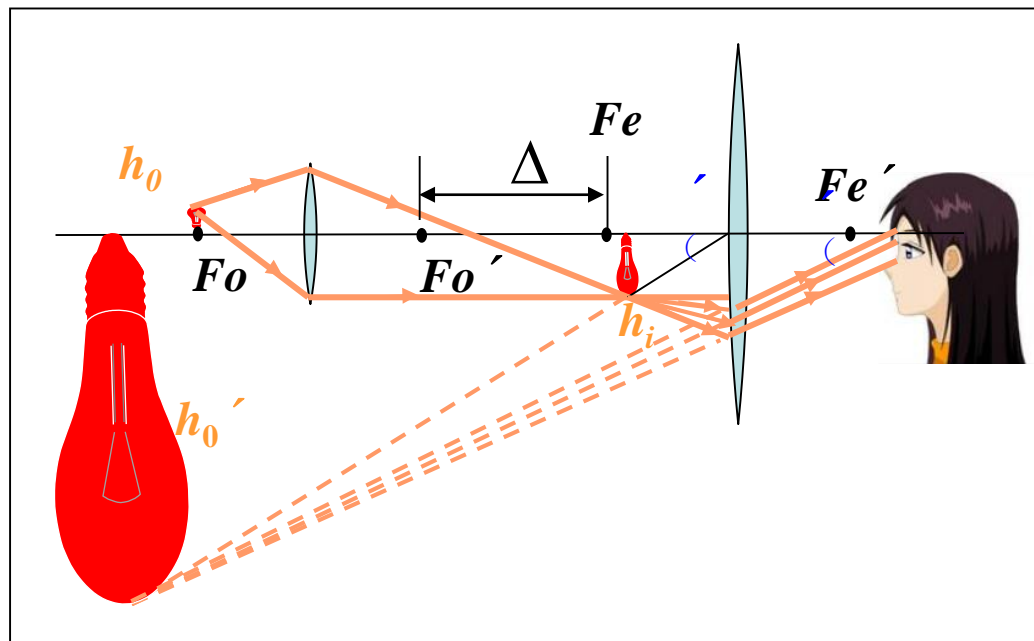


(b) 显微镜的放大率

定义 $M = \frac{\omega'}{\omega}$

其中 $\omega = \frac{h_o}{S_o}$

$$\omega' = \frac{h_i'}{f_e'}$$

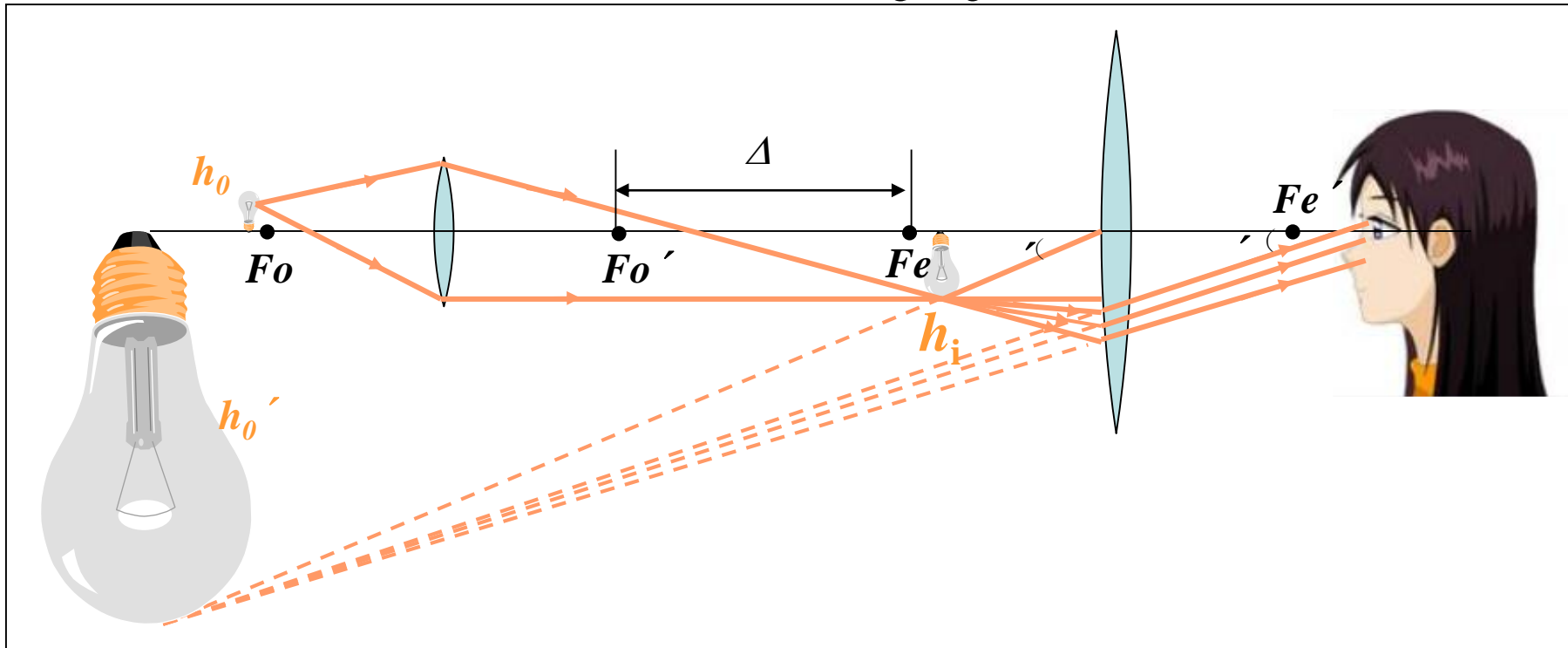


物镜的横向放大率 $\frac{h_i}{h_o} \approx -\frac{\Delta}{f_o'}$

Δ 为光学筒长，即物镜与目镜的间距

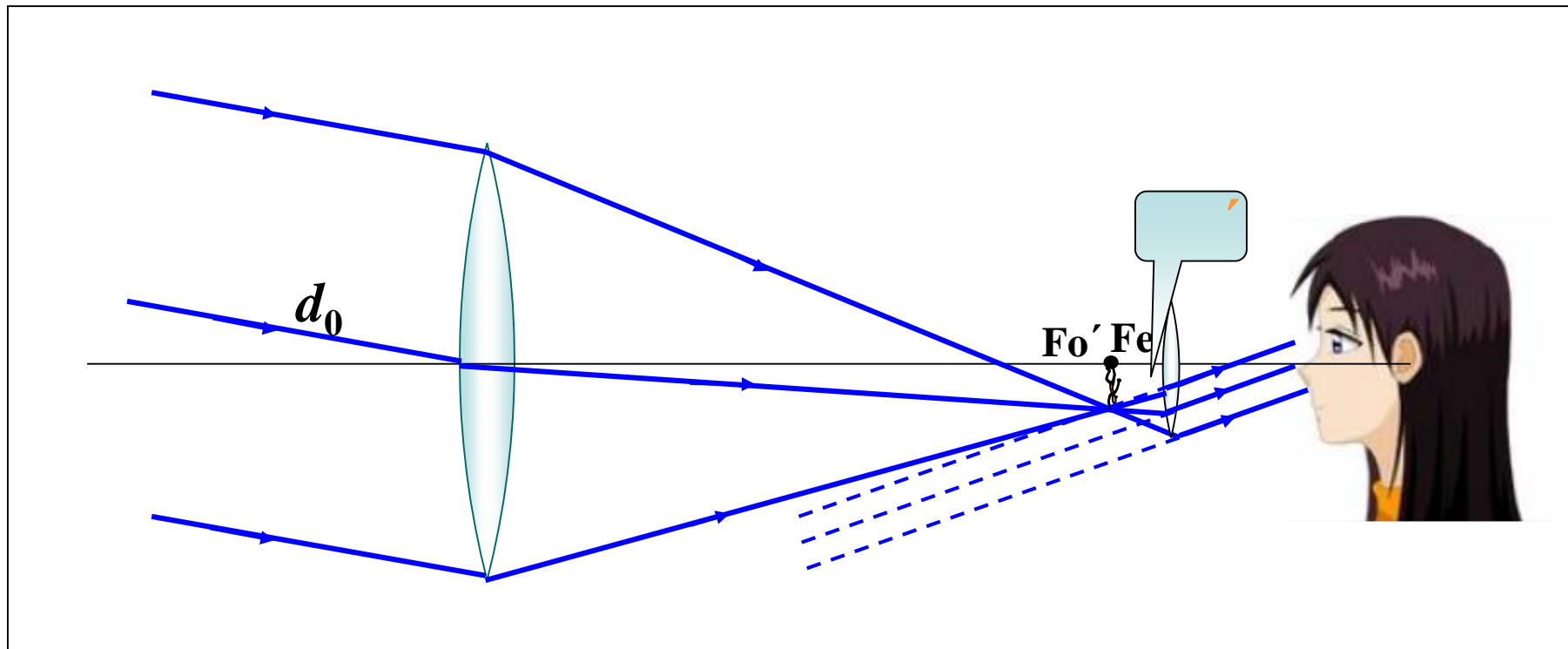
显微镜的视角放大率

$$M = \frac{\omega'}{\omega} = \frac{h_i / f_e'}{h_o / S_o} = -\frac{S_o \Delta}{f_o' f_e'} = -\frac{S_o \Delta}{f_o f_e}$$



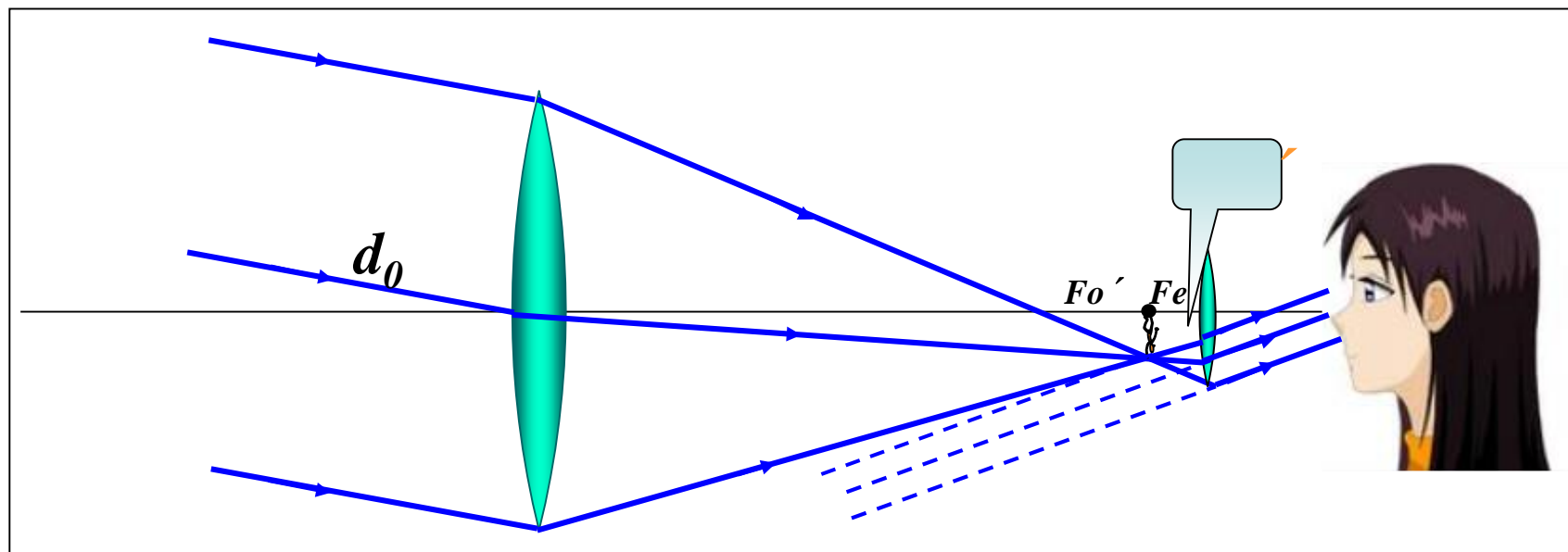
2 望远镜

(a) 望远镜的成像光路

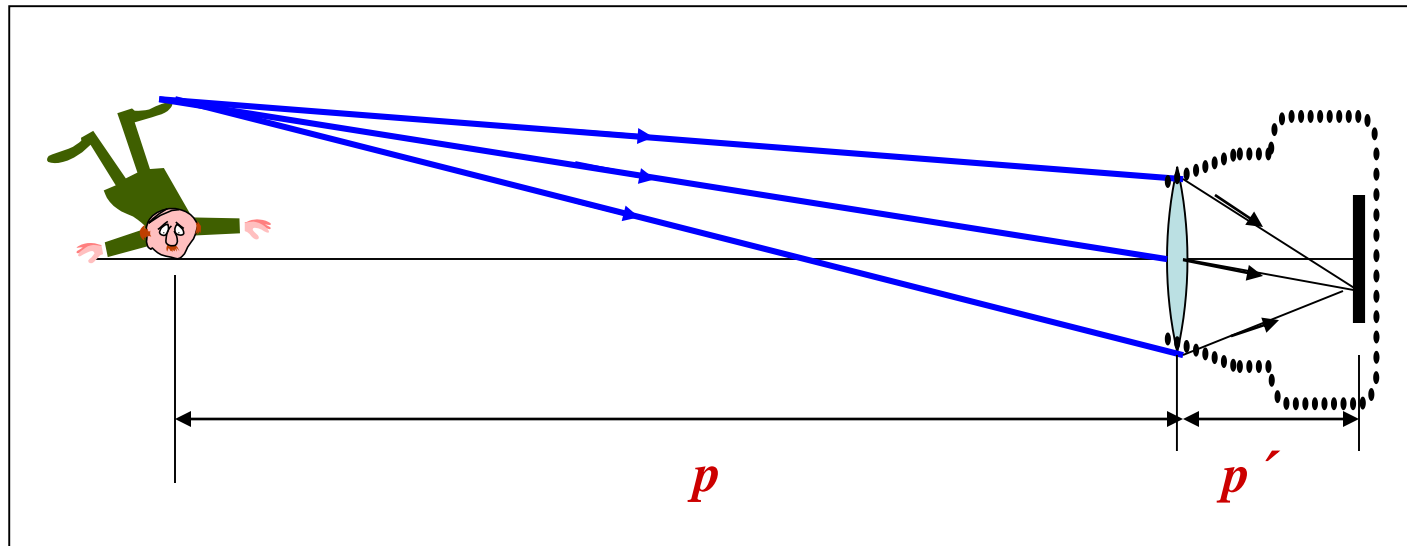


(b) 望远镜的放大率

$$\omega = -\frac{h_i}{f_o'} \quad \because h_i < 0, f_o' > 0 \quad \omega' = \frac{h_i}{f_e'}$$
$$M = \frac{\omega'}{\omega} = \frac{h_i / f_e'}{h_i / f_o'} = -\frac{f_o'}{f_e'}$$



3 照相机



例. 有一长40cm的玻璃箱（其壁厚可略）箱内装水（如图所示），在箱的一端开一圆孔，嵌上一平凸薄透镜，其焦距 $f'=12\text{cm}$ ，如果在镜外面距透镜18cm处有一物体A，问物体A的像在何处，放大率是多少？其中水的折射率为 $4/3$ ，玻璃的折射率为 $3/2$ 。

解：第一次成像



嵌在玻璃箱后，平凸薄透镜的像方焦距发生变化

$$\frac{f'}{f} = -\frac{n'_2}{n_1} \rightarrow \frac{f'}{-12} = -\frac{4}{3} \Rightarrow f' = 16\text{cm}$$

再根据 $\frac{f'}{l'} + \frac{f}{l} = 1 \rightarrow \frac{16}{l'} + \frac{-12}{-18} = 1$

$\Rightarrow l' = 48\text{cm}$ 在玻璃箱右48cm

$$\beta_1 = \frac{n_1 l'_1}{n'_1 l_1} = \frac{48}{-18} \cdot \frac{1}{4/3} = -2$$

例. 有一长40cm的玻璃箱（其壁厚可略）箱内装水（如图所示），在箱的一端开一圆孔，嵌上一平凸薄透镜，其焦距 $f'=12\text{cm}$ ，如果在镜外面距透镜18cm处有一物体A，问物体A的像在何处，放大率是多少？其中水的折射率为 $4/3$ ，玻璃的折射率为 $3/2$ 。

第二次成像，玻璃折射



$$\frac{n'_2}{l'_2} - \frac{n_2}{l_2} = \frac{n'_2 - n_2}{r_2} \rightarrow \frac{1}{l'_2} - \frac{4/3}{8} = \frac{1 - 4/3}{\infty}$$

$$\Rightarrow l'_2 = 6\text{cm} \quad \text{右端面右6cm}$$

$$\beta_2 = \frac{n_2 l'_2}{n'_2 l_2} = 1 \rightarrow \beta = \beta_1 \beta_2 = -2$$

倒立实像

第五篇 光学

- 光学研究分类（有关可见光研究的学科）
- 光的波长相对较短、波动效应不明显 → 几何光学
- 光的内禀性质、光现象 → 物理光学
 - 光的波动性质(干涉、衍射、偏振) → 波动光学
 - 光的粒子性、与物质的相互作用 → 量子光学
- 全息照相、光学信息处理、激光等 → 现代光学

二 波动光学

1 掌握相干光、光程、杨氏双缝干涉、等倾和等厚干涉

2 掌握掌握惠更斯—菲涅尔原理、单缝夫琅和费衍射、圆孔衍射、光学仪器分辨率、光栅衍射

3 掌握自然光和偏振光、马吕斯定律、布儒斯特定律

4 了解迈克耳孙干涉仪的工作原理和光的双折射现象

光现象研究发展史

公元前**400**年 《墨经》： 光的几何性质记录

公元前**300~400**年 欧几里德： 光的直线传播

开普勒（德）： 光照、光疏密性质、全反射

1621年 斯涅尔（荷）： 折射定律

1655年 格拉马蒂（意）： 衍射、薄膜干涉现象

牛顿： 总结提出光的粒子说

惠更斯（荷）： 同期提出光的波动学说。（以太介质）

1801年 托马斯·杨（英）： 杨氏双缝干涉

1808年 马吕斯（法）： 光的偏振（光是横波）

1811年 布儒斯特（英）： 双轴晶体

1818年 菲涅尔（法）： 惠更斯—菲涅尔原理

同 期 洛埃： 洛埃镜实验 半波损失

—> 为波动说奠定基础。

1849~62年 菲索和傅科（法） 光速测量： —> 证实波动说

1872年 迈克尔逊和莫雷（美）： 以太寻找实验

1872年 麦克斯韦： 建立Maxwell方程，光速，光是电磁波

1886年 赫兹（德）： 证实电磁波

1905年 爱因斯坦： 光的量子学说 —> 光的粒子性

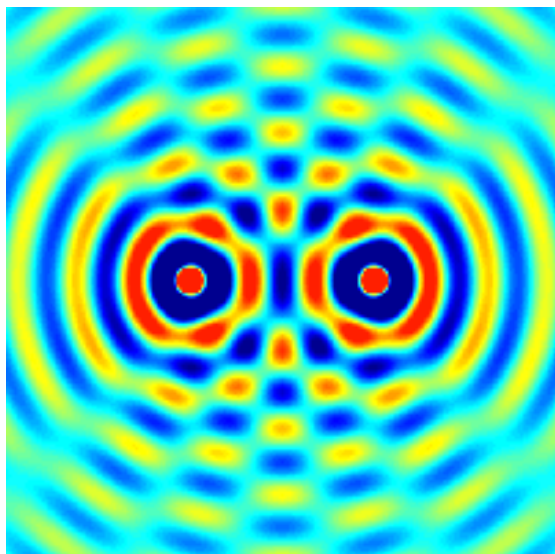
相对论—>光速

光的波粒
二象性

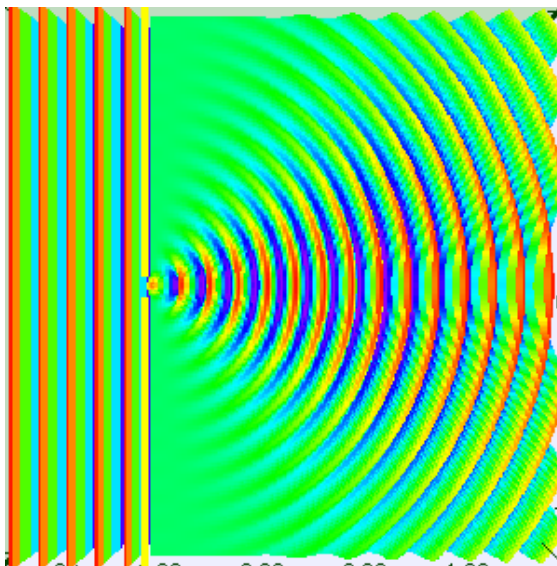
第11章 波动光学

Wave Optics

1-光的干涉



2-光的衍射



3-光的偏振

