

1. 设在阳光暴晒下，马路上方空气折射率随高度 y 的变化规律为

$$n(y) = n_0(1 + Ay),$$

$$A = 0.8 \times 10^{-6} \text{ m}^{-1}$$

一人站在马路上向前看，能看到多远？设此人眼睛离地面高度为1.6m。

解：

将空气化为一系列薄层，如左图所示，则：

$$n_0 \sin 90^\circ = n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 = \dots = n \sin \theta$$

$$\text{薄层厚度趋于0时, } \sin \theta = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}$$

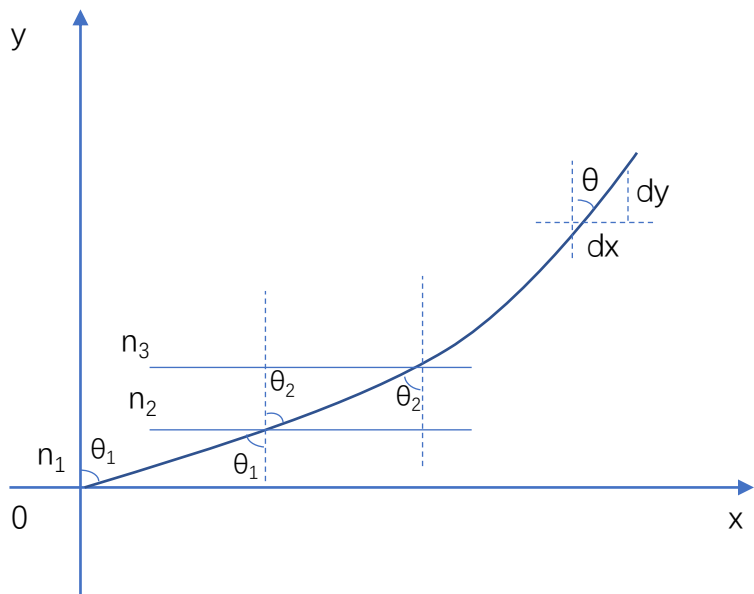
$$\text{则 } n_0 = n(y) \sin \theta = \frac{n_0(1 + Ay)}{\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2}}$$

$$\begin{aligned} \text{得: } 1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 &= (1 + Ay)^2 \\ &= 1 + A^2 y^2 + 2Ay \end{aligned}$$

$$\frac{dy}{dx} = \sqrt{A^2 y^2 + 2Ay}, A^2 = 6.4 \times 10^{-13} \text{ m}^{-2}, \text{ 故 } A^2 y^2 \text{ 非常小, 在此可忽略}$$

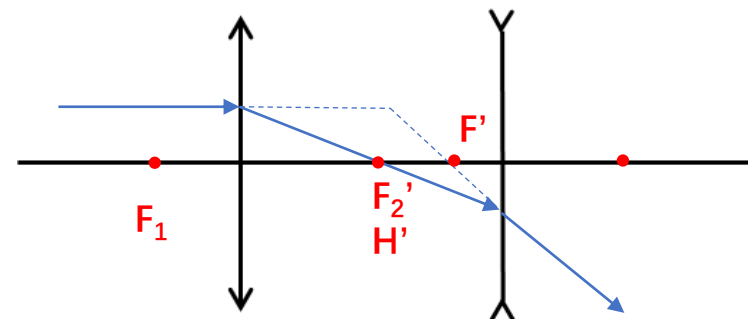
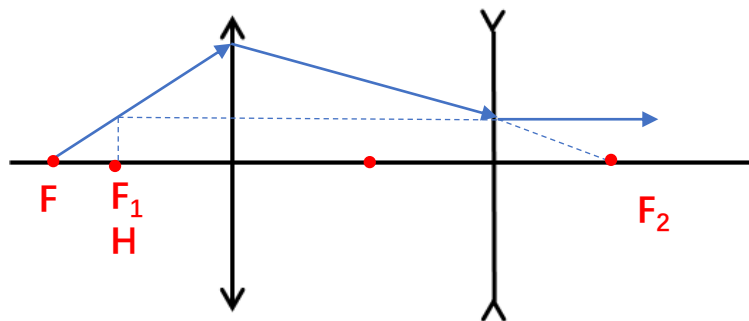
$$\text{即 } \frac{dy}{dx} = \sqrt{2Ay}, \quad y = \frac{A}{2} x^2$$

代入 $y = 1.6 \text{ m}$ 于上式，得 $x = 2000 \text{ m}$



2. 一个凸透镜和一个凹透镜组成共轴光具组。这两个薄透镜相距100 cm，焦距均为50 cm。
求系统的物方焦距和像方焦距。

解：



共轴光具组经过物方焦点入射的光平行于光轴出射，

- 对凸透镜使用高斯公式： $f_1'/s_1' + f_1/s_1 = 1$ ，代入 $s_1' = 150$ cm, $f_1 = f_1' = 50$ cm, 得： $s_1 = 75$ cm

使出射光与凹透镜交点距离光轴50 cm, 可得物方主点与凸透镜物方焦点重合

光具组的物方焦点位于物方主点H的左方，得物方焦距为25 cm

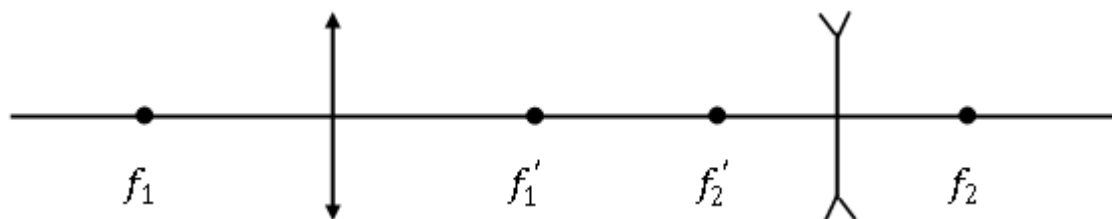
- 同理，平行于光轴入射的光，其出射光将汇聚于光具组的像方焦点，

对凹透镜使用高斯公式： $f_1'/s_1' + f_1/s_1 = 1$ ，代入 $s_2 = 50$ cm, $f_2 = f_2' = -50$ cm, 得： $s_2' = -25$ cm

考虑离轴0.5f入射的光，则可得像方主点与凹透镜像方焦点重合，

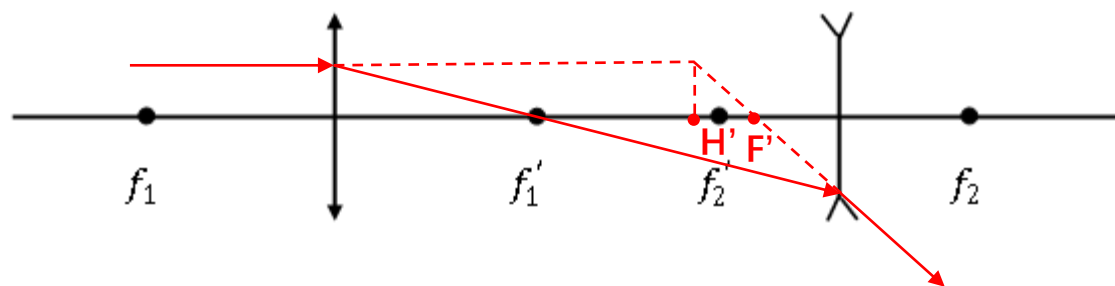
光具组的像方焦点位于像方主点H'的左方，得像方焦距为25 cm

4. 对两个共轴薄凹凸透镜组成的光具组，作图求焦点和主点。

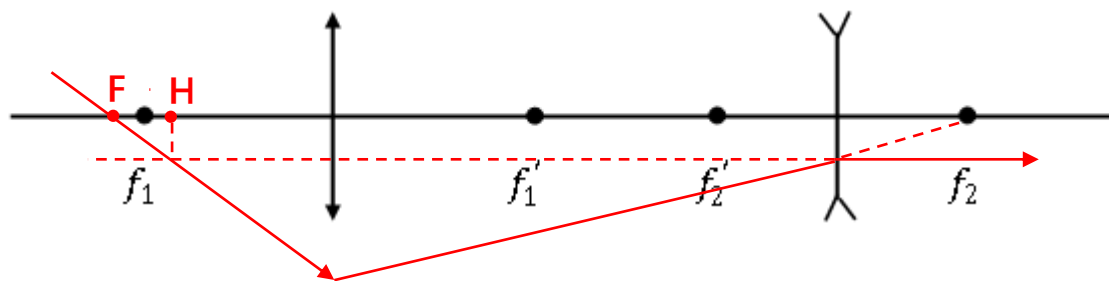


解：

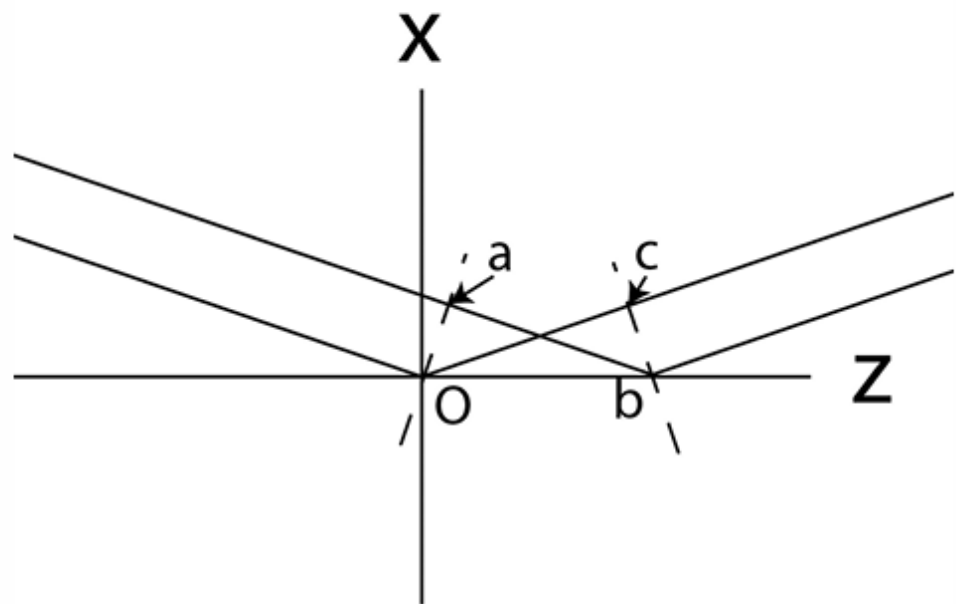
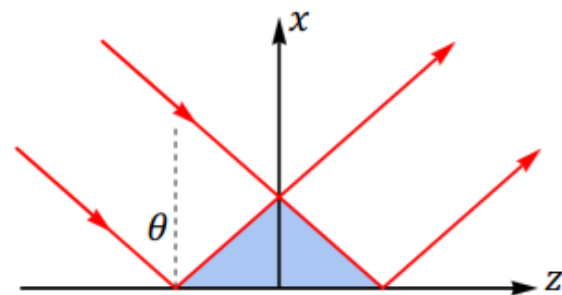
像方焦点 F' ，像方主点 H'



物方焦点 F ，物方主点 H



6.如图， 一列波矢量在 x - z 平面的平面波， 入射后在的分界面 $x = 0$ 处发生反射。
求反射波和入射波重叠区光矢量的复振幅。



如左图所示，设入射波为 $A_0 \exp\left(i\left(\omega t - \frac{\omega}{v}(-x\cos\theta + z\sin\theta)\right)\right)$ ，O点相位为0，由于a和O在等相位面上，a点相位也为0。

设反射波为 $A_0 \exp\left(i\left(\omega t - \frac{\omega}{v}(x\cos\theta + z\sin\theta)\right) + \psi(x, z)\right)$ ，其中 $-\frac{\omega}{v}(x\cos\theta + z\sin\theta)$ 是空间上传播引起的相位变化， $\psi(x, z)$ 是考虑到反射波的相位继承自入射波的相位而补偿的项。由于 $|Oc| = |ab|$ ，且a和O点的相位相等，那么b和c点的相位也相等，即自动满足

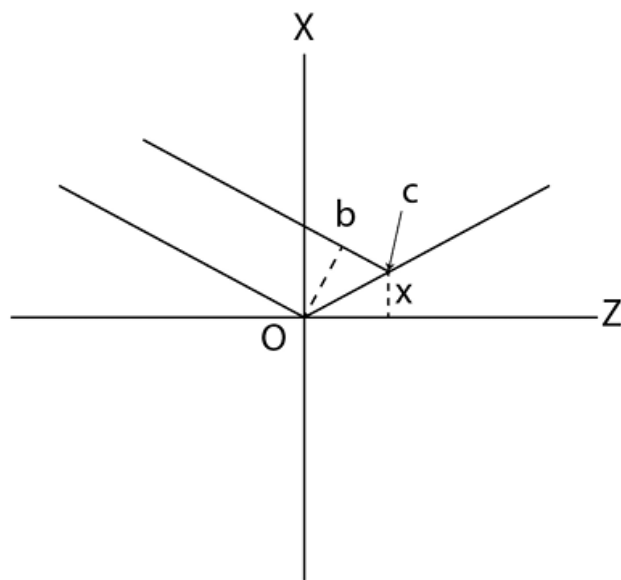
$A_0 \exp\left(i\left(\omega t - \frac{\omega}{v}(x\cos\theta + z\sin\theta)\right)\right)$ 的波形，补偿项为0。

因此重叠的区域复振幅为

$$A_0 \exp(i\omega t - i\frac{\omega}{v}z\sin\theta) \left(\exp\left(i\frac{\omega}{v}x\cos\theta\right) + \exp\left(-i\frac{\omega}{v}x\cos\theta\right) \right)$$

6.如图， 一列波矢量在 x - z 平面的平面波， 入射后在的分界面 $x = 0$ 处发生反射。
求反射波和入射波重叠区光矢量的复振幅。

另一种解法：



设入射光在 b 点的复振幅为 $E(b)$ ， 则入射光在 O 点的复振幅为 $E(O) = E(b)$ 。

入射光从 b 点继续传播到 c 点， 对 c 点的复振幅贡献为 $E_1(c) = E(b)\exp(ik|bc|)$ ； 入射光在 O 点反射到 c 点， 对 c 点的复振幅贡献为 $E_2(c) = E(O)\exp(ik|Oc|) = E(b)\exp(ik|Oc|)$ 。

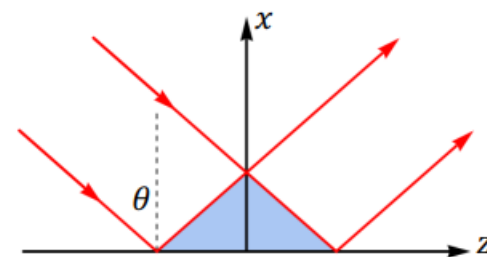
c 点的复振幅为

$$E(c) = E(b)(\exp(ik|bc|) + \exp(ik|Oc|)) \stackrel{\text{记 } E(b)\exp(ik|bc|)=E_0}{=} E_0(1 + \exp(ik(|Oc| - |bc|)))$$

记 c 点的高度为 x ， 计算可得 $|Oc| - |bc| = 2x\cos\theta$

所以总和复振幅为

$$E_0(1 + \exp(i2kx\cos\theta))$$



7. 产生干涉的相干光，必须来自同一发光原子、同一次发射的波列，解释其理由。

答：首先，产生干涉的必要条件（相干条件）之一是相位差稳定。

而普通光源的发光过程，是由其中的分子或原子进行的微观过程，初相位与发光时的状态有关。

分子或原子发光不是持续的，时间 τ 一般不超过 10^{-8} 秒，发出长度 $c\tau$ 的波列。

故不同的原子，或同一原子不同次发光时，波列的振向、初相位随机变化。

这导致在观测时间（一般较长）内，初相位之差 φ 是随机数，

$\langle \cos \delta \rangle = 0$ 不能满足相干条件。

因此，必须设法使同一原子、同一次发光的波列分成两束，经过不同路径传播后再叠加，才能在重叠区域产生稳定的干涉场。

（讲义28页）