Chapter 11 光学

- 几何光学
- 波动光学

Part 1 波动光学

结论：光是一种电磁波

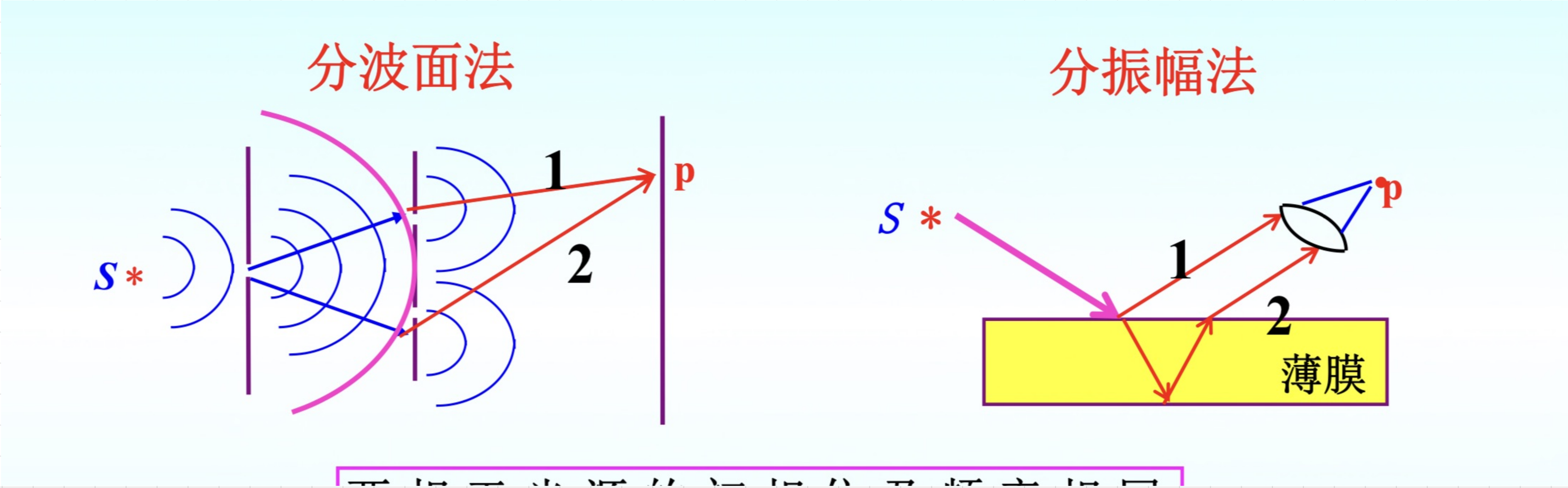
可见光范围：λ: 400-700nm

光速：$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$

相干光：

☆条件
- 频率相同
- 振动方向相同
- 相位差恒定
- 满足时间相干性 & 空间相干性 不确定关系限制

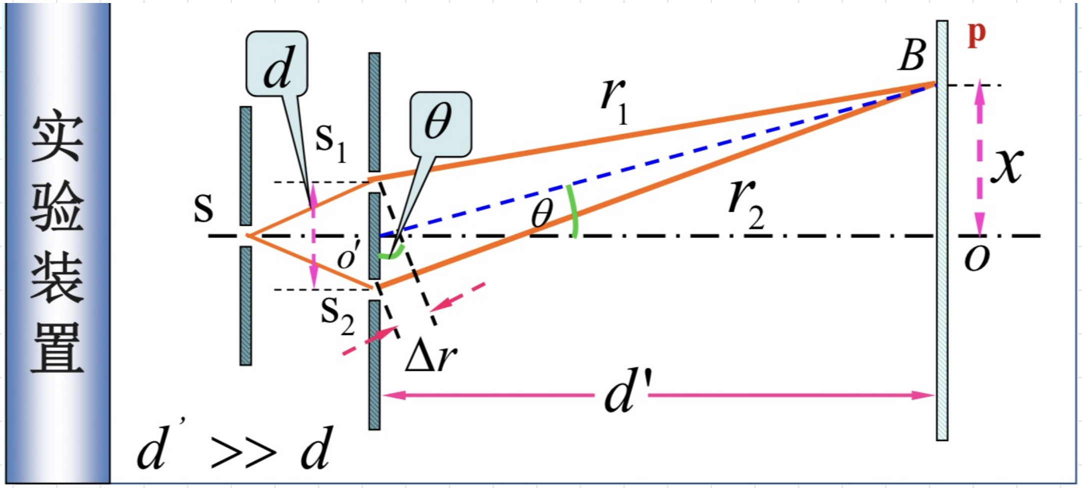
☆获取方法：



注：计算明暗条纹级数的根本是算光程差 $\Delta=\begin{cases}k\lambda & \uparrow \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & \downarrow\end{cases}$ $k=0,1,2\cdots$

分波面法：

1. 杨氏双缝

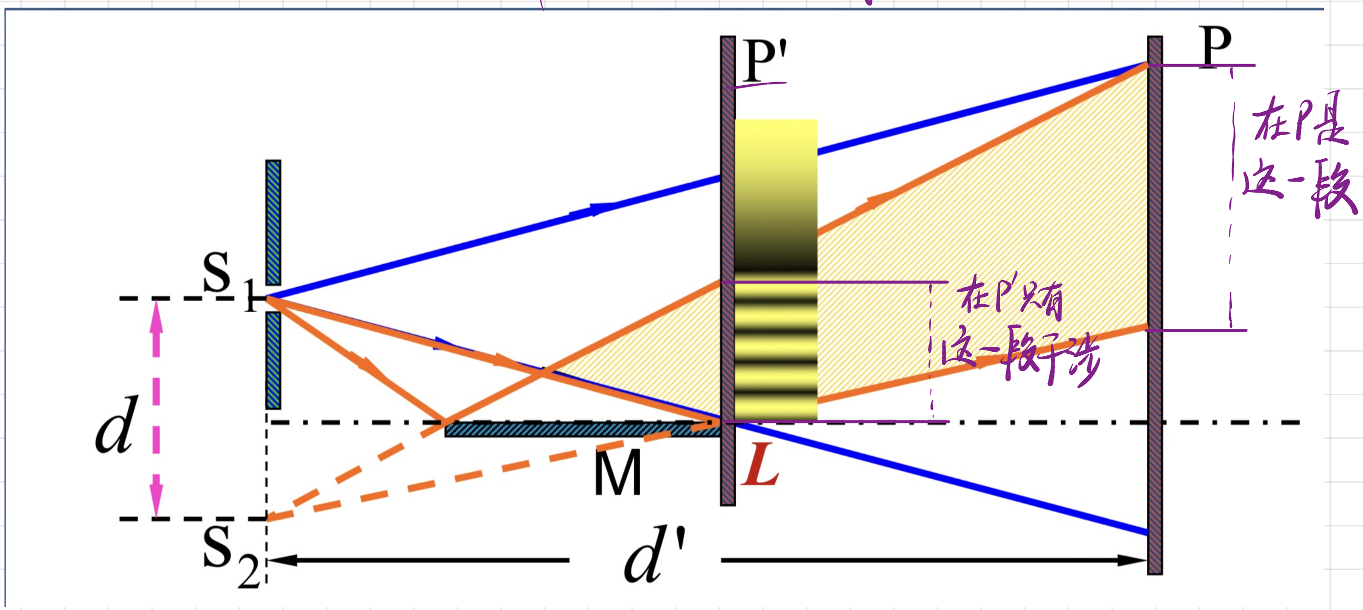


做近似: $\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{x}{d'}$

得: $\Delta = d\frac{x}{d'} = \begin{cases} k\lambda & 明 \\ (2k+1)\frac{\lambda}{2} & 暗 \end{cases}$

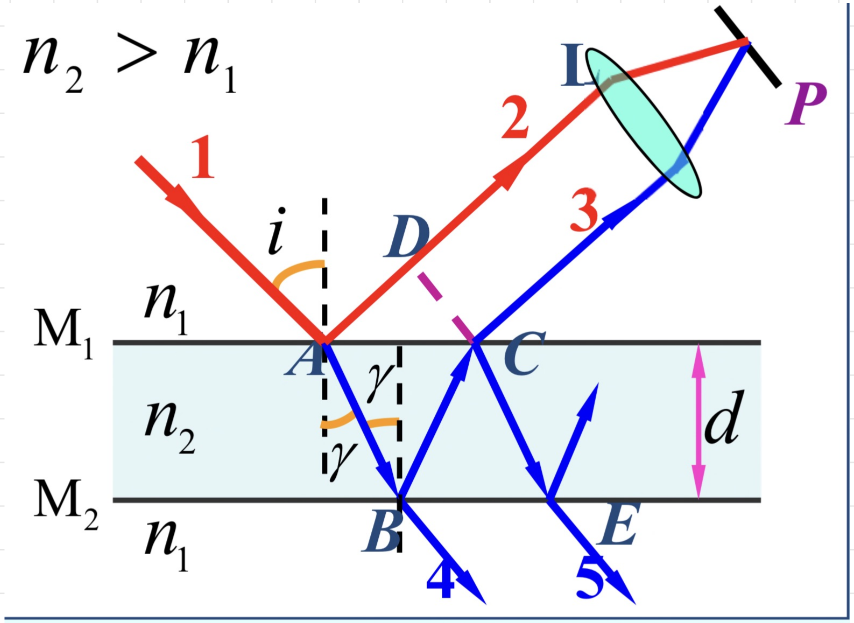
得: $x = \begin{cases} k\frac{d'}{d}\lambda & 明 \\ (2k+1)\frac{d'}{d}\frac{\lambda}{2} & 暗 \end{cases}$ $k=0,1,2\cdots$

2. 劳埃德镜 (不太重要) 等价于杨氏双缝, 但有范围限制, 且有半波损失 $\pm\frac{\lambda}{2}$



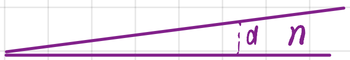
分振幅法:

薄膜干涉: 等倾干涉



$$\Delta = 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} \quad \boxed{+\frac{\lambda}{2}}$$

劈尖：等厚干涉



$$\Delta = 2nd + \frac{\lambda}{2}$$

(1) $d=0$, $\Delta = \frac{\lambda}{2}$ 暗纹

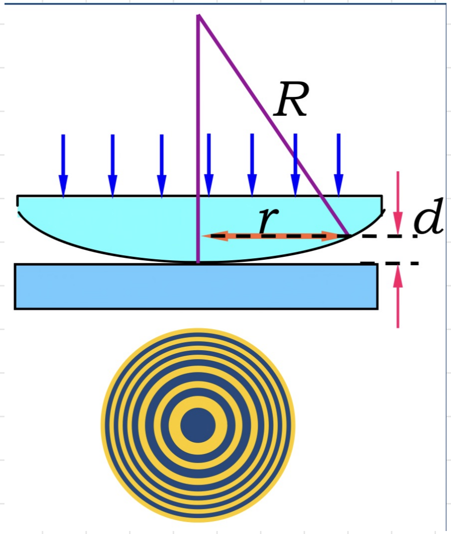
(2) 相邻明纹 $\Delta d = \frac{\lambda}{2n}$

(3) 相邻明纹 $b = \frac{\lambda}{2n\theta}$

牛顿环：

$\Delta = 2d + \frac{\lambda}{2} =$

$r = \sqrt{2dR} = \sqrt{(\Delta - \frac{\lambda}{2})R}$



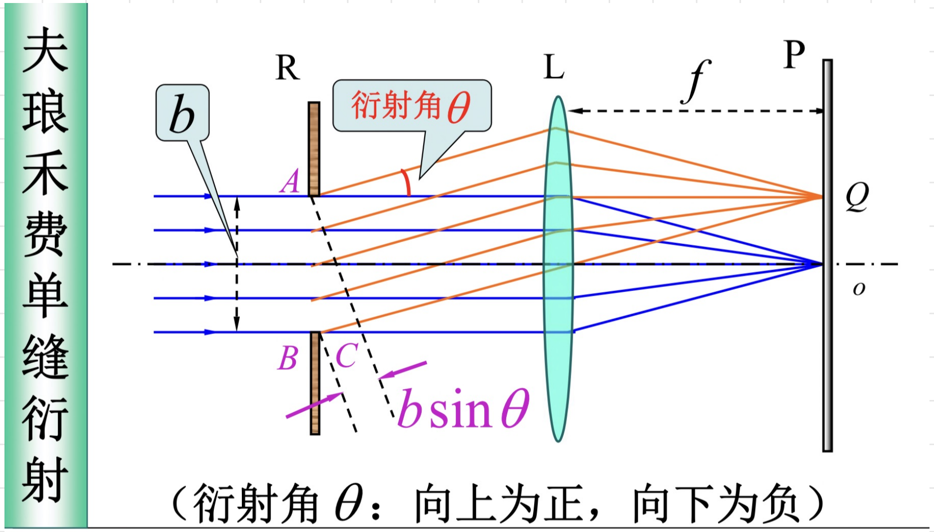
光的衍射

本课程只讨论夫琅禾费衍射

夫琅禾费衍射：

由半波带法，得：

$$b\sin\theta = \begin{cases} \pm k\lambda & \text{暗} \\ \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2} & \text{明} \\ 0 & \text{明中} \end{cases}$$

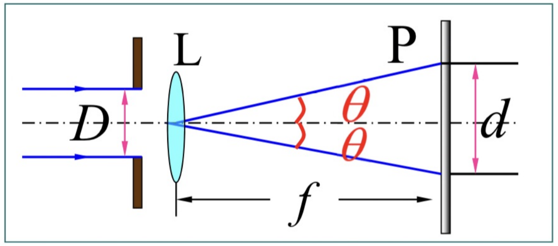


(1) 第一暗纹 $\begin{cases} 中心距: & x_1=\tan\theta f \approx \sin\theta f = \frac{\lambda}{b}f \\ 衍射角 & \theta_1=\arctan\frac{\lambda}{b} \end{cases}$

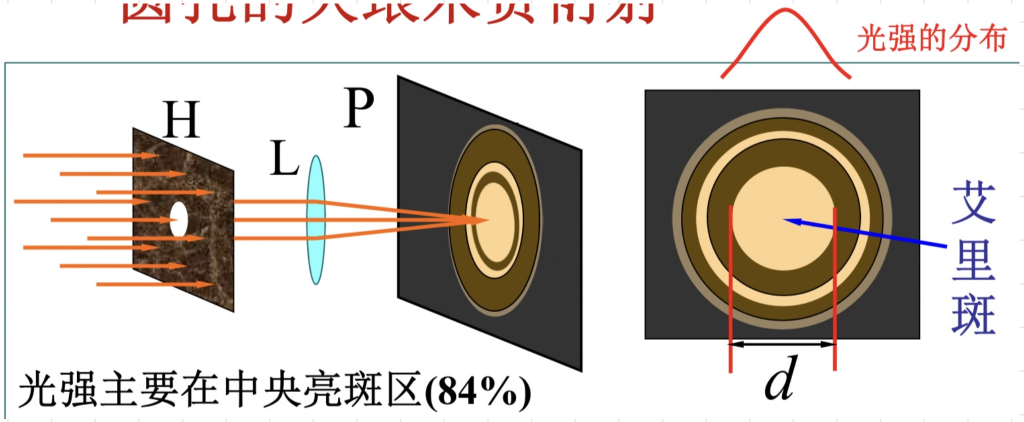
(2) 中央明纹 $\begin{cases} -\frac{\lambda}{b}<\sin\theta<\frac{\lambda}{b} \\ -\frac{\lambda}{b}f<x<\frac{\lambda}{b}f \end{cases}$ $\quad l_0=2x_1$

(3) 条纹宽度:(除中央明纹) $l=x_1=\frac{\lambda f}{b}$

夫琅禾费圆孔衍射



艾里斑直径d对透镜光心的张角是2θ



半角 $\theta=1.22\frac{\lambda}{D}$

瑞利判据:

$\theta \geq \theta_0$ 能分辨

$\theta<\theta_0$ 不能

$$\theta_0 = 1.22\frac{\lambda}{D}$$

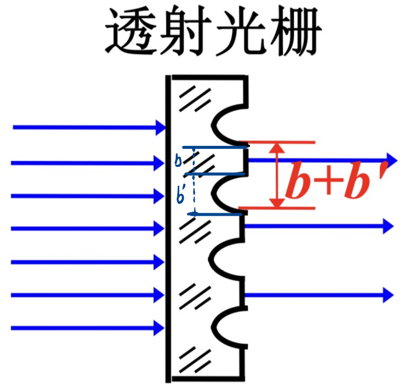
☆ 衍射光栅

光栅：等宽等间距的平行狭缝

b：透光（狭缝）

b'：不透光

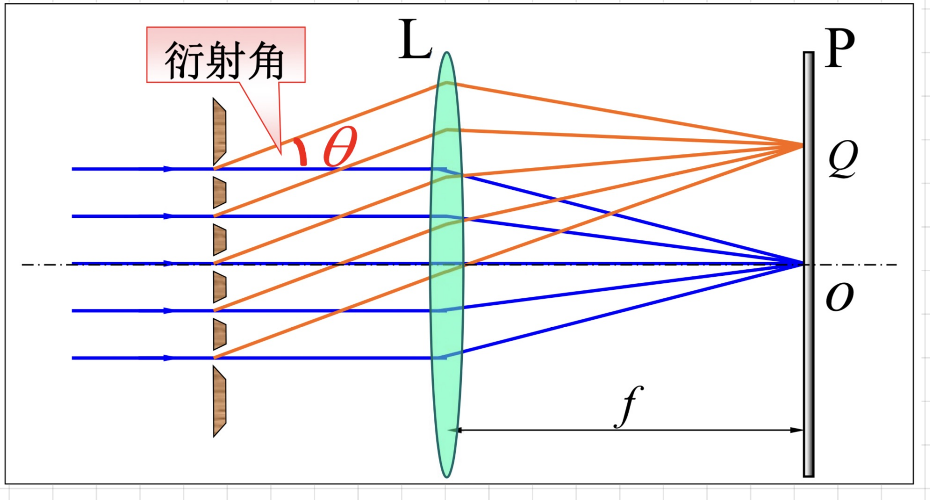
$d = b + b'$：光栅常数（量）



(1) 每个狭缝都发生衍射，

最后叠加；

(2) 缝与缝之间的光发生干涉



1、干涉：

主： $d\sin\theta = k\lambda$

次： $d\sin\theta = \frac{k'}{N}\lambda \quad (k' \neq kN)$

2、光栅衍射：

暗： $b\sin\theta = \pm k'\lambda$

∴ 当 $\sin\theta = \frac{k}{d}\lambda = \frac{k'}{b}\lambda$ 时，

即 $k = \frac{b+b'}{b}k'$ 时，缺级，为暗纹

综上，光栅明纹：（主明纹）

$(b+b')\sin\theta = \pm k\lambda \quad (k = 0, 1, 2 \cdots)$

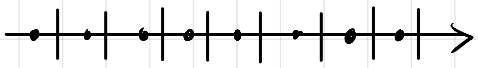
且 $k \neq \frac{b+b'}{b}k'$

光的偏振

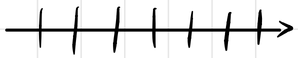
偏振：振动方向对于传播方向不对称

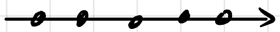
横波才存在偏振！

自然光：各个方向的光矢量在所有可能的方向上振幅都相等

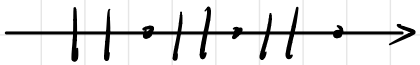


偏振光：光的振动(波)只沿某一固定方向.





部分偏振光：振动面不只一个但振幅不等



偏振片：具有二向色性的薄片

二向色性：能吸收某一方向的光振动的性质

起偏：自然光 → 偏振光

偏振化方向：偏振器允许光通过的方向。

马吕斯定律：偏振光I_0通过偏振片后光强为I，有

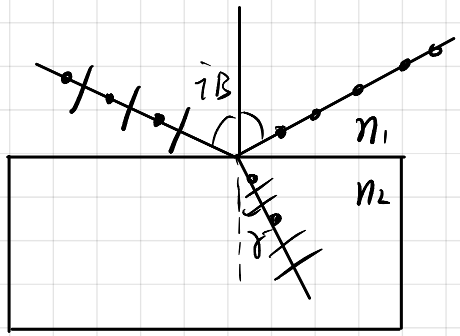
$$I = I_0 \cos^2\alpha$$，α为I_0偏振方向与偏振片偏振化方向的夹角

布儒斯特定律：

当$\tan i_B = \frac{n_2}{n_1}$时，

反射光是偏振光，

且垂直于入射面，



且折射光与反射光垂直

双折射：（不知道有啥考的）略

Part 2 几何光学

直线传播 (略)　　光独立传播 (略)

反射 (略)　　光路可逆 (略)

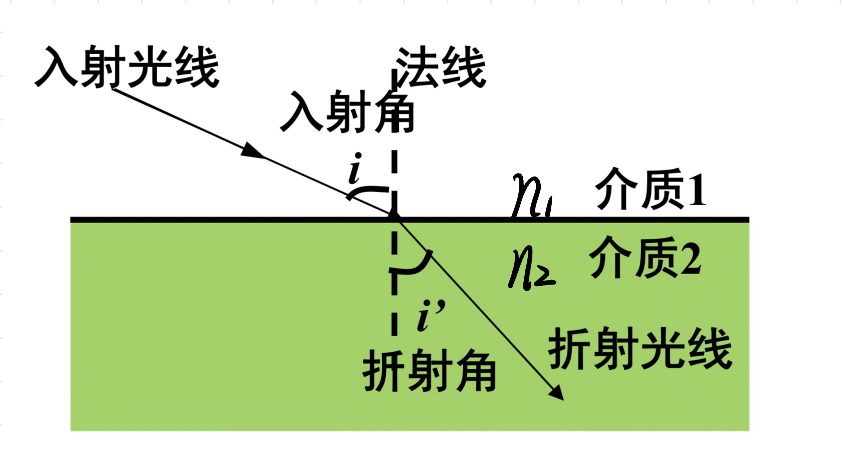
折射:

相对折射率 n_{12}: 介质2相对于介质1的折射率

(绝对)折射率 n_i: 介质i相对于真空的折射率

$n_i = \frac{c}{v_i}$ (n与v成反比关系)

$n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$



$$\frac{\sin i}{n_1} = \frac{\sin i'}{n_2}$$

全反射: 即没有折射光

条件:
- 光密到光疏 ($n_1 > n_2$)
- 入射角大于临界角

临界角 $i_c = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$　使折射角等于 90°

光程：$\Delta = nl$

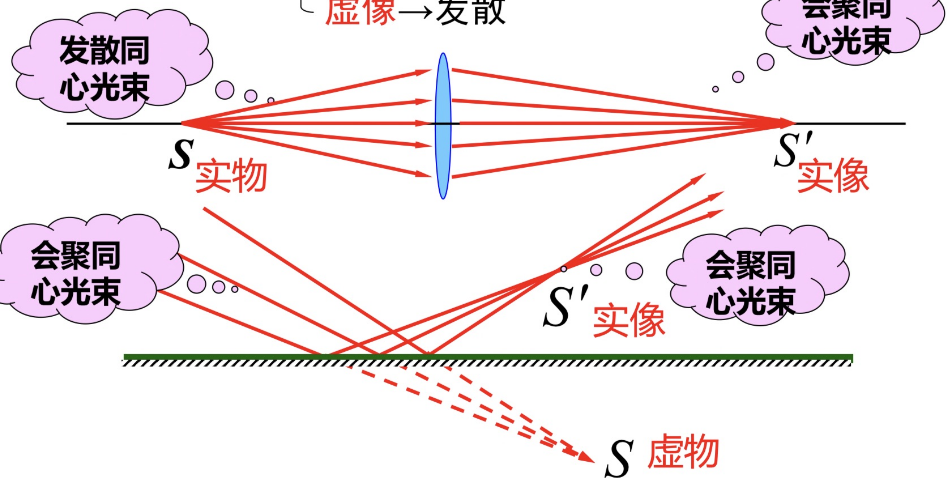
费马原理：(取极值)

同心光束：相交于一点的光线集合

物&像：

物：入射光束的心 $\begin{cases} \text{实物} \rightarrow \text{发散} \\ \text{虚物} \rightarrow \text{会聚} \end{cases}$

像：出射光束的心 $\begin{cases} \text{实像} \rightarrow \text{会聚} \\ \text{虚像} \rightarrow \text{发散} \end{cases}$



物像之间等光程.

重:
- 球面
  - 折射
  - 反射
- 平面
  - 折射
  - 反射
- 透镜: 折射

符号法则:

- 线段: 从入射光线为正, 以O为起点, 同向为正, 反向为负; 垂直: 上正下负
- 角度: (锐) 由光轴或法线起, 逆正顺负

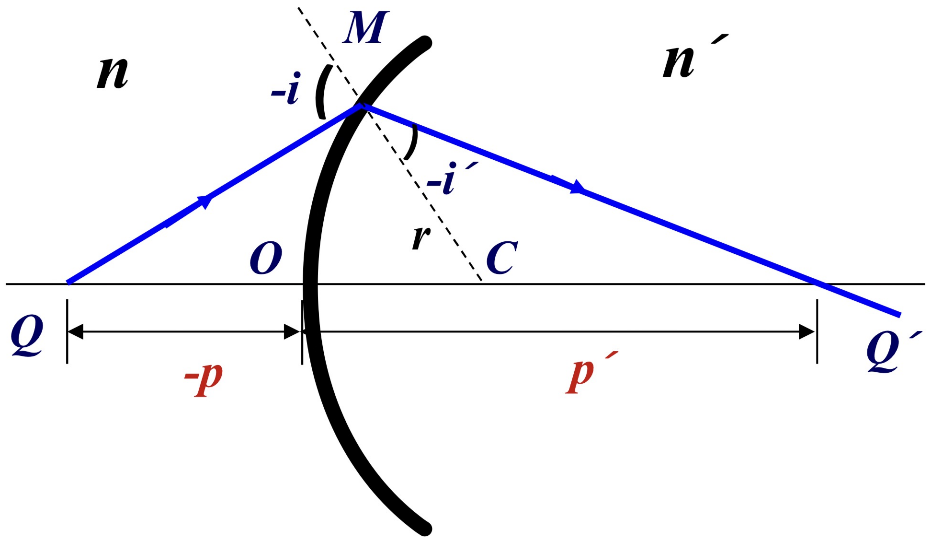
单球面折射:

光焦度: $\Phi = \frac{n'-n}{r}$

$\Phi > 0$ 聚

$\Phi < 0$ 散

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



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

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

高斯公式: $\frac{f'}{p'} + \frac{f}{p} = 1$ (通用对任何)

放大率: V (β)

垂直(水平)

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

球面反射:

$$\begin{cases} \frac{f'}{p'} + \frac{f}{p} = 1 \\ f' = f = \frac{r}{2} \end{cases} \Longrightarrow \frac{1}{p'} + \frac{1}{p} = \frac{2}{r}$$

平面：$r \to \infty$

平面折射：

$$\frac{n'}{p'} - \frac{n}{p} = \frac{n'-n}{r} = 0$$

$r \to \infty$

$$\therefore p' = \frac{n'}{n} p$$

平面反射：略

薄透镜折射：

逐次成像，得：$\frac{n'}{p'} - \frac{n}{p} = \Phi$

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$$

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

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

高斯： $\frac{f'}{p'} + \frac{f}{p} = 1$ 依然成立

空气中， $n' = n = 1$.

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

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

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

光焦度：$\Phi = \frac{n'}{f'} = -\frac{n}{f}$

放大率：$V = \frac{y'}{y} = \frac{p'/n'}{p/n}$，当 $n'=n=1$，$V = \frac{y'}{y} = \frac{p'}{p}$

总结：

万恶之源：$\frac{n'}{p'} - \frac{n}{p} = \Phi$

$$\Phi = \begin{cases} 单：\frac{n'-n}{r} \\ 透镜：\Phi_1 + \Phi_2 \end{cases}$$

通用：$f' = \frac{n'}{\Phi}$

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

放大率：$V = \frac{y'}{y} = \frac{p'/n'}{p/n}$

高斯公式：$\frac{f'}{p'} + \frac{f}{p} = 1$

对单球面反射:

$n' = -n$

$\Rightarrow \Phi = \frac{-2n}{r}$

$\Rightarrow f' = f = \frac{r}{2}$

$\Rightarrow \frac{1}{p'} + \frac{1}{p} = \frac{2}{r}$

对平面折射:

$r \to \infty$,

$\Rightarrow \frac{n'}{p'} - \frac{n}{p} = 0$

$\Rightarrow p' = \frac{n'}{n} p$

对凸、凹透镜:

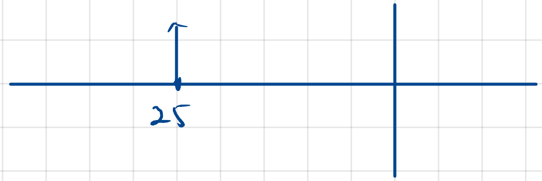
$\boxed{\text{当 } n' = n = 1,}$

$\Rightarrow f' = -f = \frac{1}{\Phi}$

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

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

眼睛(eye)：



明视：25cm

近视：远点（最远能看见）

∴将 $p=\infty \to p'=$远点 $\to f' \to \Phi=\frac{1}{f'} < 0$ 凹

远视：近点（最近能看见）

将 $p=-25 \to p'=$近点 $\to f' \to \Phi=\frac{1}{f'} > 0$ 凸