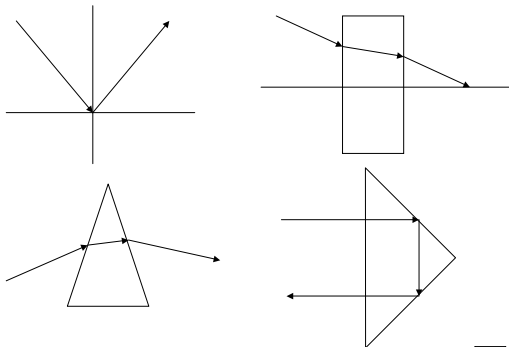


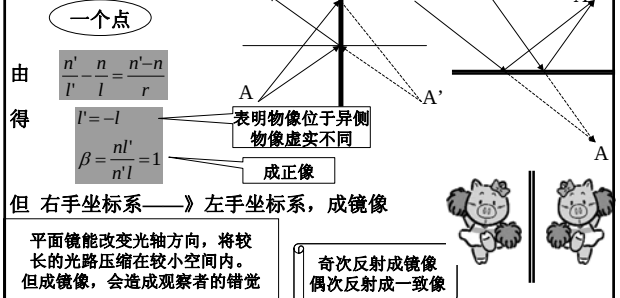
第三章 平面与平面系统



1/27

§ 3-1 平面镜

一、平面镜的像

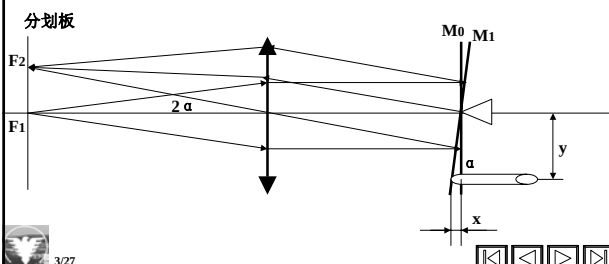


2/27

二、平面镜的偏转

- 若入射光线不动，平面镜偏转 α 角，则反射光线转过 2α 角。

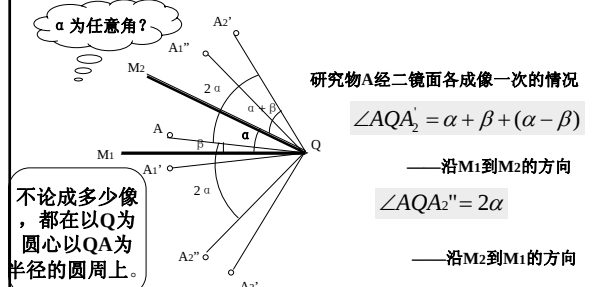
该性质可用于测量物体的微小转角或位移



3/27

三、双平面镜

- 对于夹角为 α 的双平面镜系统：
 $\alpha = 0$ 时，像有无数个，分布如右
 $\alpha = \pi$ 时，单平面镜，像有一个



4/27

入射光线与出射光线的夹角

- 如图可得

$$\beta = 2(I_1 + I_2) = 2\alpha$$

β 只与 α 有关

反射棱镜即是利用该性质



5/27

§ 3-2 平行平板

- 由两个相互平行的折射平面组成的光学零件。

用途:

载玻片
盖玻片
滤光片
滤色片
补偿平板
保护玻璃片
等

对平板的研究:

高斯成像特性
像差

6/27

一、平行平板的近轴光成像特性

当角度 u_1 不大时，依次对第一面、第二面使用公式

$$\frac{n'}{l'} - \frac{n}{l} = \frac{n' - n}{r} \quad \text{令 } r_1 = r_2 = \infty \quad \text{并考虑过渡, 得 } l_2' = l_1 - \frac{d}{n}$$

即轴向位移 $\Delta L' = l_2' - d - l_1 = d(1 - \frac{1}{n})$ 该式中无 u ，完善成像

平行平板不改变光线的方向，只改变像的位置

二、物点A以实际光线（U有一定大小）经平行平板成像

轴向位移量 $\Delta L' = AA'$
侧向位移量 $\Delta T' = DG$

因为 $I_1' = I_2$, 所以 $I_1 = I_2' = -U$

出射光与入射光平行，只存在 $\Delta L'$ 与 $\Delta T'$

$\Delta T' = DG = d \sin I_1 (1 - \frac{1}{n \cos I_1'})$ $\Delta L' = \frac{DG}{\sin I_1} = d(1 - \frac{\tan I_1'}{\tan I_1})$

$\Delta L'$ 与 U 有关，不完善成像

当 $u \rightarrow 0$ 时， $i_1 \rightarrow 0$, 得 $\Delta L' = d(1 - \frac{1}{n})$
 $\Delta T' = d(1 - \frac{1}{n})i_1$

§ 3-3 反射棱镜

用反射镜，可以改变光轴方向，减小长度，转像、倒像等。但：
1. 镀膜，不持久
2. 光能损失
3. 装校不便

故常用反射棱镜

反射棱镜的工作面——入射面、出射面、反射面
反射棱镜的棱——工作面的交线
反射棱镜的主截面——垂直于棱的截面

反射棱镜：
一次反射棱镜
二次反射棱镜
三次反射棱镜
屋脊棱镜

主要利用全反射原理
不满足临界角的
要镀反射膜

一、一次反射棱镜——成镜像

等腰直角棱镜：使光轴转折任意角度的二次反射棱镜

达夫棱镜：即光轴与斜面平行的等腰直角棱镜

棱镜转90度，像转180度

周视瞄准镜

以等腰直角棱镜转实现周视。
达夫棱镜以等腰直角棱镜旋转角速度的一半转。

二、二次反射棱镜——相当于夹角为 α 双平面镜系统，成一一致像

入射光线和出射光线夹角为 2α

光轴转90度
光轴转180度
光轴转60度
光轴转45度
光轴平移

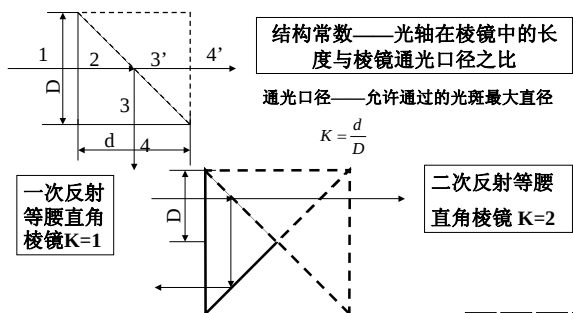
三、三次反射棱镜——施密特棱镜

成镜像，光轴转45度，大大缩小筒长，结构紧凑

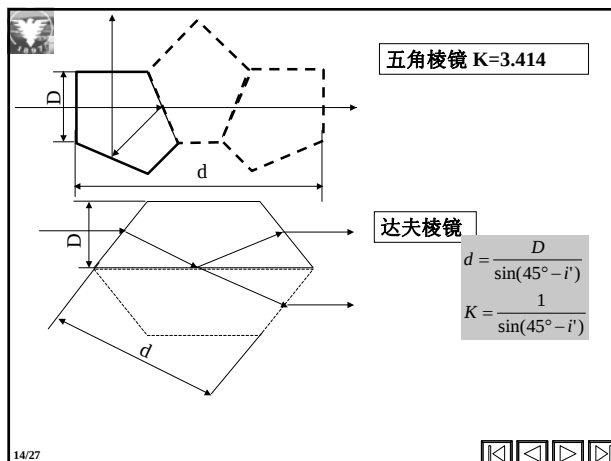
四、棱镜的展开与结构常数

——反射棱镜可以展开成平行平板，它在光线传播中的作用相当于一块平板

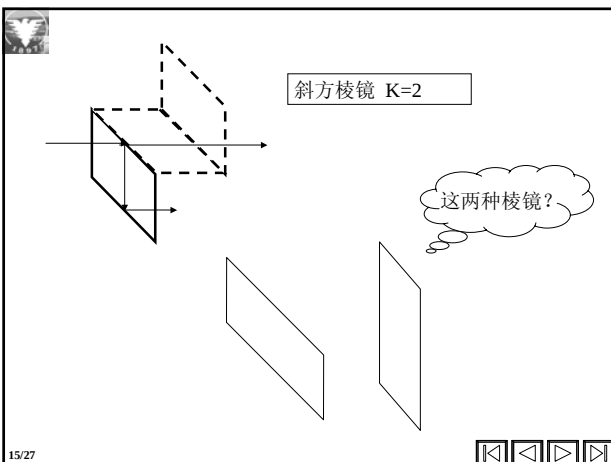
展开方法：逐个作出棱镜经反射面所成的像



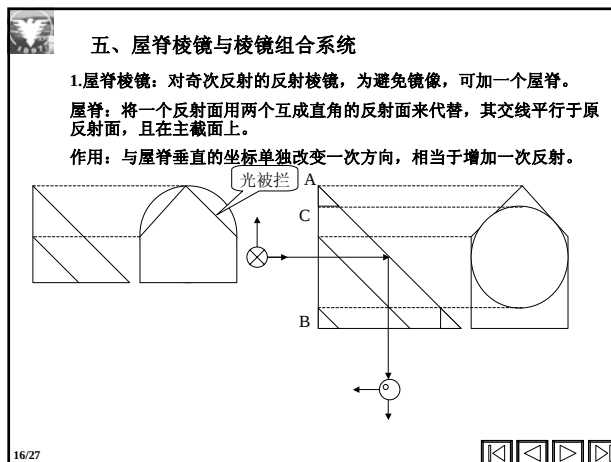
13/27



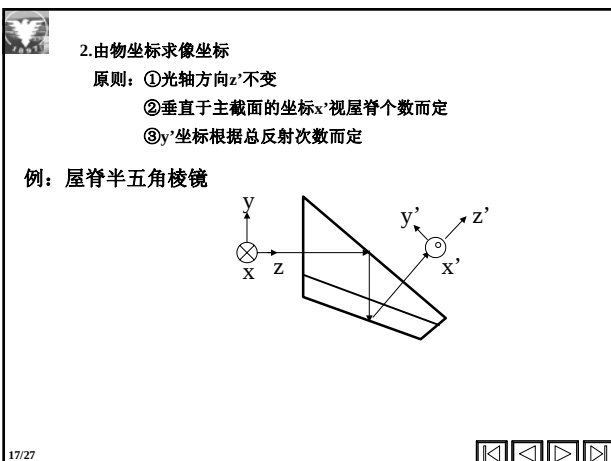
14/27



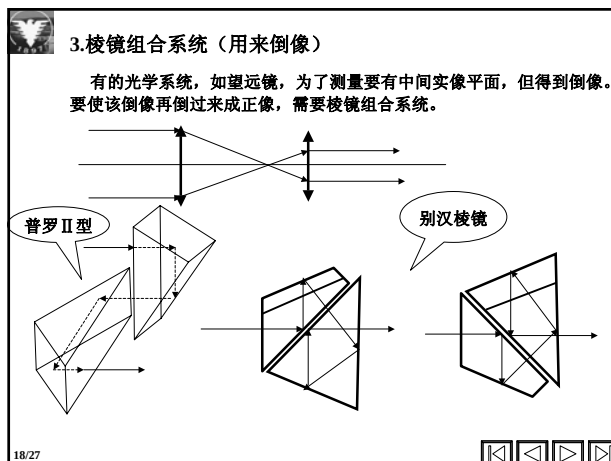
15/27



16/27



17/27



18/27

六、角锥棱镜——三个反射面两两互成直角

作用：使光线转过180度

验证：用矢量形式的反射定律

第一反射面 xOz —— $N_1 = -j$
 第二反射面 yOz —— $N_2 = -i$
 第三反射面 xOy —— $N_3 = -k$

令 $a_1 = li + mj + nk$
 逐步得 a_2, a_3, a_4
 $a_4 = -li - mj - nk$ 与 a_1 反向平行

19/27

§ 3-4 折射棱镜

一、概念：
 反射棱镜——利用表面的反射作用
 折射棱镜——利用表面的折射作用
 折射棱——入射面与出射面的交线
 折射角——顶角 α
 偏向角 δ ——入射光线与出射光线的夹角
 从入射光线转到出射光线，顺正逆负

二、偏向角的求出
 由 $\sin I_1 = n \sin I_1'$
 $\sin I_2' = n \sin I_2$
 及几何关系 $\alpha = I_1' - I_2$
 $\alpha + \delta = I_1 - I_2'$
 得 $\sin \frac{1}{2}(\alpha + \delta) = n \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{\cos \frac{1}{2}(I_1' + I_2)}{\cos \frac{1}{2}(I_1 + I_2')}$

对于给定棱镜， n, α 一定，
 δ 仅随 I_1 变，是 I_1 的函数。

20/27

三、最小偏向角及其应用

由上可知，若入射光不变，棱镜转动，出射光随 I_1 而变

由 $\alpha + \delta = I_1 - I_2'$ 得 $\frac{d\delta}{dI_1} = 1 - \frac{dI_2'}{dI_1}$

由 $\frac{\sin I_1}{\sin I_2'} = n$ 得 $\frac{\cos I_1 dI_1}{\cos I_2' dI_2'} = n$
 $\frac{\cos I_2' dI_2'}{\cos I_1 dI_1} = \frac{1}{n}$

又 $\alpha = I_1' - I_2$ 所以 $dI_1' = dI_2$

令 $\frac{d\delta}{dI_1} = 0$ 则 $\frac{\cos I_1 \cos I_2}{\cos I_1' \cos I_2'} = 1$ 即 $\frac{\cos I_2'}{\cos I_2} = \frac{\cos I_1}{\cos I_1'}$

比较 $\frac{\sin I_2'}{\sin I_2} = \frac{\sin I_1}{\sin I_1'} = n$ 只有 $\begin{cases} I_1 = -I_2' \\ I_1' = -I_2 \end{cases}$ 时， δ 为极小值

此时 $\sin \frac{1}{2}(\alpha + \delta_{\min}) = n \sin \frac{\alpha}{2}$ 当 n, α 一定，则最小偏向角一定。可求 n

最小偏向角

21/27

四、讨论

1、假定折射角 α 很小很小， $\alpha \rightarrow 0$ ，棱镜 $\rightarrow$ 平板， $\delta = 0$
 2、 α 很小，折射棱镜 $\rightarrow$ 光楔

① I_1 很小， $I_1 = i_1, \alpha = I_1' - I_2, \therefore I_1' \approx I_2$
 $\sin \frac{1}{2}(\alpha + \delta) \approx n \sin \frac{\alpha}{2} \Rightarrow \alpha + \delta = n\alpha$
 $\delta = (n-1)\alpha$

② I_1 有一定大小
 $\sin \frac{1}{2}(\alpha + \delta) = n \sin \frac{\alpha}{2} \frac{\cos I_1'}{\cos I_1}$
 $\delta = \alpha(n \frac{\cos I_1'}{\cos I_1} - 1)$

③ 双光楔 用两个光楔相对转动，产生不同的偏向

一般，双光楔相对转过 ϕ 角

$\delta = 2(n-1)\alpha$ $\delta = 0$ $\delta = -2(n-1)\alpha$

22/27

§ 3-5 光的色散和光学材料

一、光的色散

对于不同波长的光线， $n = f(\lambda)$ ，当 λ 小时 n 大。设入射光为自然光，将得到由红到紫排列的光谱。

光的色散现象证明光学材料对不同波长的光折射率不同。在进行光学仪器设计时，我们必须考虑到光学材料的这种性质。

23/27

二、光学材料

光学系统 { 反射零件——反射率及其稳定性
 折射零件——透明度，吸收系数，透明波段等

光学材料 { 光学玻璃
 光学晶体
 光学塑料

1、光学玻璃的技术参数

谱线	C	D	d	e	F	g	h
折射率	656.3	589.3	587.6	546.1	486.1	435.8	404.7
色散	n_C	n_D	n_d	n_e	n_F	n_g	n_h

人眼最灵敏波长555nm，两个极端C, F

$n_F - n_C$ $n_{d1} - n_{d2}$ $V = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$ $\frac{n_{d1} - n_{d2}}{n_F - n_C}$

平均色散 部分色散 阿贝常数 部分色散系数
 平均色散系数 相对色散

24/27

用 n 和 ν 可以表征玻璃的光学性能。
 例如：K9玻璃， $n=1.5163$ ， $\nu=64.1$ 一般玻璃 $n=1.4$ 至 1.8

2、光学玻璃分类及其技术参数

K 冕牌玻璃 n 小 ν 大 QK K PK BaK ZK LaK 等
 F 火石玻璃 n 大 ν 小 KF QF BaF F ZF ZBaF LaF TF ZLaF 等

有 n — ν 图，设计者可从中选择光学玻璃

还要求：光学均匀性、化学稳定性（ n 大时往往较软，化学稳定性差）

气泡、条纹、内应力等，皆对成像有影响
 应根据仪器要求挑选不同等级的玻璃

若要计算任意谱线的折射率，可利用经验公式，如

$$n_{\lambda} = A_0 + A_1\lambda^{-2} + A_2\lambda^{-4} + A_3\lambda^{-6} + A_4\lambda^{-8} + A_5\lambda^{-10}$$

25/27

反射材料——反射无色散，不必考虑 ν
 唯一特性是反射率。

提高反射率——镀银或铝
 （银比铝反射率高，铝的反射率比银稳定）

镀什么金属反射膜要根据所用波段而定

26/27

本章小结

- 一、平面镜
- 二、双平面镜——二次反射像的特征，二次反射光线与入射光线夹角一定
- 三、平行平板——像的位移
- 四、反射棱镜——坐标的确定(包括屋脊棱镜)
 怎样展开成等效平板，结构常数 $K=d/D$
 棱镜组合系统
- 五、折射棱镜——最小偏角，光楔，双光楔
- 六、光的色散和材料——光学材料及其参数

与本章内容有关的一些问题

偏振分光棱镜，分色棱镜，光谱仪，材料选择与镀膜

27/27

