

# CH4: 理想光学系统

## CH4: 理想光学系统

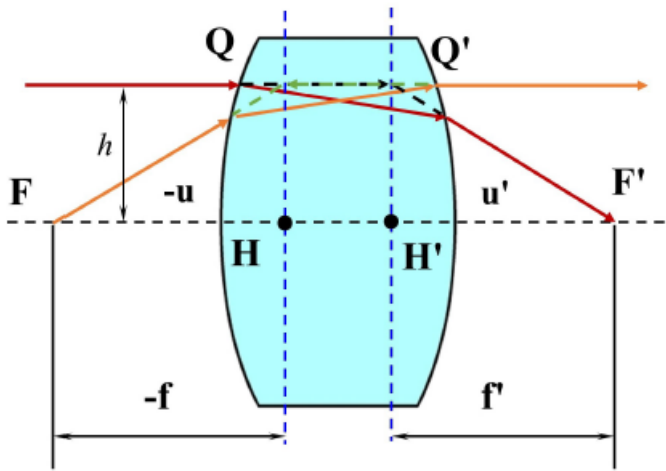
- 1. 基础概念
- 2. 物像关系
- 3. 作图方法
- 4. 光学系统的组合
- 5. 望远镜系统
- 6. 透镜
- 7. 焦距测量

### 1. 基础概念

- 理想光学系统 (对任意宽空间内的点以任意宽的光束成完善像的光学系统)
- 共轭点
- 共轭直线
- 共轭光束
- 共轭平面
- 透镜的曲率半径  $r_1, r_2$
- 透镜的通光孔径  $D$
- 焦平面 (垂轴平面)
- 焦距 (主点到对应焦点的距离, 以主点为原点确定正负)

$$f' = \frac{h}{\tan u'}$$
$$f = \frac{h}{\tan u} (f < 0)$$
$$\frac{f'}{f} = -\frac{n'}{n}$$

- 焦点 (不共轭)
- 主平面 (垂轴平面, 虚构的平面)
- 主点 (共轭,  $\beta = 1$ )
- 节点 (共轭,  $\gamma = 1$ )



### 2. 物像关系

- 焦物距  $x$ , 焦像距  $x'$  (以焦点为原点确定正负)
- 牛顿公式

$$xx' = ff'$$
$$\beta = \frac{y'}{y} = -\frac{x'}{f'} = -\frac{f}{x}$$

- 
- 物距  $l$ , 像距  $l'$  (以主点为原点确定正负)

$$l = x + f$$

$$l' = x' + f'$$

- 高斯公式

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

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

- 
- ★ 介质相同

$$n = n'$$

$$f = -f'$$

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

$$\beta = \frac{l'}{l}$$

$$l = (\frac{1}{\beta} - 1)f'$$

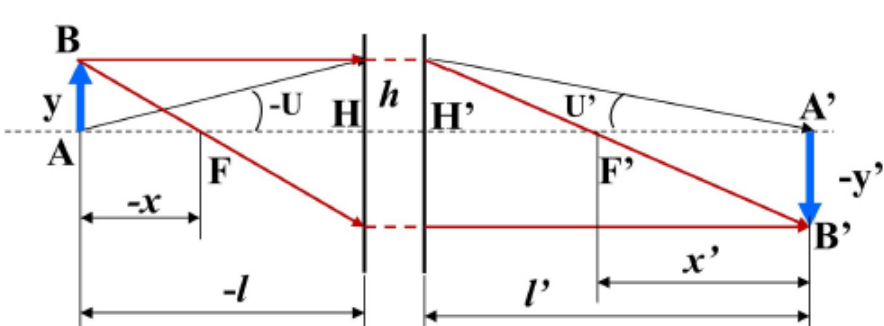
$$l' = (1 - \beta)f'$$

- 共轭距  $L$

$$L = l' - ' + HH' = (2 - \beta - \frac{1}{\beta})f' + HH'$$

- 拉赫不变量

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



- 光焦度  $\Phi$

$$V = \frac{n}{l}$$

$$V' = \frac{n'}{l'}$$

$$\Phi = V' - V$$

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

光焦度是像方光束会聚度与物方光束会聚度之差

正值 -- 汇聚作用 / 负值 -- 发散作用

- 屈光度

以米为单位的焦距的倒数

眼镜度数=屈光度数 × 100

- 成像规律

- 正/倒：取决于  $\beta$  的正负
- 虚/实：取决于物的虚实
- 放大/缩小：取决于  $|\beta| > 1$  ？

### 3. 作图方法

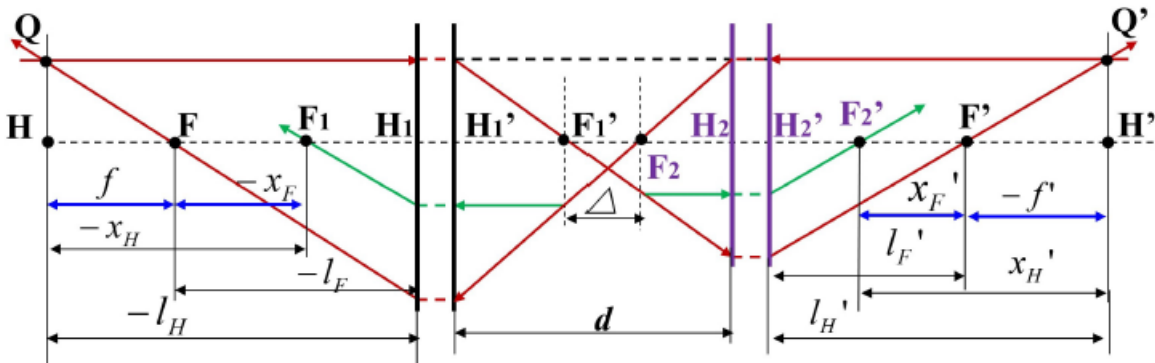
- ★ 作图原则

- 平行入射的光线，经过像方焦点出射
- 经过物方焦点的光线，平行出射
- 过节点的光线，平行出射
- 平行入射的光线，会聚于像方焦面的一点出射

- 物方焦面的一点入射的光线，平行出射
- 光线与物方、像方主面的交点，高度相等

作图题练习 建议再画一遍

4. 光学系统的组合



1. 图解组合，找出分光组与等效总光组之间的关系；
  2. 求出 $f, f'$ ，确定H, H', F, F'的位置；
- 合成光组的**像方**参量 以**第二个光组的像方焦点、像方主点**为起始点
  - 合成光组的**物方**参量 以**第一个光组的物方焦点、物方主点**为起始点

- 光学间隔  $\Delta$
- 透镜的间隔  $d$
- 共轭关系
  - $F&F2$
  - $F'&F'_1$
- ★ 组合系统的基点

$$x_F' = -\frac{f_2 f_2'}{\Delta}$$

$$x_F = \frac{f_1 f_1'}{\Delta}$$

$$l_F' = f_2' + x_F'$$

$$l_F = f_1 + x_F$$

$$x_H' = x_F' - f'$$

$$x_H = x_F - f$$

$$l_H' = f_2' + x_H'$$

$$l_H = f_1 + x_H$$

$$\Delta = d - f_1' + f_2$$

- ★ 组合系统的光焦度

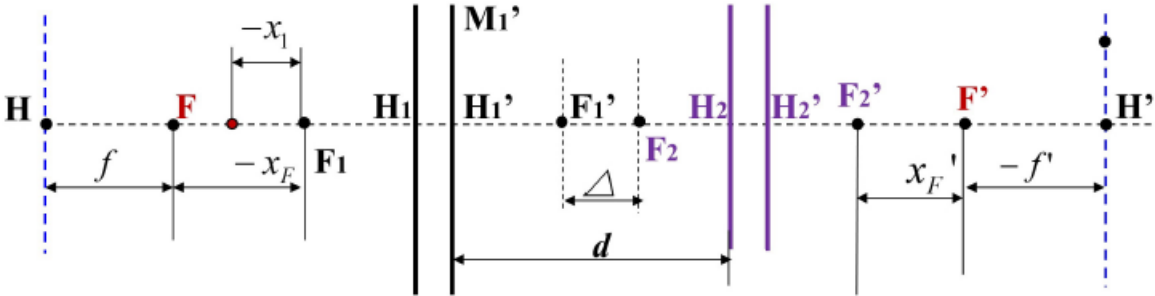
$$\phi = \phi_1 + \phi_2 - d\phi_1\phi_2$$

- ★ 组合系统的焦距

$$f' = \frac{f_1' f_2'}{f_1' + f_2' - d}$$

$$f' = -\frac{f_1' f_2'}{\Delta}$$

$$f = \frac{f_1 f_2}{\Delta}$$



- ★ 焦距测量

- 多光组组合

- 正切计算法

$$l'_F = \frac{h_k}{u'_k}$$
$$f' = \frac{h_1}{u'_k}$$
$$l'_H = l'_F - f'$$
$$h = l \tan U = l' \tan U' = lu = l'u'$$
$$u' - u = \frac{h}{f'}$$

- 截距计算法

- 复杂光学系统的总光焦度

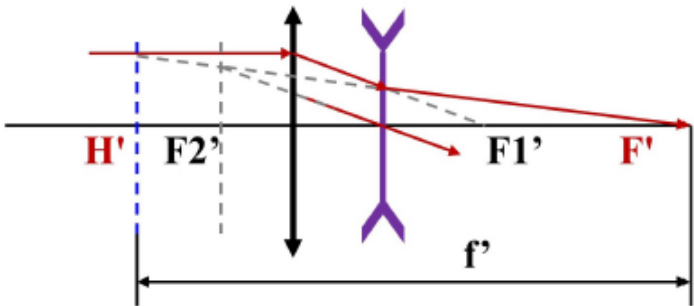
$$\phi = \frac{1}{h_1} \sum h_{\phi}$$

当透镜位于像面或中间实像面上时，总光焦度的贡献为 0

- 镜头

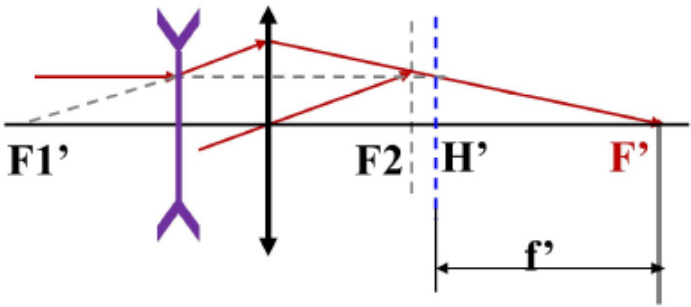
- 远摄镜头

主面前移，长焦距，工作距离短



- 广角镜头

主面后移，短焦距，工作距离长



5. 望远镜系统

该部分将放在 [chapter 12](#) 具体讲述

6. 透镜

- 薄透镜定义
- 凸透镜、凹透镜  $d \ll D$

凸透镜，  $f' > 0$  ， 正光焦度， 实焦点， 会聚作用

凹透镜，  $f' < 0$  ， 负光焦度， 虚焦点， 发散作用

- 薄透镜的焦距公式

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

- 厚透镜

- 双凸透镜
- 双凹透镜 (光焦度  $< 0$ )
- 平凸透镜

$$f' = -f = \frac{r_1}{n-1}$$

$$l'_H = -\frac{d}{n}$$

$$l_H = 0$$

- 平凹透镜

焦距一直为负值，且与厚度无关

- 总结

- 正+正组合
- 负+负组合
- 正+负组合

## 7. 焦距测量

- ★ 平行光管

$$y' = -f' \tan U' = -f' \tan W$$

- ★ 折射球面

$$y' = -(f' - r) \tan W$$